UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA HUMANA

THULLA CHRISTINA ESTEVES

**AMAZÔNIA DO ANTROPOCENO: UMA PROPOSTA SOCIOAMBIENTAL
PARA A CLASSIFICAÇÃO DOS TECNÓGENOS - REFLEXÕES SOBRE O
RISCO E A INJUSTIÇA AMBIENTAL.**

(Versão corrigida)

São Paulo

2020

THULLA CHRISTINA ESTEVES

**AMAZÔNIA DO ANTROPOCENO: UMA PROPOSTA SOCIOAMBIENTAL
PARA A CLASSIFICAÇÃO DOS TECNÓGENOS - REFLEXÕES SOBRE O
RISCO E A INJUSTIÇA AMBIENTAL¹.**

(Versão corrigida)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Humana do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciência Humanas da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutora em Ciências – Área Geografia Humana.

Área de Concentração: Geografia Humana

Orientador: Prof. Dr. Marcos Bernardino de Carvalho

São Paulo, 2020.

¹ Trabalho realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

E79a ESTEVES, THULLA CHRISTINA
AMAZÔNIA DO ANTROPOCENO: UMA PROPOSTA
SOCIOAMBIENTAL PARA A CLASSIFICAÇÃO DOS TECNÓGENOS -
REFLEXÕES SOBRE O RISCO E A INJUSTIÇA AMBIENTAL /
THULLA CHRISTINA ESTEVES ; orientador MARCOS
BERNARDINO DE CARVALHO. - São Paulo, 2020.
274 f.

Tese (Doutorado)- Faculdade de Filosofia, Letras
e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.
Departamento de Geografia. Área de concentração:
Geografia Humana.

1. TECNÓGENOS. 2. RISCO SOCIOAMBIENTAL. 3.
AMAZÔNIA. I. CARVALHO, MARCOS BERNARDINO DE, orient.
II. Título.

ENTREGA DO EXEMPLAR CORRIGIDO DA DISSERTAÇÃO/TESE

Termo de Ciência e Concordância do (a) orientador (a)

Nome do (a) aluno (a): THULLA CHRISTINA ESTEVES

Data da defesa: 03/07/2020

Nome do Prof. (a) orientador (a): MARCOS BERNARDINO DE CARVALHO

Nos termos da legislação vigente, declaro **ESTAR CIENTE** do conteúdo deste **EXEMPLAR CORRIGIDO** elaborado em atenção às sugestões dos membros da comissão Julgadora na sessão de defesa do trabalho, manifestando-me **plenamente favorável** ao seu encaminhamento e publicação no **Portal Digital de Teses da USP**.

São Paulo, _27_/_08_/_2020_

(Assinatura do (a) orientador (a))

AGRADECIMENTOS

À minha filha, Giovanna de Guzzi, por todo o carinho e incentivo diário, apesar dos 2.700km de distância e muita saudade.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcos Bernardino de Carvalho, pelas leituras e sugestões que muito auxiliaram na realização deste trabalho.

Aos professores: Claudio Benedito Baptista Leite, Rita de Cássia Ariza da Cruz, Fernanda Padovesi Fonseca e Marcus Vinicius Mariano de Souza pelos questionamentos e contribuições apresentados durante a defesa do relatório de qualificação, e da defesa final.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – pelo apoio financeiro ao Programa de Doutorado Interinstitucional (DINTER) – USP/Unifesspa-UFOPA-IFPA.

*No meio do caminho tinha uma pedra
Tinha uma pedra no meio do caminho
Tinha uma pedra
No meio do caminho tinha uma pedra*

*Nunca me esquecerei desse acontecimento
Na vida de minhas retinas tão fatigadas
Nunca me esquecerei que no meio do caminho
Tinha uma pedra
Tinha uma pedra no meio do caminho
No meio do caminho tinha uma pedra*

(Carlos Drummond de Andrade)

RESUMO

ESTEVES. Thulla Christina. **AMAZÔNIA DO ANTROPOCENO: UMA PROPOSTA SOCIOAMBIENTAL PARA A CLASSIFICAÇÃO DOS TECNÓGENOS - REFLEXÕES SOBRE O RISCO E A INJUSTIÇA AMBIENTAL**. 2020. Tese (Doutorado em Geografia Humana) Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

Os tecnógenos, objetos centrais de estudo desta pesquisa, são modificações causadas pelas atividades antrópicas nos meios geológico e geomorfológico, como: barragens, aterros e escavações que, a partir de um determinado momento, começaram a se replicar de maneira extremamente rápida e em escala global. Sendo assim, estas modificações podem se tornar assinaturas estratigráficas de um novo tempo geológico, o Antropoceno (Quinário/Tecnógeno), ainda não formalizado. As relações entre estes elementos, as diferentes atividades antrópicas, os riscos e os conflitos socioambientais expõem o viés sociológico deste estudo. E, este viés “desgeologiza” o tecnógeno, e o coloca, também, como objeto de estudo das ciências humanas. A partir desta perspectiva, se definiu o seguinte objetivo geral de pesquisa: propor uma classificação socioambiental para os tecnógenos, associando-os ao risco e à capacidade de suporte ambiental. E, para que este objetivo central fosse atingido foram traçados três objetivos específicos: 1) caracterizar um novo tempo geológico, que se apresenta intrinsecamente relacionado ao risco ambiental: o Antropo(?)ceno. Trazer algumas reflexões: sua formalização é mesmo necessária? Com qual suporte? 2) contextualizar as principais atividades antrópicas que geram tecnógenos associados ao risco, dentro do processo de globalização; e 3) discutir o risco, a injustiça ambiental e intergeracional associados a estes tecnógenos, com foco na Amazônia do Antropoceno sob o guarda-chuva da globalização. O delineamento geral, com relação aos procedimentos adotados para a coleta de dados e proposição da metodologia de classificação, foi dividido nas seguintes etapas: (i) pesquisa bibliográfica sobre: classificações existentes para os tecnógenos; classificações para solos antrópicos, tecnosolos, solos urbanos e antropossolos; trabalhos aplicados; e métodos de interpretação utilizados para analisar os tecnógenos; (ii) a partir da primeira etapa, indicação de base conceitual e proposição de método para a classificação socioambiental destes tecnógenos; (iii) levantamento de imagens e estudo de campo (coleta de dados e testagem do método). Os resultados apresentados por esta pesquisa são: 1) um método para a classificação socioambiental dos tecnógenos, associando-os ao risco e à capacidade de suporte ambiental; e 2) reflexões sobre os desafios e caminhos para a Amazônia do Antropoceno: com quais ferramentas seria possível reverter os impactos socioambientais já causados?

Palavras-chave: Classificação socioambiental de tecnógenos. Antropoceno. Amazônia. Risco ambiental. Injustiça ambiental.

ABSTRACT

ESTEVEES. Thulla Christina. **AMAZON OF THE ANTHROPOCENE: A SOCIO-ENVIRONMENTAL PROPOSAL FOR THE CLASSIFICATION OF TECHNOGENES - REFLECTIONS ABOUT ENVIRONMENTAL RISK AND INJUSTICE**. 2020. Thesis (Doctorate in Human Geography) Department of Geography, University of São Paulo, São Paulo, 2020.

The technogenes, central objects of study in this research, are modifications caused by anthropic activities in the geological and geomorphological environments, like: dams, landfills and excavations, that started to replicate extremely fast and in global scale. Therefore, these modifications can become the stratigraphic signatures from a new geological period, the Anthropocene (Quinary/Technogene), still not formalized. The relations between those elements, the many different anthropics activities, the risks and the socioenvironmental conflicts expose the sociological bias of this study. And this bias “degeologizes” the technogene, and puts him, as well, as an object of study of human sciences. From this perspective, the general objective of this research was defined: to propose a socioenvironmental classification for the technogenes, associating them to the risk and capacity of environmental support. And to reach this central objective, three specific objectives were defined: 1) characterize a new geological period that presents itself intrinsically related to environmental risk: the Anthro(?)cene. Bring some reflections: is the formalization really necessary? With what support? 2) Contextualize the main anthropic activities that generate technogenes associated to risk, within the globalization process and 3) discuss the risk, environmental and intergenerational injustice associated to these technogenes, focused in the Amazon of the Anthropocene under the umbrella of globalization. The general outline, related to the procedures adopted for the data collect and proposition on the classification methodology, was divided in the following steps: (i) bibliographic research about: existing classifications for the technogenes; classifications on anthropic soils, technosoils, urban soils and anthroposols; applied works; and interpretation methods utilised to analyse the technogenes; (ii) from the first step, indication of conceptual base and proposition of method for the socioenvironmental of these technogenes; (iii) gathering of images and field study (data collecting and method testing). The presented results by this research are: 1) a method for the socioenvironmental classification of the technogenes, associating them to the risk and capacity of environmental support; and 2) reflections on the challenges and paths for the Amazon of the Anthropocene: with what tools would be possible to revert the socioenvironmental impacts already caused?

Keywords: Socio-environmental classification of technogenic units. Amazon of the Anthropocene. Environmental risk. Environmental injustice.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	01
2	OS TECNÓGENOS E O ANTROPOCENO.....	06
2.1	As Atividades geradoras dos tecnógenos.....	10
2.2	O início do QUINÁRIO, ou ANTRO(?)POCENO?	15
2.3	Desafios, caminhos e o fim(?) do ANTROPOCENO.....	38
3	AS ATIVIDADES ANTRÓPICAS E OS TECNÓGENOS.....	43
3.1	As “práticas espaciais” que geram conflitos e tecnógenos.....	43
3.2	As Políticas de desenvolvimento da Amazônia e os grandes empreendimentos.....	48
3.2.1	Agropecuária.....	57
3.2.2	Mineração.....	74
3.2.3	Urbanização.....	87
3.2.4	Infraestrutura para produção de energia e escoamento de mercadorias...	94
3.2.4.1	Hidrelétricas.....	94
3.2.4.2	Rodovias e Ferrovias.....	102
3.3	A Amazônia do Antropoceno: a Amazônia do Risco.....	108
4	UMA NOVA PROPOSTA PARA A CLASSIFICAÇÃO DOS TECNÓGENOS.....	116
4.1	Revisão da Literatura.....	117
4.1.1	Conceitos e Classificações.....	117
4.1.1.1	Classificações para solos antrópicos, solos tecnológicos, antropossolos.....	130
4.1.2	Os Tecnógenos e os Geoindicadores.....	137
4.1.3	Trabalhos Aplicados.....	142
4.1.4	O relevo tecnogênico e o uso e ocupação do solo como base para a estruturação de um novo método para a classificação dos tecnógenos...	145
4.2	Indicação de base conceitual e proposição de nova classificação para os tecnógenos.....	152
4.2.1	Base Conceitual.....	152
4.2.2	Procedimentos da abordagem geotecnogênica.....	162
4.2.3	Classificação quanto à espacialidade (A).....	163
4.2.3.1	Classificação para os Campos Tecnogênicos.....	163
4.2.3.1.1	Representação.....	170
4.2.3.1.2	Testagem do Método.....	170
4.2.3.2	Classificação para as unidades tecnogênicas - escala micro (A) e Classificação quanto ao Risco e à Capacidade de Suporte Ambiental (B).....	175
4.2.3.2.1	Identificação e Representação.....	200
4.2.3.2.2	Testagem do Método.....	201

5	REFLEXÕES SOBRE GLOBALIZAÇÃO, TECNÓGENOS, RISCO, INJUSTIÇA AMBIENTAL E INTERGERACIONAL NA AMAZÔNIA DO ANTROPOCENO.....	212
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	225
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	237
	ANEXO A – MODELO DE FICHA DE CAMPO.....	257

AMAZÔNIA DO ANTROPOCENO: UMA PROPOSTA SOCIOAMBIENTAL PARA A CLASSIFICAÇÃO DOS TECNÓGENOS - REFLEXÕES SOBRE O RISCO E A INJUSTIÇA AMBIENTAL.

Esteves, Thulla Christina

1 INTRODUÇÃO

“O espaço geográfico é uma acumulação desigual de tempos”.
(SANTOS, 1986, p. 209)

As escolhas, tanto do **objeto de pesquisa (tecnógenos)**, como dos objetivos da mesma, partiram, em um primeiro momento, de observações realizadas em atividades de campo das disciplinas: Geomorfologia, Elaboração e Estudos de Relatórios de Impactos Ambientais e Geologia Ambiental, ministradas entre 2007 e 2014. Observações estas, que apontavam a necessidade de uma maior problematização sobre: (1) as intensas modificações causadas pelas atividades antrópicas nos meios geológico e geomorfológico (tecnógenos) e; (2) sobre a associação destas modificações ao risco e à injustiça socioambiental.

Todos os seres, vivos ou não, sempre deixaram suas “marcas” na superfície do planeta. Porém, as modificações antrópicas da superfície, em um determinado momento, começaram a se destacar (acelerar) e este fato foi o fator motivador para a proposição de um novo período geológico, o **Quinário ou Tecnógeno** (TER-STEPANIAN, 1988).

A ação do homem sobre a natureza, através da atividade produtiva, tem produzido efeitos geológicos (entendidos em sentido amplo, geomorfológico inclusive) que se acumulam em quantidade e se diversificam em qualidade, a ponto de ter sido proposta a designação de um novo período geológico para caracterizar tal época: o Quinário ou Tecnógeno. A Geologia do Tecnógeno concentra-se, então, no estudo dos produtos (depósitos e feições, ditos tecnogênicos) gerados diretamente ou influenciados pela atividade humana, mas também de seus processos específicos, estes que atuam sobre os próprios depósitos tecnogênicos assim como sobre maciços e relevos pré-existentes. (PELOGGIA, 1997a, p. 258 – grifo nosso).

E, as modificações antrópicas (intencionais/construídas ou induzidas/indiretas) dos meios geológico e geomorfológico geradas neste novo tempo também foram denominadas tecnógenos. Ou, conforme o processo gerador: feições tecnogênicas; depósitos tecnogênicos; terrenos tecnogênicos; paisagens tecnogênicas; dentre outros.

O aumento na velocidade e na intensidade destas transformações, que marca o início de um novo tempo geológico, está relacionado, principalmente, aos avanços técnicos e científicos, em grande parte, ligados ao processo de globalização.

Porém, além desta intensa aceleração das modificações na superfície terrestre, também foram percebidas inúmeras transformações antrópicas nos demais sistemas naturais: nas águas, no ar, na fauna e na flora. Por isso, outras denominações apareceram para assinar este novo tempo. Muitas propostas, dentro das mais diversas áreas do conhecimento, foram feitas, porém, a mais aceita é Antropoceno, termo apresentado por Crutzen e Stoermer (2000).

Então, é importante esclarecer que o termo tecnógeno pode estar associado, tanto ao tempo geológico, o Tecnógeno ou Quinário, como às modificações dos meios geológico e geomorfológico, que são as assinaturas estratigráficas desse novo tempo, os tecnógenos.

Mas o Antropoceno (Quinário/Tecnógeno) não é somente um tempo de modificações físicas, químicas e biológicas do planeta. É um tempo de intensas transformações sociais. Transformações estas, intimamente relacionadas à uma fase de aceleração do processo de globalização, entendido por muitos teóricos, como uma nova fase do modo de produção capitalista.

Dentro deste contexto, no Brasil, país que possui uma economia totalmente dependente da produção de *commodities* do setor primário, tem se desenvolvido uma complexa rede de conflitos, impactos e riscos socioambientais associada à essa cadeia produtiva. Os avanços das fronteiras agrícolas, das atividades pecuárias, da exploração mineral e dos grandes empreendimentos de infraestrutura estão transformando a região amazônica em um imenso mosaico (com sentido de espaços de tensões) e, também, modificando intensamente a superfície, acelerando a formação de tecnógenos associados ao risco e à injustiça ambiental.

Mas, de que forma e intensidade os tecnógenos se relacionam a estes conflitos, riscos e à injustiça ambiental?

Uma nova classificação para estes tecnógenos poderia auxiliar na gestão ambiental e, assim, minimizar impactos, riscos e conflitos? Através de quais parâmetros?

Por que nenhuma proposta geral de classificação, até o momento, fez esta relação através de uma análise integrada entre parâmetros físicos e sociais?

Estas foram algumas das principais inquietações que **motivaram** esta pesquisa, que tem por **objetivo geral**: propor uma nova classificação para estas unidades geológicas, denominadas “tecnógenos”, associando-as ao risco e a capacidade de suporte ambiental.

É importante sublinhar, novamente, que a aceleração na geração destes tecnógenos está relacionada, principalmente, à globalização, que será abordada nesta pesquisa, segundo Ianni (1966, p. 11), como um processo que expressa um “novo ciclo de expansão do capitalismo, como modo de produção e processo civilizatório de alcance mundial”.

Está em curso novo surto de universalização do capitalismo, como modo de produção e processo civilizatório. O desenvolvimento do modo capitalista de produção, em forma extensiva e intensiva, adquire outro impulso, com base em novas tecnologias, criação de novos produtos, recriação da divisão internacional do trabalho e mundialização dos mercados. As formas produtivas básicas, compreendendo o capital, a tecnologia, a força de trabalho e a divisão transnacional do trabalho, ultrapassam fronteiras geográficas, históricas e culturais, multiplicando-se assim as suas formas de articulação e contradição. Esse é um processo simultaneamente civilizatório, já que desafia, rompe, subordina, mutila, destrói ou recria outras formas sociais de vida e trabalho, compreendendo modos de ser, pensar, agir, sentir e imaginar. (IANNI, 1966, p. 14).

As classificações gerais para os tecnógenos, propostas até o momento, não visibilizam riscos socioambientais. Estes, profundamente relacionados ao Antropoceno (Quinário/Tecnógeno).

Então, esta nova proposta de classificação **se justifica** quando propõe indicar esses riscos e a capacidade socioambiental da área. A proposta também associa os tecnógenos aos conflitos sociais, o que expõem o viés sociológico do estudo destas feições.

Sendo assim, foi definida a seguinte **hipótese**:

Uma nova classificação para os tecnógenos, que tenha por base: (i) o tipo, a origem e o estágio evolutivo dos processos geradores destas feições; (ii) o tipo de atividade (geradora dos tecnógenos); e (iii) características, parâmetros, e indicadores ambientais (bióticos,

abióticos e antrópicos) pode se tornar um instrumento indicador/visualizador do risco (intrínseco ao Antropoceno) e da capacidade de suporte socioambiental.

Para a testagem desta hipótese foi construído o seguinte caminho:

Objetivo Geral:

- 1) Propor uma nova classificação para os tecnógenos, associando-os: ao risco ambiental, à capacidade de suporte ambiental e à um índice de intervenção.

Objetivos Específicos:

- 1) Caracterizar um novo tempo geológico, que se apresenta intrinsecamente relacionado ao risco ambiental: o Antropoceno; e
- 2) Contextualizar as principais atividades antrópicas que geram impactos e tecnógenos associados ao risco neste novo tempo; e
- 3) Discutir o risco, a injustiça ambiental e intergeracional associados a estes tecnógenos, com foco na Amazônia do Antropoceno sob a guarda da globalização.

Para isso, o texto que será apresentado a seguir foi dividido em quatro partes.

A primeira parte, que apresentará o recorte temporal da pesquisa, irá caracterizar um novo tempo geológico, o Antropoceno. No Antropoceno as modificações antrópicas dos meios geológico e geomorfológico se intensificam e, conseqüentemente, se associam à maiores riscos e conflitos socioambientais.

A segunda parte irá descrever: (i) as atividades antrópicas que mais geram conflitos e impactos socioambientais no Brasil; (ii) as redes de interação entre esses impactos; e (iii) os principais tecnógenos diretos e indiretos relacionados a estas atividades.

A terceira parte, então, apresentará uma nova proposta para a classificação desses tecnógenos, que os associará a um grau de risco e de capacidade de suporte ambiental.

E a quarta, e última parte, tem por objetivo trazer algumas reflexões sobre o risco e a injustiça ambiental e intergeracional associados aos tecnógenos, com foco na Amazônia do Antropoceno.

Os tecnógenos podem ser entendidos como impactos ambientais na superfície terrestre produzidos por diferentes atividades antrópicas.

No momento em que uma determinada atividade se apropria e usa de um recurso natural (público) ou, no momento em que estas diferentes atividades entram em confronto por este recurso, impactos socioambientais são gerados. Deste ponto, já não se pode mais reconhecer a dualidade meio social – meio físico, transformando o objeto desta pesquisa, também, em um objeto de estudo da Geografia Humana.

Para Carlos Walter Porto-Gonçalves (2018 – informação verbal), as práticas dominantes (atividades capitalistas) encurralam as práticas locais (atividades tradicionais), gerando os conflitos (impactos sociais), que também se relacionam aos impactos nos meios físico e biótico.

Estes diferentes modos de produção e reprodução do espaço ocorrem em diferentes tempos e a partir de determinadas condições materiais/naturais. Estas condições materiais (recursos naturais) estão intrinsicamente relacionadas ao tempo geológico: o tempo de formação dos solos, do relevo, das rochas e dos minerais, dos aquíferos subterrâneos.

“O espaço geográfico é uma acumulação desigual de tempos” (SANTOS, 1986, p. 209).

2 OS TECNÓGENOS E O ANTROPOCENO

“Memento, homo, quia pulvis es, et in púlverem revertéris”.

(Gênesis 3:19)

Todos os seres, vivos ou não, sempre deixaram suas “marcas” na superfície do planeta.

De maneira geral, as modificações antrópicas da superfície sempre estiveram associadas a processos de agradação (construção de aterros, diques, depósitos de materiais/resíduos em geral), de degradação (escavações) e de modificação das características dos solos.

No século XIX, Élisée Reclus descreveu várias destas formas de intervenção antrópica na superfície, dentre elas, uma que tinha por objetivo conter as cheias dos rios Loire e Ródano, na França:

Assim, os diques laterais, que os engenheiros constroem, a fim de proteger os campos ribeirinhos são demasiado amiúde dispostos de maneira a contrariar o movimento das águas, e a maioria destes diques deixa à torrente da cheia um espaço insuficiente. Em certos lugares, o Loire, cujos transbordamentos são tão terríveis, não oferece, entre seus diques, mais do que um décimo de sua antiga largura. (RECLUS, 2015, p. 89 – grifo nosso).

Segundo Peloggia e Ortega (2016, p.117 – grifo nosso), a primeira referência a um depósito desse tipo foi feita por Dante (Sécs. XIII – XIV) em A Divina Comédia, Livro Inferno, Canto XV:

Um riacho de lágrimas separada, de um escaldante deserto arenoso, por diques ‘como aqueles que, entre Ghent e Bruges, foram levantados contra o oceano, ou aqueles que os paduanos levantaram ao longo do Brenta para defender suas cidades quando do derretimento das neves alpinas’.

No Brasil, as evidências mais antigas dessas feições estão relacionadas aos povos originários, como por exemplo: os Sambaquis (relacionados aos povos que viveram no litoral entre 8 mil e 2 mil anos), e os Tesos do Marajó.

A construção de aterros artificiais, ou mounds, é considerada um fenômeno transcultural

e de alcance praticamente global. Estas estruturas podem ter sido construídas de forma contínua em um único episódio de construção, ou em diferentes momentos, por diferentes gerações, que foram aumentando suas dimensões. Sendo que, neste segundo tipo, passando uma mensagem cultural de maior força (FISH et al., 2000).

Os Sambaquis² são exemplos de construções erguidas e incrementadas ao longo do tempo e, atualmente, são percebidas como marcadores territoriais intencionais, segundo Gaspar e De Blasis (1992) apud Fish et al. (2000).

O Povo Marajoara, de 400 – 1300 DC, segundo Roosevelt (1980, 1987, 1991); Roosevelt et al. (1991) apud Shaan (2006), vivia e sepultava seus mortos sobre extensos aterros artificiais, como o conhecido “Teso do Pacoval”.

O termo Cultura Marajoara é utilizado para descrever um conjunto de características mais avançadas com relação às demais comunidades indígenas amazônicas, e dentre elas está “a construção de enormes colinas de terra (1 a 3 hectares em área e 10 a 12 metros de altura) sobre a área de campos alagáveis da ilha”. (SHAAN, 2006, p. 20).

Porém, no caso do Marajó, ainda há muita discussão sobre a verdadeira origem dos Tesos:

[...] num estudo publicado no periódico “Geoarchaeology”, um trio de pesquisadores liderados pela geóloga Dilce Rossetti, do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) fornece uma nova interpretação: a maior parte da monumentalidade dos “Tesos” marajoaras se deve não à ação humana, mas a um processo natural de deposição. A civilização marajoara teria simplesmente aumentado os aterros, ampliando um trabalho realizado pela água. Rossetti e seus colegas mapearam, usando imagens de satélite, a rede de paleocanais que cobria grande parte de Marajó até o fim da Era do Gelo, cerca de 11 mil anos atrás. Como o nome indica, paleocanais são riachos pré-históricos, que secaram há muito tempo. Esses canais transportavam grandes quantidades de areia e argila, que acabavam sendo depositadas em seus meandros. Quando eles secaram, esses bancos de areia acabaram virando zonas elevadas. (SILVA, 2014, p. 1).

² **Sambaquis.** Designação indígena aplicada a amontoados de conchas de moluscos comestíveis. Podem conter ossos, armas, utensílios humanos, restos de fogueiras, esqueletos de aves e animais de caça, espinhos e escamas de peixes. (SAMBAQUIS. In: O Portal do Geólogo. Disponível em: <http://www.geologo.com.br/encontreiVERBETE.asp>. Acesso em 24/07/2018 às 14h54min).

Sendo assim, podemos considerar os Tesos Marajoaras como modificações de origens: natural e cultural (antrópica) da superfície, através da realização de alteamentos em aterros naturais.

Mas quais e, quando, estas modificações da superfície passaram a ser consideradas marcadores de um novo tempo geológico? E, por que?

Estas modificações, em um determinado momento (que será discutido posteriormente), começaram a se destacar (acelerar) e, este fato foi o fator motivador para a proposição de um novo período geológico, o Quinário ou Tecnógeno (TER-STEPANIAN, 1988).

O conceito de Tecnógeno ou Quinário aparece na pesquisa científica a partir da década de 1980 através dos trabalhos de Chemekov (1983) e Ter-Stepanian (1988), em que a ação humana como agente geológico é preponderante ou influente em alguns processos na superfície terrestre, período este iniciado há aproximadamente 10.000 mil anos passados. (MACHADO, 2015, p. 16).

Segundo Oliveira (1995, p. 231) o termo Antropógeno ou Período Antropogênico já havia sido proposto por Pavlov em 1922 (GERASIMOV, 1979): “para identificar o período geológico mais recente, marcado pela evolução do Homem, desde o mais antigo representante da família *Hominidae* até o moderno *Homo sapiens* (GERASIMOV, op. cit.) ”.

Com relação à datação e à nomenclatura destas modificações, Peloggia (2003, p. 4 – grifo nosso) coloca:

[...] deve ficar clara a distinção entre: depósitos e camadas tecnógenos (i.e., formados no Tecnógeno) e, depósitos e camadas tecnogênicos (ou seja, formados direta ou indiretamente pela ação humana). Depósitos tecnogênicos isolados, que foram formados antes de um determinado tempo que se tome como referência para o estabelecimento do Tecnógeno em certa região, serão quaternários (holocênicos mais provavelmente). É o caso dos sambaquis das costas brasileiras. Por outro lado, depósitos eventualmente formados sem ou com uma parcela insignificante de influência humana hoje, em um meio em que a tecnogênese estiver estabelecida, serão tecnógenos ou quinários (tempo) apesar de não serem tecnogênicos (gênese). Em síntese, as formações tecnógenas são aquelas que se depositaram ou depositam sob o regime geológico exógeno atual, marcado pela influência humana, sendo pré-tecnógenas as formações que não se explicam por ele.

Quando comparadas as duas propostas para este novo tempo geológico, “Quinário” e “Tecnógeno”, Peloggia (2003, p. 4) comenta:

Em sentido estratigráfico geral, tem sido admitida a Revolução Neolítica como o marcador do início do estabelecimento do Tecnógeno, ou melhor, da “transição holocênica” a que se refere Ter-Stepanian (1988) (ou seja, da situação totalmente quaternária pré-holocênica à situação totalmente pós-holocênica). Não é possível assimilar, assim, o Tecnógeno ao Holoceno. [...]. No entanto, de maneira geral, quando nos referimos ao “período” Tecnógeno tratamos de um intervalo de tempo geológico, por assim dizer, informal. Mas já se faz necessário, neste momento, uma definição mais rigorosa de seu significado. Deve ser notado em primeiro lugar que a denominação “Quinário” implica necessariamente em estatuto de sistema (representando assim um período), porque é indicativa de posição estratigráfica em sequência - superior ao Quaternário e ao Terciário, nomenclaturas também definidas dessa forma. [...]. Já a denominação de Tecnógeno, por sua vez, traz menos problemas formais, por não indicar posição sequencial e por sua riqueza de referência ao conteúdo material, como já tem sido destacado (e.g. Oliveira, 1995). Pode, assim, ser incluída – posição que opinamos mais apropriada – como série (representando, portanto, uma época) do Quaternário ou Antropógeno. Assim, este constituir-se-ia no Pleistoceno (o Quaternário antigo), no período de transição do Holoceno (o último pós-glacial, a partir do qual marca-se o início da intensificação da ação humana sobre a natureza, com a Revolução Neolítica, a Revolução Urbana, a Revolução Industrial) e, finalmente, o Tecnógeno (topo do Quaternário), [...].

Uma interpretação de proposta geocronológica de Ter-Stepanian é apresentada no trabalho de Oliveira et al. (2005) – Figura 1.

PERÍODO	ÉPOCA	PAISAGENS
QUINÁRIO	Tecnógeno	Tecnogênicas
QUATERNÁRIO	Holoceno 10.000 a	Naturais
	Pleistoceno 1,81 Ma	

Figura 1. Ilustração cronológica da proposta conceitual de Ter-Stepanian. (OLIVEIRA et al., 2005, p.364).

Foram estas modificações, nos meios geológico e geomorfológico e, que ocorrem de maneira diferenciada no espaço-tempo, que transformaram os seres humanos em agentes geológicos.

Sobre isso Silva e Nunes (2014) comentam:

Além de agente geológico, o ser humano pode ser considerado como agente geomorfológico, pois consegue alterar diversos aspectos do relevo de forma mais rápida se comparado aos efeitos das dinâmicas naturais. As afirmações de Nir (1983), acerca do homem enquanto agente geomorfológico, em muito se assemelha com a explicação do homem como agente geológico. Um dos exemplos é a questão da modificação das características do solo pelo ser humano e a consequente intensificação de processos erosivos. Outro ponto fundamental nas considerações elaboradas por Nir (1983) é a questão da intensidade de intervenção não ocorrer de maneira semelhante em toda a superfície terrestre, ou seja, é diferente de acordo com o país ou região, com o período histórico e o tipo de sociedade. Aqui, entre os fatores influentes, pode-se relacionar a questão já mencionada acerca de como uma determinada sociedade concebe a natureza, sendo este um dos pontos a ser considerado na elaboração e execução das formas de intervenção na natureza. (SILVA e NUNES, 2014, p. 489).

2.1 As atividades geradoras dos tecnógenos

Sobre as atividades que geram modificações nos meios geológico e geomorfológico, Ter-Stepanian (1988) estabeleceu um quadro correlacionando: os processos naturais (exógenos, endógenos, cósmicos e biológicos) – (1), e os processos tecnogênicos (2). Entre as correlações citadas pelo autor estão:

Quadro 1. Relação entre processos naturais e tecnogênicos – adaptado de Ter-Stepanian (1988) – tradução nossa.

(1) Intemperismo físico – (2) britagem e moagem das rochas na mineração e construção civil;
(1) Intemperismo químico – (2) Transformação de substâncias pela Engenharia Química;
(1) Formação de relevo – (2) Modificação do relevo pela atividade de mineração e construção civil;
(1) Denudação – (2) Cortes de taludes e escavações;
(1) Acumulação subaérea – (2) Construção de aterros; |
|--|

- (1) Formação de solos – (2) Alteração dos solos através da adubação;
- (1) Desmatamento – (2) Replantio;
- (1) Erosão fluvial e acumulação subaquosa – (2) Mudanças dos depósitos fluviais por construções hidráulicas;
- (1) Formação de meandros – (2) Retificação de canais fluviais;
- (1) Processos Costeiros (erosão e deposição) – (2) Estruturas de proteção costeira e alteração nos depósitos costeiros pela construção de portos;
- (1) Alteração do Nível Freático como consequência de alterações climáticas – (2) Alteração do Nível Freático como consequência de bombeamento, inundações, vazamentos em redes;
- (1) Escorregamentos, quedas de blocos e corridas de lama de processos denudacionais em vertentes – (2) Escorregamentos, quedas e corridas devido à elevação de pressões neutras, cortes e aumento de peso nos taludes;
- (1) Sedimentação – (2) Formação de depósitos tecnogênicos;
- (1) Formação de crateras por queda de meteoros – (2) Formação de cavas profundas por atividades de mineração.

Para Peloggia (1997a, p. 258)

Em complementação à síntese de Ter-Stepanian, resta talvez acrescentar dois fenômenos; o primeiro, por assim dizer, semi-endógeno, trata-se dos sismos induzidos, ou seja, os casos de terremotos provocados pela construção de represas e outras obras de engenharia, escavações mineiras ou injeções de água e resíduos líquidos em camadas profundas (UNESCO 1976, Torres et al. 1995); o segundo é a recarga artificial dos aquíferos através dos vazamentos dos sistemas de adução de água e afastamento de esgotos.

Goudie (2013, p. 170) divide os processos antropogênicos, modificadores do relevo, ou seja, geradores de tecnógenos, em duas categorias: diretos e indiretos. Os processos diretos são, também, divididos em: de construção; de escavação; e de interferência hidrogeológicas. Os indiretos estão relacionados: à aceleração de processos de erosão e sedimentação; aos processos de subsidência; aos movimentos de massa; à geração de sismos; e ao intemperismo (acidificação, salinização acelerada e laterização). Para o autor as feições produzidas por processos antropogênicos indiretos são frequentemente menos fáceis de reconhecer, até porque tendem a envolver não a operação de um novo processo ou processos, mas a aceleração dos processos naturais.

Segundo Araújo, Almeida e Guerra (2010) existem três tipos principais de processos de degradação dos solos/terras³: erosão, deterioração química e deterioração física. Os

³ “O conceito de degradação de terras “se refere à deterioração ou perda total da capacidade dos solos para uso presente e futuro” (FAO, 1980) ”. (ARAÚJO, ALMEIDA E GUERRA, 2010, p. 23).

autores apresentam, ainda, uma classificação, da FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (1980) para os fatores de degradação das terras – Tabela 1.

Tabela 1. Classificação dos fatores de degradação das terras – FAO (1980) - (ARAÚJO, ALMEIDA E GUERRA, 2010, p. 33)

	Ações antrópicas	Condições naturais
Fatores facilitadores	<ul style="list-style-type: none"> - Desmatamento - Permissão do superpastoreio - Uso excessivo da vegetação - Taludes de corte - Remoção da cobertura vegetal para cultivo 	<ul style="list-style-type: none"> - Topografia - Textura do solo - Composição do solo - Cobertura vegetal - Regimes hidrográficos
Fatores diretos	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de máquinas - Condução do gado - Encurtamento do pousio - Entrada excessiva de água/drenagem insuficiente - Excesso de fertilização ácida - Uso excessivo de produtos químicos/estrupe - Disposição de resíduos domésticos/industriais 	<ul style="list-style-type: none"> - Chuvas fortes - Alagamentos - Ventos fortes

Sendo assim, percebe-se que o termo “Tecnógeno”(no sentido de tempo) é uma proposição recente (década de 80), mas, como afirma Marques da Silva (2017), o entendimento sobre o poder dos impactos antrópicos nos sistemas socioambientais é antigo:

O reconhecimento da importância da ação humana sobre o mundo natural tem raízes bem mais profundas. Em meados do séc. XIX, no rescaldo da revolução Industrial, o norte-americano George P. Marsh, na obra *Man and nature: Or, Physical Geography as Modified by Human Action* de 1864, posteriormente reeditada como: *The Earth as Modified by Human Action*, esforçava-se já por mostrar (Marsh, 1874: iii): “a extensão das mudanças produzidas pela ação humana nas condições físicas do globo em que habitamos; (...)”. E em alertar para: “os perigos da imprudência e a necessidade de cautela em todas as operações em que, em larga escala, interferem nos arranjos espontâneos do mundo orgânico e inorgânico (...)”. Contemporâneo de George P. Marsh, o geólogo italiano Antonio Stoppani, referindo-se à Primeira Idade da Pedra ou, como lhe chamou, ao Arqueolítico, escreveu: “A criação do homem é a

introdução de um novo elemento na natureza, de uma força desconhecida para os mundos antigos. (...). É uma nova força telúrica que, devido ao seu poder e universalidade, não passa diante das principais forças do globo”, Stoppani (1873: 732, § 1827). Já no século XX, Vladimir I. Vernadsky reconhece o acentuado ascendente da humanidade sobre a natureza na sua obra clássica *Biosfera* (Vernadsky, 1926). Essa linha de pensamento é sintetizada na sua frase lapidar de 1942, já na fase final da sua vida [...]: “Vivemos numa época extraordinária, numa altura em que a humanidade se está a tornar numa força geológica capaz de mudar a face do nosso planeta.” (MARQUES DA SILVA, 2017, p.31).

Também no século XIX, Reclus (2015, p. 89) descreve os impactos negativos das ações humanas sobre a natureza:

O certo é os desmatamentos perturbam a harmonia da natureza tornando o escoamento das águas mais desigual. A chuva, que os galhos entrelaçados das árvores deixavam cair gota a gota, e que ressumava lentamente por entre as folhas mortas e pelas radículas das raízes, escoava, doravante, com rapidez no solo para formar regatos temporários; em vez de descer subterraneamente para as profundezas e ressurgir como fontes fertilizantes, ela escorre de imediato pela superfície e vai-se perder nos riachos e nos rios. Enquanto a terra desseca-se em elevação, o volume das águas correntes aumenta em descida, as cheias transformam-se em inundações e devastam os campos ribeirinhos; ocorrem imensos desastres, semelhantes àqueles provocados pelo Loire e pelo Ródano em 1856.

Atualmente, as modificações antrópicas da superfície podem ocorrer de duas maneiras: (i) de forma direta, relacionada, basicamente, a seis tipos de atividades: (1) atividades de extração de recursos minerais (ex.: mineração – área lavra ou depósitos de rejeitos – Foto 1; áreas de empréstimo de materiais; dentre outras); (2) produção agropecuária; (3) disposição de resíduos e rejeitos (aterros sanitários e lixões⁴); (4) processos de urbanização; (5) grandes obras de infraestrutura (barragens) e; (ii) de forma indireta, pela aceleração de processos naturais (Foto 2), cumulativos, ou não, às primeiras formas.

⁴ “A maior parte dos resíduos sólidos urbanos no mundo (70%) ainda é destinada a aterros sanitários ou lixões [...]. Mais da metade da população mundial não possui disposição adequada nem coleta regular dos resíduos sólidos urbanos.” (ISWA, 2012 apud LAMIM-GUEDES e MOL, 2018, p. 147). Os lixões e os aterros sanitários, mal dimensionados, ou mal construídos, podem ser citados como exemplos de tecnógenos associados a impactos e riscos socioambientais de alto grau, pois, podem causar poluição e contaminação do solo e dos recursos hídricos, bem como trazer inúmeros riscos à saúde).

Foto 1. Pilhas de rejeito das minerações de carvão ao longo das margens do rio Mãe Luzia – Siderópolis (SC). Foto da autora (junho de 1990).

Foto 2. Voçoroca com, aproximadamente, 6 hectares em Itumbiara (GO). Localizada em área da Usina Alvorada, e originada a partir de processo de erosão acelerada, desenvolvido em área de empréstimo⁵ de material para a construção da UH de Itumbiara. Foto da autora em janeiro de 2008, antes do início do processo de recuperação.

⁵ **Área de Empréstimo** - Local de onde se pode extrair algum bem mineral de uso imediato, "in natura", em obra civil: barragem, aterro, manutenção de leito de estrada vicinal, encontro de viaduto e pontes, etc. (ÁREA DE EMPRÉSTIMO. In: Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/2C89FB65/PropResol0Versao.pdf>. Acesso em: 24/07/2018 as 15h17min.).

“As áreas de empréstimo se constituem em um ecossistema degradado visto que tiveram eliminados, juntamente com a vegetação, seus meios de regeneração bióticos como o banco de sementes, banco de plântulas, chuvas de sementes e rebrota. Apresenta, portanto, baixa resiliência, isto é, seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser extremamente lento”. (CHADA et al., 2004 apud ALVES et al. 2012, p.888).

2.2 O início do QUINÁRIO ou ANTROPO(?)CENO?

O termo “Quinário” ou “Tecnógeno” foi proposto para marcar a aceleração das transformações antrópicas do meio geológico. Mas, quando se deu o início dessa aceleração?

Foi através dos avanços técnicos e científicos, em grande parte, relacionados ao processo de globalização, que estas transformações começaram a aumentar em grau (intensidade) e velocidade e, de forma muito frequente começaram a incorporar a irreversibilidade e o risco.

Além desta intensa aceleração das modificações antrópicas da superfície, foram percebidas, também, inúmeras transformações nos demais sistemas naturais, o que gerou novas propostas, relacionadas às mais diferentes áreas do conhecimento, para a determinação deste “novo tempo”. O termo Antropoceno é o mais aceito atualmente e foi apresentado por Crutzen e Stoermer em 2000:

Considerando impactos importantes e ainda crescentes das atividades humanas na terra e na atmosfera, em escala global, parece mais do que apropriado enfatizar o papel central da humanidade na transformação da geologia e da ecologia, propondo-se assim o termo “antropoceno” para a época geológica atual. Os impactos das atividades humanas atuais continuarão durante longos períodos. (CRUTZEN e STOERMER, 2000, p. 17).

Todas as assinaturas, ou impactos, deste novo momento, estão intimamente relacionadas à processos predatórios dos sistemas naturais e sociais, gerados pelo modo de produção capitalista. Esses processos predatórios, principalmente na América Latina, e em particular na Amazônia, têm acarretado uma complexa rede de conflitos.

Os avanços das fronteiras agrícolas, das atividades pecuárias, da exploração mineral, dos grandes empreendimentos de infraestrutura e, da urbanização, estão modificando intensamente a superfície terrestre, e assim, acelerando a formação de tecnógenos e, os associando ao risco ambiental.

Então, é importante sublinhar que, tanto o termo tecnógeno (como referência às modificações antrópicas da superfície), como os demais termos utilizados na classificação proposta por esta pesquisa (unidades, feições, depósitos, terrenos e campos tecnogênicos), estão associados APENAS ao regime geológico exógeno atual (Quinário/Antropoceno). Pois, após a formalização deste novo período/época geológica, as camadas de tecnogênicas poderão estar associadas, tanto ao Quaternário (Holoceno), quanto ao Quinário ou Antropoceno (termo mais aceito pela comunidade científica em geral). (FIGURAS 2 e 3).

Figura 2. Exemplos de depósitos tecnogênicos (processo de agradação). **A.** Sambaqui Figueirinha (SC) - Depósito tecnogênico (Quaternário) e, segundo Peloggia (2003) um depósito pré-tecnógeno. (Imagem disponível em: <http://igeologico.com.br/sambaquis-uma-montanha-de-historia/>). **B.** Pilhas de escória de alto forno da CSN (Magé/RJ) – Depósito tecnogênico do “Quinário/Antropoceno” (ainda não formalizado), ou depósito tecnógeno (PELOGGIA, 2003). (Imagem disponível em: <https://diariodovale.com.br/e-nos-com-isso/escoria-ignorancia-e-oportunismo/>).

Figura 3. Exemplos de: paisagem (processo de modificação) tecnogênica, e feição (processo de degradação) tecnogênica. **C.** Floresta Nacional de Carajás⁶ - paisagem/terreno tecnogênico do Quaternário, segundo Peloggia (2003), pré-tecnógeno. (Imagem disponível em: <https://pebinhadeacucar.com.br/florestas-nacionais-de-carajas-e-itacaiunas-completam-20-anos/>). **D.** Área de mineração na Austrália - feição tecnogênica do “Quinário/Antropoceno” (ainda não formalizado), ou feição tecnógena (PELOGGIA, 2003). (Imagem disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Minera%C3%A7%C3%A3o#/media/Ficheiro:Kalgoorlie_open_cast_mine.jpg).

Com relação aos exemplos dados nas Figuras 2 e 3, apenas os exemplos B e D seriam objetos da classificação proposta por esta pesquisa.

O termo Antropoceno vem sendo amplamente utilizado, desde a sua proposição por Cruzen e Stoermer (2000), e é definido como a época geológica onde os seres humanos vêm gerando, além de alterações locais e regionais, alterações socioambientais globais.

Para Crutzen (2000a), o Antropoceno pode ser considerado como tendo iniciado no fim dos anos 1700, quando o ar aprisionado em amostras de gelo mostrou o aumento das taxas de concentração de dióxido de carbono e metano globais. Na verdade, o parâmetro principal proposto, de acordo com este ponto de vista, foi a relação entre o início do Antropoceno e o aumento do dióxido de carbono na atmosfera. Depois, este mesmo parâmetro foi utilizado para marcar o início deste novo tempo por volta de 1800, e relacioná-lo com o processo de industrialização (Steffen

⁶ Floresta Nacional de Carajás

[...] indícios coletados na Serra dos Carajás apontam que a interferência indígena na Amazônia já ocorria de forma intensa há mais de 11 mil anos. Em diferentes lugares, antigas populações indígenas selecionaram e manejaram plantas úteis. E suas práticas resultaram em **paisagens** que até então eram consideradas naturais. Este processo cultural de milênios de simbiose entre populações humanas e florestas é um legado que vem sendo desvelado pelo avanço da ciência. (MUSEU GOELDI, 2018).

et al. 2007). O raciocínio foi simples: ao influenciar a atmosfera, a ação do homem se tornou global. (OLIVEIRA e PELOGGIA, 2014, p. 105 – tradução nossa).

O início deste novo tempo ainda é muito discutido, e divide pesquisadores das mais diversas áreas. Mas, é consenso que estas alterações ambientais (físicas, químicas e biológicas) estão profundamente relacionadas às mudanças nos modos de produção e, conseqüentemente, da apropriação e produção do espaço. Este fato, também, define o Antropoceno como um conceito geográfico-geológico.

E, é desta relação, entre as alterações ambientais e o modo de produção, que surgem outras propostas⁷ para nomear este novo período/época geológica. Algumas delas: Capitaloceno (MOORE, 2017), Plantationoceno (HARAWAY, 2016), e Chthuluceno⁸.

[...] a relevância de nomear de Antropoceno, Plantationoceno ou Capitaloceno tem a ver com a escala, a relação taxa/velocidade, a sincronicidade e a complexidade. A questão constante, quando se considera fenômenos sistêmicos, tem de ser: quando as mudanças de grau se tornam mudanças de espécie? E quais são os efeitos das pessoas (não o Humano) situadas bioculturalmente, biotecnologicamente, biopoliticamente e historicamente em relação a, e combinado com os efeitos de outros arranjos de espécies e outras forças bióticas/abióticas? Nenhuma espécie, nem mesmo a nossa própria – essa espécie arrogante que finge ser constituída de bons indivíduos nos chamados roteiros Ocidentais modernos – age sozinha; arranjos de espécies orgânicas e de atores abióticos fazem história, tanto evolucionária como de outros tipos também. (HARAWAY, 2016, p. 139).

Os seres humanos sempre modificaram e extraíram recursos do ambiente, mas tanto as modificações ocasionadas pelo extrativismo, quanto pelas tecnologias, associadas a esta

⁷ Além dos termos já citados: Quinário, Tecnógeno e Antropoceno.

⁸ **Chthuluceno** – Termo proposto por Haraway (2016) para substituir Antropoceno, como referência ao monstro fictício de H. P. Lovecraft, Cthulhu. Sobre esse novo tempo, a autora escreve:

Estes espaços-tempos reais e possíveis não foram nomeados após o pesadelo racista e misógino do monstro Cthulhu (note diferença na ortografia), do escritor de ficção científica H. P. Lovecraft, e sim após os diversos poderes e forças tentaculares de toda a terra e das coisas recolhidas com nomes como Naga, Gaia, Tangaroa (emerge da plenitude aquática de Papa), Terra, Haniyasuhime, Mulher-Aranha, Pachamama, Oya, Gorgo, Raven, A'akuluujjusi e muitas mais. “Meu” Chthuluceno, mesmo sobrecarregado com seus problemáticos tentáculos gregos, emaranha-se com uma miríade de temporalidades e espacialidades e uma miríade de entidades em arranjos intra-ativos, incluindo mais-que-humanos, outros que-não-humanos, desumanos e humano-comohúmus (human-ashumus). (HARAWAY, 2016, p. 140).

atividade e outras tantas, sofreram aceleração significativa durante as Revoluções Agrícola e Industrial.

Redman (1999) apud Artaxo (2014) analisou o impacto histórico da agricultura, particularmente nos continentes europeu e asiático, e mostrou efeitos ambientais importantes muitos séculos antes da Revolução Industrial.

O Antropoceno para Biermann et al. (2010) é definido como a época geológica onde os impactos das atividades antrópicas estão alterando o Sistema Global⁹ de forma a se tornarem irreversíveis. Para os autores, novas percepções e pesquisas são necessárias para o entendimento da complexa relação entre as transformações globais dos sistemas social e natural, incluindo a aceleração da integração econômica em todas as suas formas; e a internacionalização de políticas e dos efeitos das mudanças ambientais em múltiplas escalas.

Mas, para que um novo período, ou época **geológica**, seja definida é necessário o atendimento a uma série de pré-requisitos estabelecidos por parte da comunidade científica, neste caso, composta basicamente por geólogos.

Para a Geologia, o Antropoceno deve apresentar um início bem definido, reconhecido a partir de estratos/camadas/unidades e, com assinaturas/características químicas, físicas, biológicas (fósseis) ou antrópicas (tecnofósseis), que sejam diferentes das do Holoceno¹⁰, e que se repliquem ao redor do planeta.

Do ponto de vista prático, um parâmetro global eficaz para se identificar um limite inferior para o Antropoceno seria a disseminação global de isótopos radioativos pelos testes com a bomba atômica na década de 50. Porém, considera-se este evento tardio se comparado com o aumento nos níveis de gases antropogênicos resultantes dos processos industriais. Qualquer limite baseado em depósitos, tais como pilhas de escória de forno; resíduos da mineração de carvão, por exemplo, de Ironbridge Gorge, Coalbrookdale, considerada o berço da Revolução Industrial, serão diacrônicos, pois a industrialização

⁹ **Sistema Global** – Complexo conjunto de Sistemas (SES) e Subsistemas Socioecológicos (Sistema de Recursos; Unidades de Recursos; Usuários; e Sistemas de Governança). “O principal desafio na descoberta do motivo de alguns SES serem sustentáveis e outros estarem em colapso é a identificação e análise das relações entre os vários níveis desses sistemas complexos em diferentes escalas espaciais e temporais”. (OSTROM, 2009, p.420).

¹¹ **Holoceno** - “Época geológica mais recente que faz parte do Período Neogeno e se estende de 11.500 anos até hoje”. (HOLOCENO. In: Glossário. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/verbete/holoceno.htm>. Acesso em 18/04/2020).

se espalhou pela Europa Ocidental, nas Américas e, por último, pelo Extremo Oriente. [...]. Porém, a nível de se atender a solicitação de uma idade numérica e a distância temporal mostrada, o início de 1800 pode ser uma escolha igualmente prática e eficaz. (ZALASIEWICZ et al., 2011a, p. 1050).

Esse caráter diacrônico dos depósitos que estão associados ao Antropoceno e, que configura um “entrave” para a estratigrafia atual, também é discutido por Edgeworth et al (2015) apud Peloggia (2015).

Edgeworth et al. (2015) questionam se o caráter diacrônico da discordância observada ao redor do mundo entre depósitos de origem humana que em conjunto constituiriam a “arqueosfera” e o substrato geológico natural não indicariam um caráter diacrônico do próprio Antropoceno. Acreditamos que tal caráter pode ser adequadamente expresso estratigraficamente em termos de unidades diacrônicas, representando extensos eventos da atuação humana divididos em fases, das quais o Antropoceno seria o registro mais recente, no topo do evento Tecnógeno (Oliveira & Peloggia, 2014). Assim, se tomarmos em conta a “tradição” do pensamento geológico que se dedicou a caracterizar a ação geológica humana e seus registros materiais, como mostramos, de fato o conceito original de Antropoceno deve ser reconfigurado: se não for referido ao registro tecnogênico, perderá a base de sustentação como conceito geológico. (PELOGGIA, 2015, p. 12).

Uma proposta para a representação desta relação entre o evento Tecnógeno e o Antropoceno é feita por Oliveira e Peloggia em 2014 – Figura 4.

Figura 4. Proposta de Oliveira e Peloggia (2014, p. 108 – tradução nossa).

Para os autores,

“Os critérios utilizados para a classificação destas fases e eventos são essencialmente três: a inovação tecnológica, o aumento do consumo energético, e a população. Todos os critérios estão relacionados entre si, e cada evento ou fase geotecnogênica resulta de uma combinação”.
(OLIVEIRA E PELOGGIA, 2014, p. 107 – grifo nosso).

Devido às várias assinaturas estratigráficas identificáveis, como: novos materiais antropogênicos, processos sedimentares modificados, concentração de químicos antropogênicos; radiogênicos e radionuclídeos em sedimentos e gelo; perturbações no ciclo do carbono; variações climáticas e; mudanças bióticas, como o aumento na extinção de vertebrados, que marcam esse novo tempo geológico, o mais consistente seria determinar o início do mesmo no século 20, dentre um intervalo entre 1945-1964. Porém, há muito trabalho a ser realizado. Sendo assim, o primeiro ponto a ser determinado é por qual sistema o Antropoceno será definido: GSSA (Global Standard Stratigraphic Age), GSSP (Global Boundary Stratotype Section and Point), ou uma combinação de ambos (WATERS et al. 2016).

Para a EMBRAPA (2004, p. 20) são características diagnósticas de alterações antrópicas nos solos:

- 1) Inversão ou mistura de horizontes genéticos e/ou diagnósticos; 2) Presença de materiais antrópicos; 3) Remoção de horizontes do solo feito pelo homem, de forma manual, por máquinas e/ou implementos; 4) Modificações na paisagem ocasionadas pelo homem através da ação de máquinas e/ou implementos; 5) Composição granulométrica e química modificadas; 6) Presença de materiais tóxicos e/ou sépticos.

Domingues (2009) também aborda a origem e as principais fontes dos metais presentes no ambiente – Figura 6.

Na origem litogênica eles ocorrem como constituintes de minerais primários em rochas ígneas ou em rochas sedimentares, já a introdução de metais pesados no solo pelo homem é denominada fonte antropogênica, e trata-se da principal forma de poluição, sendo que os mais altos teores de metais encontrados na superfície do solo são normalmente devido a esta ação antropogênica. (DOMINGUES, 2009, p. 6).

Elemento	Natural	Antropogênico
Cd	Minérios de Zn e Pb rochas fosfáticas	Resíduos de mineração, galvanoplastia, indústria de pilhas
Cr	Mineral cromitas solos de serpentina	Galvanoplastia, ligas metálicas, esgoto industrial, produtos anticorrosivos
Cu	Sulfetos óxidos carbonatos	Galvanoplastia, ligas metálicas, esgoto doméstico e industrial, resíduos de mineração, defensivos agrícolas
Pb	Mineral galena	Indústrias de bateria, encanamento, carvão, gasolina, pigmentos
Ni	Solos de serpentina	Ligas metálicas, indústrias de bateria, resíduo industrial, produção de óleos vegetais
Zn	Minerais (sulfetos, óxidos, silicatos)	Ligas metálicas, pigmentos, galvanoplastia, resíduo industrial, encanamentos

Figura 6. Fontes naturais e antropogênicas de alguns metais pesados para o ambiente. (MALAVOLTA, 1994 apud DOMINGUES, 2009, p. 7). Nos Estados Unidos e Europa, vários estudos mostram a aplicação da análise de metais pesados na interpretação de depósitos tecnogênicos (RHOADS e CAHILL, 1999).

Um exemplo clássico de solo efetivamente antropogênico são os solos plaggen, comuns na Europa Ocidental e também as Terras Pretas de Índios, comuns na Amazônia. Outro exemplo são solos cultivados em sistemas de terraços, comuns em áreas de elevada declividade no mundo inteiro. Apesar da ação humana reconhecida sobre as modificações das características originais dos solos, Drew (1986) afirma que o homem ainda não foi capaz de alterar as características fundamentais em larga escala dos diferentes tipos de solo, ao contrário do que conseguiu com as coberturas vegetais, entretanto a alteração que promoveu na cobertura vegetal acarretou diferenças na pedogênese dos diferentes tipos de solos. Para o autor a atividade agrícola promove alterações especialmente nas características químicas e biológicas e menos nas características texturais e estruturais. As maiores modificações se fazem na direção de melhorar a produção agrícola, recorrendo a fertilizantes, corretivos, irrigação e drenagem. (LADEIRA, 2012, p. 130).

As Terras Pretas de Índio (FIGURA 5) também são consideradas, por muitos autores, simplesmente, como solos antrópicos, ou seja, solos formados por atividades cotidianas das populações, sem intencionalidade na sua formação (CAROMANO, 2020).

Figura 5. Perfis de Terra Preta de Índio - TPI. (TEIXEIRA, 2007, p. 3).

Com relação ao diagnóstico de depósitos tecnogênicos de agradação induzidos, Rubin et al. (2008, p. 12) destacam ainda:

Como alternativas de determinação do período correspondente à deposição, além do método de datação por radioisótopos como o Chumbo 210 (CHAMPAGNOLI, 2002), a interpretação de fotos aéreas, as informações orais de moradores locais que tenham testemunhado a formação dos depósitos e os próprios artefatos, especialmente o plástico que marca os anos desde a década de 1990.

Ainda sobre as mudanças bióticas como assinaturas do Antropoceno:

O Relatório Planeta Vivo 2018 acompanha o estado da biodiversidade global medindo a abundância populacional de milhares de espécies de vertebrados em todo o mundo. O índice mais recente mostra um declínio de 60% no tamanho da população entre 1970 e 2014. Declínios populacionais de espécies são especialmente pronunciados nos trópicos, com América do Sul e Central sofrendo o declínio mais dramático, 89% de perda em comparação com 1970. O número de espécies de água doce também diminuiu drasticamente, com o Índice de Água Doce mostrando um declínio de 83% desde 1970. Mas medir a biodiversidade - todas as variedades de vida que pode ser encontrada na Terra e suas relações entre si - é complexo, então este relatório também explora três outros indicadores: as mudanças na distribuição de espécies, o risco de extinção e as mudanças na composição da comunidade. Todos estes retratam a mesma imagem - declínios ou alterações severas. (WWF, 2018 – p. 7).

Ainda com relação à bioestratigrafia, ou seja, as assinaturas biológicas dos estratos, estudos de Bennet et al. 2018 apontam que os frangos de corte podem se tornar um fóssil

guia¹¹ do Antropoceno, isto, por possuírem uma dieta alimentar e consumo globalizados, e uma evolução de poucas décadas.

O aparecimento do morfotipo de frangos de corte, de crescimento rápido na década de 1950, e sua absorção em fazendas industriais em todo o mundo, pode ser visto como um sinal global de mudança quase sincrônico para a biosfera, mantida pelos humanos e pela tecnosfera. Frangos de corte modernos são morfologicamente, geneticamente e isotopicamente distinta de galinhas domésticas antes de meados do século XX. A gama global de frangos de corte modernos e domínio da biomassa sobre todas as outras espécies de aves são um produto da intervenção humana. Como tal, os frangos de corte simbolizam vividamente a transformação da biosfera para se adaptar à evolução dos padrões de consumo humanos, e mostram um potencial claro para ser um marcador bioestratigráfico do Antropoceno. (BENNET et al. 2018, p. 9)

Para Waters et al. (2016, p. aad2622-8 – tradução nossa) é importante o questionamento sobre a importância de se formalizar o Antropoceno: não seria melhor deixá-lo como um termo informal? Pois, há muitas implicações em torná-lo formal, “implicações estas que vão além da comunidade geológica”. “O quão complexo seria formalizar um tempo geológico “criado” pelo homem, o primeiro início de tempo geológico testemunhado pelo homem”?

Também para Rull (2013, p. 4):

[...] não é necessário definir formalmente o Antropoceno como uma época, para aceitar que as atividades humanas mudaram significativamente os processos do sistema Terra durante os últimos dois séculos. Em outras palavras, estudos sobre os impactos antrópicos, incluindo mudanças estratigráficas, são independentes se o Antropoceno é reconhecido como uma época formal dentro da estrutura do ICS. Portanto, a batalha por tal reconhecimento não parece ser muito produtivo no presente. [...] a resolução deste problema pode ser apenas uma questão de tempo. Talvez seja melhor conservar os esforços e concentrar-se o estudo dos processos envolvidos, as potenciais consequências e sua impressão sedimentar, qualquer que seja a corrente estratigráfica do Antropoceno. (RULL, 2013, p. 4).

Ainda com relação aos problemas de formalização do Antropoceno, Marques da Silva (2017) comenta:

¹¹ **Fóssil Guia** - “Fóssil característico de um horizonte estratigráfico ou unidade estratigráfica, seja em idade, seja em ambiente deposicional, e que permite mapear geologicamente as extensões laterais de mesma idade e/ou mapear um sistema de litofácies que pode, até, truncar as superfícies isócronas.” (FÓSSIL GUIA. In: Glossário. Disponível em <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/fossilguia.htm>. Acesso em 18/04/2020).

Outros problemas que podem desencaminhar a formalização do Antropoceno como unidade formal da Coluna Cronostratigráfica Internacional incluem: o seu registo geológico mínimo e extremamente inconstante; as dificuldades inerentes à possível inclusão nesse registo de estruturas artificiais, construções humanas e aterros; a pouca durabilidade (à escala geológica) dos marcadores estratigráficos invocados, tais como plásticos, cerâmica, vidro e afins [marcadores esses potencialmente capazes de gerar conflitos materiais e conceptuais entre a Paleontologia e a Arqueologia, se se passasse a encarar os objectos culturais artificiais como “tecnofósseis” ou “icnofósseis” humanos, tal como sugerido por Zalasiewicz et al. (2014); vide discussão sobre possíveis conflitos conceptuais gerados pelos “tecnofósseis” em Silva (2017) e a dificuldade de se cartografarem os depósitos “Antropocénicos”, pois não podemos perder de vista que as unidades cronostratigráficas devem, por definição, ser cartografáveis. (MARQUES DA SILVA, 2017, p. 37).

Porém, devido às evidências estratigráficas já encontradas, o Antropoceno deverá ser formalizado em novembro de 2020, no 36º Congresso Geológico Internacional. O congresso deveria ter acontecido em março de 2020, porém, devido à pandemia relacionada à COVID-19, foi reagendado.

Mesmo mediante tantas incertezas sobre a determinação do início do Antropoceno, Steffen et al. (2007) propõem ainda uma subdivisão para este. Um primeiro estágio seria denominado “A Era Industrial” (1800-1945), quando as transformações globais relacionadas à industrialização são mais evidentes na atmosfera, com o aumento nas concentrações de CH₄ e N₂O. O estágio dois, “A Grande Aceleração”, segundo os autores, seguiria de 1945 a 2015, com um crescimento extremamente acelerado dos equipamentos humanos após o término da Segunda Guerra Mundial.

A Grande Aceleração ocorreu em um contexto intelectual, cultural, político e legal em que os crescentes impactos sobre o Sistema Terrestre contaram muito pouco nos cálculos e decisões tomadas em organizações internacionais, salas de reuniões, laboratórios, fazendas, cabanas, na verdade, quartos. Este contexto não era novo, mas uma condição necessária para a Grande Aceleração. (STEFFEN et al., 2007, p. 618 – tradução nossa).

Alguns indicadores do estágio da Grande Aceleração podem ser visualizados nas figuras abaixo. Os anos 1950 marcam um grande crescimento populacional, e consequentemente, das atividades antrópicas (FIGURA 7a) e consumo energético, influenciando diretamente os sistemas naturais (FIGURA 7b).

Na Figura 7a são apresentados os parâmetros relacionados às atividades humanas (da esquerda para a direita) - no período de 1750 a 2000: população mundial; lucros operacionais brutos; investimentos estrangeiros diretos; grandes barragens; uso (consumo) de água doce; consumo de fertilizantes; população urbana; consumo de papel; número de restaurantes McDonald's; transporte (número de veículos); comunicação (número de telefones); e turismo internacional.

A Figura 7b já apresenta o efeito (impacto) destas atividades nos sistemas naturais através dos parâmetros (da esquerda para a direita): Dióxido de carbono (CO₂); Óxido nitroso (N₂O); Metano (CH₄); Ozônio estratosférico; temperatura da superfície; acidificação dos oceanos; pesca de espécies marinhas; criação de camarões; Nitrogênio em zonas costeiras; perdas de florestas tropicais (por desmatamento); uso e ocupação dos solos; e degradação da biosfera terrestre.

Figura 7a. A Grande Aceleração. As taxas crescentes de mudança das atividades humanas desde o início da Revolução Industrial. Os anos 50 marcam uma explosão no crescimento populacional (STEFFEN et al., 2007, p. 617).

Figura 7b. As alterações nos sistemas naturais (STEFFEN et al., 2015 apud WWF, 2018).

Para Steffen et al. (2007) o estágio três do Antropoceno se inicia em 2015 e é denominado pelo autor como “Administradores do Sistema Terrestre”? Segundo os autores, esse terceiro estágio, onde as políticas ambientais também se tornam protagonistas, isso, graças a crescente consciência da influência humana sobre o “Sistema Terra”, foi alcançado devido a quatro fatores:

i) rápidos avanços em pesquisas e inovação, com trabalhos interdisciplinares sobre os sistemas humano-ambientais; ii) o enorme poder da internet como um sistema de informação global auto organizado; iii) a disseminação de sociedades mais livres e abertas, apoiadas por mídias independentes; e iv) o crescimento da democracia. Sistemas políticos que estreitam o espaço para o exercício de um poder estatal arbitrário, e fortalecem o papel da sociedade civil. A humanidade está, de uma forma ou de outra, se tornando autoconsciente, agente ativo na operação de seu próprio sistema de suporte de vida. (STEFFEN et al., 2007, p. 619 – tradução nossa).

Somente abrindo um parêntesis sobre a terceira etapa do Antropoceno: o que pode ser observado hoje é o oposto do afirmado acima pelos autores, ou seja, um aumento do apoio, de grande parte da sociedade civil, aos partidos de extrema direita, fascistas e mercantilistas. Esse apoio parece refletir um “arrependimento” com relação aos avanços conseguidos pelas políticas ambientais voltadas para a proteção do meio ambiente e, conseqüentemente, na redução na extração de recursos naturais. Então, que aconteceu? O crescimento econômico era maior sem os investimentos das indústrias em Química Verde? Isso, com certeza. Mas, e os demais apoiadores, os pobres (literalmente) mortais? Por que apoiam um retrocesso da democracia e um avanço, ainda mais intenso, do capitalismo sobre o meio ambiente? Talvez a resposta esteja, justamente, no poder dos sistemas de comunicação globalizados, e auto organizados, que conduzem a um comportamento extremamente dominado pelo consumo de bens e tecnologias.

[...]. Tornou-se anticultural a escolha de um estilo de vida, cujos objetivos possam ser, pelo menos em parte, independentes das tecnologias, dos seus custos e do seu poder globalizante e massificador. (LA SANTA SEDE, 2015).

Ainda sobre esse momento, de retorno da extrema direita ao poder, Alavina (2018) comenta:

Hoje, com a volta da extrema direita e sua chegada ao poder em alguns países, os ambientes intelectuais ora se veem imóveis, incapazes de diagnosticar com precisão um fenômeno que aparece dramaticamente como algo inesperado, ora se movimentam para atestar sua existência — mas buscam

compreendê-lo segundo o parâmetro do fascismo histórico. Logo, deixam escapar os novos elementos e as novas determinações.

É claro que o fascismo histórico não pode ser esquecido, pois é o modelo mais acabado do que foi um estado fascista, institucionalmente falando. Ocorre que, como apontava Pasolini, o novo fascismo não é, em primeiro lugar, institucional — mas sim uma nova forma de vida jamais vista, e por isso mais difícil de ser combatida. Ele esconde dentro de si uma nova lógica de poder, e está mais arraigo nos indivíduos que estão em instituições ou oficialidades declaradas. (ALAVINA, 2018, s/p).

O processo de globalização, definido como novo ciclo do modo de produção capitalista (IANNI, 1996), tem acelerado a degradação do meio ambiente. E é esta degradação ambiental acelerada que produziu, e continua produzindo, muitas das assinaturas do Antropoceno.

Os impactos ambientais, principalmente os cumulativos e sinérgicos, causados pelas intervenções humanas no meio ambiente e relacionadas ao modo de produção capitalista, têm se mostrado cada vez mais complexos, e de difícil mitigação. Com isso, o tão desejado “desenvolvimento sustentável” se torna cada vez mais distante.

Para Souza (2000),

Atualmente, a questão ambiental, como valor da sociedade, passa pela articulação da cidadania, sociedade civil e globalização, entendendo que o atual processo de globalização implica muito mais cidadania planetária que municipal ou regional. Isso faz com que as questões ambientais se desloquem da esfera local para um patamar global, o que é nefasto para a participação da sociedade e, por conseguinte, contrário à implementação do desenvolvimento sustentável. (SOUZA, 2000, p. 96).

O mesmo desmatamento, que pode ter sido uma das causas¹² da pandemia relacionada à COVID-19, foi acelerado na Amazônia durante essa mesma pandemia.

12

[...] estudos alertam que o desmatamento pode estar criando um laboratório acidental para o surgimento de novos vírus em ecossistemas perturbados por atividades humanas (grande parte de modo ilegal) argumentando ainda que o caminho das zoonoses é pavimentado pelo desmatamento. Assim, é evidente a estreita relação entre desmatamento, vulnerabilidade do bioma florestal e a disparada de doenças zoonóticas no mundo (como a Covid-19), o que exige sistêmica fiscalização das atividades econômicas, públicas ou privadas, que causem significativo impacto ambiental sobre ecossistemas florestais, devendo haver políticas de ampla conservação de áreas protegidas, em especial por serem, como visto, *hotspots* de biodiversidade. O homem e os animais disputam

As taxas de desmatamento no início de 2020, antes de surgir o alarme em torno da Covid-19, já indicavam uma atividade expressiva das motosserras. Segundo o DETER, sistema de alerta de desmatamento do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em janeiro deste ano houve um aumento de 52% na área sob alertas de desmatamento em relação ao mesmo mês do ano anterior; em fevereiro, foi 25% superior ao mesmo mês de 2019. A crise dos incêndios de 2019, com repercussão mundial, estava ligada ao aumento do desmatamento e ainda está clara na memória. (GUIMARÃES et al. 2020).

Então, a pergunta mais relevante a se fazer nesse momento é: haverá uma mudança radical no comportamento humano após a pandemia?

“O Antropoceno não é o resultado de mudanças recentes no comportamento humano, mas a consequência da forma habitual de nos comportarmos durante milênios” (VILCHES, et al., 2008, p. 3). Desta maneira, os autores colocam que “o Antropoceno aparece, não só como uma era de risco, mas antes como uma oportunidade para repensar o comportamento humano e estabelecer as bases de um futuro sustentável”. As causas que levaram à esta situação de desequilíbrio, apontadas pelos autores, são: o hiperconsumo e o crescimento demográfico.

A mesma associação do Antropoceno a uma situação de alterações irreversíveis, e causadas por processos predatórios, é dada por Viola e Basso (2016) que colocam o início desta nova época geológica como um marco de “ultrapassagem dos limites planetários”. Para os autores:

Os limites planetários: mudança do clima, integridade da biosfera, fluxos biogeoquímicos do nitrogênio e do fósforo, diminuição da camada de ozônio, acidificação dos oceanos, uso da água doce, uso dos solos, poluição agregada global por aerossóis e poluição química (Rockstrom et al., 2009; Steffen et al., 2015) – são limites de resiliência do planeta: se ultrapassados, a estabilidade ambiental é perdida. Dois limites encontram-se ultrapassados: os fluxos biogeoquímicos do nitrogênio e do fósforo, em razão do uso massivo de fertilizantes desde os anos de 1950, e a integridade da biosfera, como consequência da expansão da população humana, que impactou ecossistemas naturais e outras espécies a ponto de extingui-las – é a sexta grande extinção em 4 bilhões de anos de história da vida, a primeira produzida pela humanidade. A estabilidade do clima foi quebrada, em razão da acumulação de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. Como resultado, está atualmente em curso

o mesmo espaço de sobrevivência: o meio ambiente. Embate este que deflagra a crise ambiental mundial. (CODONHO E PEIXOTO, 2020).

a mudança do clima incremental, que pode, se não mitigada, evoluir para perigosa e posteriormente catastrófica. (VIOLA E BASSO, 2016, p. 3 – grifo nosso).

No quadro abaixo – QUADRO 2 – Rockström et al. (2009) apresentam: os limites planetários, os parâmetros escolhidos para cada limite e os valores que, se ultrapassados, comprometeriam a estabilidade do subsistema associado e, conseqüentemente, do próprio Sistema-Terra.

Quadro 2. Limites Planetários segundo Rockström et al. 2009, p. 473 – tradução nossa.

Processos do Sistema-Terra	Parâmetros	Limite proposto	Valor atual	Valor (Pré-Industrial)
Mudanças climáticas	(i) Concentração de dióxido de carbono atmosférico (partes por milhão por volume)	350	387	280
	(ii) Mudança na força radiativa (watts por metro quadrado)	1	1,5	0
Perda de biodiversidade	Taxa de extinção (número de espécies por milhão de espécies por ano)	10	> 100	0,1 – 1
Ciclo do nitrogênio (compartilhado com o ciclo do fósforo)	Quantidade de N ₂ removido da atmosfera para uso humano (milhões de toneladas por ano)	35	121	0
Ciclo do fósforo (compartilhado com o ciclo do nitrogênio)	Quantidade de P fluindo para o oceanos (milhões de toneladas por ano)	11	8,5 - 9,5	-1
Perda de ozônio estratosférico	Concentração de ozônio _ unidade: Dobson	276	283	290
Acidificação dos oceanos	Saturação da aragonita na superfície da água do mar	2,75	2,90	3.44

Uso da água doce	Consumo de água doce por humanos (km ³ /ano)	4,0	2,6	415
Mudança no uso da terra	Porcentagem da cobertura global da terra convertida em terra cultivada	15	11,7	baixa
Partículas de aerossóis na atmosfera	Concentração geral de partículas na atmosfera, em uma base regional	A ser determinado		
Poluição Química	Por exemplo, quantidade emitida ou concentração de poluentes orgânicos persistentes (POPs), plásticos, desreguladores endócrinos, metais pesados e resíduos nucleares, no sistema global, ou com efeitos ecossistêmicos para o Sistema-Terra.	A ser determinado		

Segundo Artaxo (2014, p.17), com relação às mudanças climáticas: “é importante frisar que não temos evidências científicas seguras de que, limitando as concentrações de CO² em 350 ppm, evitaríamos o colapso das camadas de gelo polares, pois ainda não há uma compreensão completa da ciclagem de carbono global. ”

Já, com relação ao aproveitamento da água doce, um limite ainda considerado seguro, Lamim-Guedes e Mol (2018, p. 143-144) destacam:

[...] o uso da água doce é profundamente influenciado pelas mudanças climáticas, que ao lado da integridade da biosfera, são dois limites compreendidos como “limites essenciais”, e alterar significativamente qualquer um desses levaria o sistema terrestre a um novo estado (Stockholm Resilience Centre 2015, s. p.). (LAMIM-GUEDES e MOL, 2018 – p.143-144).

Ainda com relação ao uso da água doce, os autores acima citados ainda destacam que em 2011, Bicudo et al. colocam a eutrofização artificial como um dos

“[...] problemas ambientais mais bem documentados em âmbito global. Geralmente resulta das atividades humanas e do aumento de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, oriundos de efluentes domésticos, industriais e da agricultura.” Bicudo et al. (2011) ao indicar alterações nos ciclos do nitrogênio e fósforo, reforçam o encontrado por Steffen et al. (2015), sobre a extrapolação dos fluxos biogeoquímicos destes dois elementos, que também são um dos nove limites planetários [...]. (LAMIM-GUEDES e MOL, 2018, p. 143).

Para Rockstroem et al. (2013) estes nove limites planetários podem ser agrupados de três maneiras:

1. Limites que definem um nível global seguro de esgotamento de recursos fósseis não renováveis, como: carvão, petróleo, gás e água subterrânea fóssil;
2. Limites que definem um nível global seguro de uso da biosfera viva, incluindo a exploração dos ecossistemas, proteção da biodiversidade, e consumo de energia renovável e recursos, como o uso da terra;
3. Limites que definem um nível global seguro da capacidade da Terra de absorver e dissipar fluxos de resíduos humanos, incluindo carbono, nitrogênio, fósforo e produtos químicos tóxicos, como pesticidas. (ROCKSTRÖM et al. 2013, p. 2-3 – tradução nossa).

Para os autores “o conceito de “Limites Planetários” foi desenvolvido para delinear um espaço operacional seguro para humanidade, que carrega uma baixa probabilidade de prejudicar os sistemas de suporte de vida na Terra [...]”. (ROCKSTRÖM et al. 2013, p. 2-3 – tradução nossa). “Outros termos como: “capacidade de carga”, “consumo e produção sustentáveis”, “guardiréis”, “pontos de inflexão”, “pegadas”, “espaço operacional seguro” também podem ser encontrados na literatura para descrever estas limitações globais”. (ROCKSTRÖM et al. 2013, p. 2 – tradução nossa).

Mas, existiriam também “limites planetários”, ou “pontos de ruptura”, nos sistemas sociais?

Para Nobre (2018), sim. Um exemplo de ponto de ruptura social estaria relacionado aos refugiados ambientais, ou seja, uma crise ambiental que venha a gerar uma onda gigantesca, um tsunami, de refugiados, que não encontrariam espaço para serem abrigados.

Também para Lamim-Guedes e Mol (2018, p. 140), os refugiados climáticos e a aprendizagem social, são os dois principais desafios atuais, e com maior relevância futura, “na discussão sobre o planejamento de consumo de água em longo prazo”.

Sérgio Besserman, em entrevista dada ao Canal Futura em 2016, associa o Antropoceno a uma época de responsabilidades e respeito aos limites planetários.

Mas, qual seria um “ponto de ruptura” relacionado à desigualdade social (econômica-social), criado pelo modo de produção capitalista, que poderia ser estabelecido?

O número de mortos pela fome? Ou, os mortos por doenças relacionadas à falta de saneamento básico?

E, quanto ao estabelecimento de um “ponto de ruptura” relacionado ao racismo/injustiça ambiental? O número (limite) de pessoas de raças/etnias mais vulneráveis (“eticidades ecológicas¹³”) impactadas significativamente pela degradação ambiental? Ou melhor, pessoas que devido a sua raça ou etnia são condenadas a pobreza.

E nesse ponto, se coloca a injustiça ambiental e o racismo ambiental.

Por ‘Justiça Ambiental’ entenda-se o conjunto de princípios que asseguram que nenhum grupo de pessoas, sejam grupos étnicos, raciais ou de classe, suporte uma parcela desproporcional das consequências ambientais negativas de operações econômicas, de políticas e programas federais, estaduais e locais, bem como resultantes da ausência ou omissão de tais políticas. (HERCULANO, 2008, p. 2).

Quanto ao racismo ambiental, Herculano (2008) também comenta:

O conceito diz respeito às injustiças sociais e ambientais que recaem de forma desproporcional sobre etnias vulnerabilizadas. O racismo ambiental não se configura apenas por meio de ações que tenham uma intenção racista, mas igualmente por meio de ações que tenham impacto racial, não obstante a intenção que

¹³ **Etnicidades ecológicas**

Segundo Parajuli, as pessoas no mundo seriam de dois tipos: os ‘biosféricos’, urbanos e metropolitanos que obtêm e utilizam seus recursos de todo o globo terrestre e que, portanto, não dependem dos constrangimentos do ecossistema que habitam, e as ‘eticidades ecológicas’, ou seja, as comunidades cujo sustento e sobrevivência dependem estreitamente do meio natural no qual se inserem. Estas vivem em situações de risco e de vulnerabilidade diante dos grandes empreendimentos que chegam para modificar suas vidas e expulsá-los. Como muito bem analisou Arruti, vivem em ‘territórios de refúgio’, territórios marginais ao capital e que foram mantidos preservados em razão dessa marginalidade e de uma economia de base tradicional, com baixo nível de mercantilização. (HERCULANO, 2008, p. 16-17 – grifo nosso).

lhes tenha dado origem. Diz respeito a um tipo de desigualdade e de injustiça ambiental muito específico: o que recai sobre suas etnias, bem como sobre todo grupo de populações ditas tradicionais – ribeirinhos, extrativistas, geraizeiros, pescadores, pantaneiros, caícaras, vazanteiros, ciganos, pomeranos, comunidades de terreiro, faxinais, quilombolas etc. – que têm se defrontado com a ‘chegada do estranho’, isto é, de grandes empreendimentos desenvolvimentistas – barragens, projetos de monocultura, carcinicultura, maricultura, hidrovias e rodovias – que os expõem de seus territórios e desorganizam suas culturas, seja empurrando-os para as favelas das periferias urbanas, seja forçando-os a conviver com um cotidiano de envenenamento e degradação de seus ambientes de vida. Se tais populações não-urbanas enfrentam tal chegada do estranho, outras, nas cidades, habitam as zonas de sacrifício, próximas às indústrias poluentes e aos sítios de despejos químicos que, por serem sintéticos, não são metabolizados pela natureza e, portanto, se acumulam. (HERCULANO, 2008, p. 16 – grifo nosso).

Mas, por que é mais fácil falar em “Limites Planetários” quando se trata apenas dos meios biótico e abiótico? Por que não existem limites relacionados ao modo de produção?

Talvez, estes questionamentos, ou melhor, a inexistência desses limites, justifiquem o **ANTROPO**ceno, e não outra denominação qualquer.

Não existem limites que relacionem diretamente a vida humana (seu valor) ao modo de produção capitalista. Porque aceitar tais limites seria, definitivamente, aceitar que além de predatório com relação aos recursos naturais, o modo de produção capitalista é também: predatório, injusto e atroz, para com os próprios seres humanos.

Se analisarmos as propostas iniciais para este novo tempo geológico (Quinário, Tecnógeno), associadas basicamente às modificações dos meios geológico e geomorfológicos, e a proposição do Antropoceno, associada às intensas transformações em todos os sistemas socioambientais, é possível se observar grandes diferenças. Talvez, a mais relevante seja a associação das modificações do Antropoceno a significativos riscos e impactos socioambientais, e ao elevado consumo energético. Ou seja, no Antropoceno teríamos o “tecnógeno de risco” (termo proposto por esta pesquisa).

O início do Antropoceno está diretamente relacionado a uma sociedade industrial, uma sociedade tecnológica, que modificou de forma significativa o planeta. Os riscos (conceito que será discutido posteriormente), gerados por estas modificações, começaram a ser percebidos pela sociedade denominada de pós-industrial ou, sociedade do risco.

A associação do Antropoceno ao risco já foi citada anteriormente por Vilches et al. (2008, p.3): “o Antropoceno aparece, não só como uma era de risco, mas antes como uma oportunidade para repensar o comportamento humano e estabelecer as bases de um futuro sustentável”.

Principalmente, no que tange às degradações ambientais e ao risco, se faz relevante citar os atuais discursos social-científicos que têm por objetivos interagir e traduzir teoricamente as ações políticas dos movimentos e organizações sociais que atuam em defesa do meio ambiente mais fortemente a partir do século XX.

Para Beck (1992), a primeira fase da modernidade é representada pelo surgimento da sociedade industrial, que tinha como princípio organizador a questão da produção e distribuição de bens. Beck (1992), como Giddens (1991a), aponta o surgimento de uma segunda fase na modernidade, marcada pelo surgimento da “sociedade de risco”. Uma sociedade que tem como eixo axial não a distribuição de bens, mas de riscos. Dentre esses, os riscos ecológicos são tanto para Beck (1992) como Giddens (1991) os mais emblemáticos nessa mudança. (LENZI, 2006, p. 50).

Os riscos provenientes da SI (Sociedade Industrial) estavam associados à criação e distribuição da riqueza. Encontrava-se em jogo, na SI, a luta entre capital e trabalho pelos frutos e benefícios gerados por um sistema industrial voltado para a criação de bens materiais e serviços. Na SR (Sociedade de Risco), ocorre um processo distinto. A principal disputa não se dá em relação ao acesso e à distribuição desses bens, mas, antes, ao poder de *evitar* ou *distribuir* os males provindos da própria modernização. (LENZI, 2006, p.133).

Para Bell apud Nascimento (1997, p. 77) as principais diferenças entre as sociedades pré-industriais, industriais, e pós-industriais estão nos princípios de ação, nos agentes, e no modo de produção (FIGURA 8). Para o autor a sociedade Pós-Industrial, “movida pela informação e dirigida por técnico-cientistas”, “vence a penúria da sociedade Industrial ou sociedade da escassez”, alterando os modos de produção, e consequentemente, diminuindo impactos e riscos ao meio ambiente.

FORMAS DA SOCIEDADE			
	Pré-Industrial	Industrial	Pós-Industrial
Princípio de ação	Energia material	Energia transferida	Informação
Agente	Camponês e artesão	Capital financeiro e engenheiro	Saber técnico e cientista
Modo	Extração	Fabricação	Transformação e reciclagem

Figura 8. Formas da Sociedade (BELL, 1973 apud NASCIMENTO, 1997, p. 77).

Beck (1995a) apud Lenzi (2006, p. 132) “fornece três critérios básicos para diferenciar os riscos contemporâneos daqueles provindos com a emergência da industrialização do início do século 19 característicos da Sociedade Industrial”:

Diferentemente dos riscos da sociedade industrial inicial, as ameaças nucleares, químicas, ecológicas e biológicas contemporâneas não são (1) delimitáveis, seja social ou temporalmente, (2) imputáveis de acordo com as regras prevalecentes de causalidade, culpa e responsabilidade, e (3) nem compensáveis ou asseguráveis. Onde companhias de seguranças privados recusam a sua proteção, (...) a fronteira entre riscos calculáveis e ameaças incalculáveis é violada permanentemente (BECK, 1995b, p. 2 apud LENZI, 2006, p. 132).

Associado ao risco, percebido por essa sociedade pós-industrial, se apensaram outros conceitos, igualmente complexos, como: “responsabilidade coletiva”; “qualidade ambiental¹⁴”; “Princípio da Precaução”; dentre outros.

É importante sublinhar que a Sociedade Pós-Industrial continua utilizando práticas predatórias, que alimentam o modo de produção capitalista, porém, desenvolveu instrumentos técnicos e normativos com a finalidade de minimizar impactos e riscos, e então, legitimar estas práticas.

2.3 Desafios, caminhos e o fim(?) do ANTROPOCENO

Foram os avanços técnicos e científicos, em grande parte relacionados à globalização, que deram início ao Antropoceno. Globalização, que será abordada nesta pesquisa, segundo Ianni (1966, p. 11), como um processo que expressa um “novo ciclo de expansão do capitalismo, como modo de produção e processo civilizatório de alcance mundial”.

Está em curso novo surto de universalização do capitalismo, como modo de produção e processo civilizatório. O desenvolvimento do modo capitalista de produção, em forma extensiva e intensiva, adquire outro impulso, com base em novas tecnologias, criação de novos produtos, recriação da divisão

¹⁴ **Qualidade Ambiental:** “[...] a qualidade ambiental é o resultado da dinâmica: dos mecanismos de adaptação e, dos mecanismos de auto-superação dos ecossistemas. Assim, com base na teoria sistêmica da evolução, a qualidade ambiental é o resultado da ação simultânea da necessidade e do acaso”. (MACEDO, 1991, p. 14-15).

internacional do trabalho e mundialização dos mercados. As formas produtivas básicas, compreendendo o capital, a tecnologia, a força de trabalho e a divisão transnacional do trabalho, ultrapassam fronteiras geográficas, históricas e culturais, multiplicando-se assim as suas formas de articulação e contradição. Esse é um processo simultaneamente civilizatório, já que desafia, rompe, subordina, mutila, destrói ou recria outras formas sociais de vida e trabalho, compreendendo modos de ser, pensar, agir, sentir e imaginar. (IANNI, 1966, p. 14).

O Antropoceno é real e suas marcas não são benéficas ao planeta, por que o modo de produção que o criou é predatório e, assim, impacta todos os sistemas socioambientais.

Porém, esse “modo de produção e processo civilizatório global” está em crise. Limites bióticos e abióticos de resiliência do planeta estão sendo atingidos e, ultrapassados. Ainda não foram definidos limites sociais, como já discutido anteriormente, porém, já existem evidências, também, de colapso neste sistema.

O crescimento de ações coletivas contra esse modelo dominante está por toda parte. Grupos de negros, camponeses, índios, mulheres, trabalhadores precarizados, que lutam por protagonismo. Por que essa crise civilizatória é a crise da parte protagonista da civilização – “a civilização moderna, ocidental, capitalista, patriarcal e racista – tudo junto e ao mesmo tempo” (ZIBECHI, 2020 – informação verbal) – e não existe mais espaço para esse modelo.

Outra evidência desse caos sistêmico são as pandemias, como a da Covid19.

Sendo assim, caminhos/modelos diferentes, mais assertivos, têm sido apontados para o Antropoceno, pelas mais diversas áreas das ciências:

- O deslocamento do debate sobre as questões ambientais da esfera global para a local (SOUZA, 2000);
- O aproveitamento da riqueza da biodiversidade dos países de clima tropical para a produção de biomassa (VASCONCELLOS e VIDAL, 1998; SACHS, 2002; PORTO-GONÇALVES, 2017) - relação com o conceito de “biorregionalismo” (autossuficiência);
- Reorientação e reestruturação de organizações nacionais e internacionais que visem um sistema de governança mais efetivo (BIERMANN et al., 2012);
- Políticas públicas que incentivem a Educação Ambiental, a Participação Social e as Tecnologias Sociais;

- Políticas públicas que respeitem a sociodiversidade e favoreçam a autogestão de comunidades tradicionais – regionalização de baixo para cima; valorização de outros sujeitos e saberes (HAESBAERT, 2020 – informação verbal) – conceito de região trabalhado sob a perspectiva da prática e normativa; e
- Políticas que tragam instrumentos normativos mais restritivos, relacionados à estabilidade ambiental do uso de água doce (um dos nove Limites Planetários).

Um exemplo de instrumento para autogestão em esfera local é dado por Ostrom (2009). A autora em questão apresenta um Quadro-Referência para coleta de dados a nível de subsistemas socioecológicos (Sistema de Recursos; Unidades de Recursos; Políticas de governança; e Usuários) e suas variáveis intrínsecas. A criação e organização deste banco de dados, para que se acumule conhecimento sobre diversos sistemas, abre a possibilidade de se visualizar a melhor forma de gestão desses.

Milton Santos (2001, p. 20-21) propõe uma mudança no próprio processo de globalização:

Todavia, podemos pensar na construção de um outro mundo, mediante uma globalização mais humana. As bases materiais do período atual são, entre outras, a unicidade da técnica, a convergência dos momentos e o conhecimento do planeta. É nessas bases técnicas que o grande capital se apoia para construir a globalização perversa de que falamos acima. Mas, essas mesmas bases técnicas poderão servir a outros objetivos, se forem postas ao serviço de outros fundamentos sociais e políticos. Parece que as condições históricas do fim do século XX apontavam para esta última possibilidade. Tais novas condições tanto se dão no plano empírico quanto no plano teórico. Considerando o que atualmente se verifica no plano empírico, podemos, em primeiro lugar, reconhecer um certo número de fatos novos indicativos da emergência de uma nova história. O primeiro desses fenômenos é a enorme mistura de povos, raças, culturas, gostos, em todos os continentes. A isso se acrescenta, graças aos progressos da informação, a “mistura” de filosofias, em detrimento do racionalismo europeu. Um outro dado de nossa era, indicativo da possibilidade de mudanças, é a produção de uma população aglomerada em áreas cada vez menores, o que permite ainda maior dinamismo àquela mistura entre pessoas e filosofias. As massas de que falava Ortega y Gasset na primeira metade do século (*La rebelión de las masas*, 1937), ganham uma nova qualidade em virtude da sua aglomeração exponencial e de sua diversificação. Trata-se da existência de uma verdadeira sociodiversidade, historicamente muito mais significativa que a própria biodiversidade. (SANTOS, 2001, p. 20-21).

Neste momento, de desafios e riscos, conceitos como “sustentabilidade” ou “desenvolvimento sustentável” devem ser evitados, por ainda serem muito imprecisos, ou melhor, tendenciosos. É necessário se discutir muito e, talvez, (re)construir estes conceitos, que segundo Acserald, 2018 (informação verbal¹⁵): “surgiram para legitimar a teoria do desenvolvimento”.

Aqui, é possível se estender a fala de Acserald, 2018 (informação verbal), sobre um dos usos do termo “Sustentabilidade”, para os termos “Antropoceno” e os “Limites Planetários”:

[...] essa propensão a apropriação do termo por uma perspectiva economicista (práticas eficientes no uso da matéria/espço/energia) junto ao que alguns adotaram por chamar de lógica NeoMalthusiana, que é fortíssima no debate ambiental desde a segunda metade do século 20, e que é baseada na idéia de escassez, sugere uma ação de controle das quantidades (da população, do crescimento econômico...). Então, para estes, não basta a eficiência, mas deve-se juntar a esta a suficiência, através do controle de quantidades. (ACSERALD, 2018, informação verbal).

Ainda para o autor, esse discurso dominante sobre o termo sustentabilidade, com heranças do Malthusianismo ou da economia neoclássica, deve ser repensado, pois:

[...] desconsidera a diversidade de formas de apropriação material e simbólica do espaço. [...] estão vendo um planeta abstrato comum a todos, um futuro comum a todos, uma humanidade uma, sob uma lógica NeoMalthusiana e, uma perspectiva de mercado sendo capaz de regular todas as esferas da vida social. Ambas pecam, no mínimo, por desconsiderar a vida social tal como ela existe: concretamente na sua diversidade de concepções do espaço material e simbólico. (ACSERALD, 2018, informação verbal).

Na ficção pós-capitalista de Neder (2020) um mundo melhor foi criado, sem intervenção dos bancos, empresários e autoridades do governo a partir de “um movimento, como uma trama de finíssima seda, cujo resultado foi a criação de inúmeras redes informais e grupos comunitários, além de novos empreendimentos associativos nos países capitalistas no Norte e no Sul do planeta”.

¹⁵ Fala no III CONGEO (Congresso Brasileiro Geografia Política, Geopolítica e Gestão do Território), realizado na UFF (Universidade Federal Fluminense), entre 10 e 14 de setembro de 2018, mesa 3. Disponível em: <https://www.congeo2018.org/videos>.

Enfim, muitos caminhos têm sido pensados para se findar, mudar, ajustar, tornar mais justo esse modelo de produção e processo civilizatório GLOBAL. Porém, uma pergunta que devemos nos fazer: qual é a base material que sustenta a globalização?

Para Arellanes (2020) o processo de globalização se sustenta no petróleo. Sendo assim, seria possível já se “marcar” o fim do Antropoceno. Para o autor: “Devemos abandonar os combustíveis fósseis e nos refugiar em energias renováveis, apesar de todas as suas limitações. Mas, à medida em que o suprimento global de petróleo diminuir, a economia estará se desglobalizando.” (ARELLANES, 2020 – grifo nosso).

A partir desta crise final do petróleo, o artista plástico português Tomás Saraceno apresenta o “Aeroceno”, “uma visão do artista para a futura época, um Pós-Antropoceno ainda utópico, em que a humanidade minimiza o impacto sobre os recursos fósseis do planeta habitando cidades aéreas, flutuantes e coletivas” (RITA, 2017, p. 122) – Figura 9 – Desglobalização???

Figura 9. O “Aeroceno” de Tomás Saraceno. Fonte da Imagem: <https://revistacodigo.com/arte/cuestionario-codigo-tomas-saraceno/>.

A partir do que foi discutido neste capítulo, o 3º Capítulo objetiva problematizar sobre: 1) esse modo de produção dominante, capitalista e predatório; e 2) as políticas de desenvolvimento para a Amazônia e o processo de globalização como fatores geradores de: conflitos, impactos e riscos no Antropoceno.

3 AS ATIVIDADES ANTRÓPICAS E OS TECNÓGENOS

*“Toda mata tem caipora para a mata vigiar
Veio caipora de fora para a mata definhar
E trouxe dragão-de-ferro, pra comer muita madeira
E trouxe em estilo gigante, pra acabar com a capoeira*

*Fizeram logo o projeto sem ninguém testemunhar
Pra o dragão cortar madeira e toda mata derrubar
Se a floresta meu amigo, tivesse pé pra andar
Eu garanto, meu amigo, com o perigo não tinha ficado lá”
(FARIAS, 1982)*

3.1 As “práticas espaciais” que geram conflitos e tecnógenos

Porto e Milanez (2009) apontam, com base em documentos disponíveis entre 2002 e 2008 no banco temático da Rede Brasileira de Justiça Ambiental (RBJA), os quatro principais grupos de atividades antrópicas associados à geração de conflitos socioambientais no Brasil: o uso da terra na produção agrícola e animal; a mineração e a produção industrial, em especial indústrias químicas e petroquímicas, e indústrias relacionadas aos ciclos de produção do aço e do alumínio; a produção de energia (Hidrelétricas) e grandes obras de infraestrutura; e a urbanização (conflitos urbanos associados à moradia e infraestrutura das cidades). Os autores ainda comentam sobre os três primeiros grupos:

[...] estão fortemente relacionados à inserção brasileira – e em boa parte latino-americana – no mercado globalizado, através das cadeias de produção de *commodities* rurais e metálicas, bem como às infraestruturas que dão suporte às mesmas, como estradas, usinas hidrelétricas e transposição de bacias como a do rio São Francisco. As monoculturas voltadas ao agronegócio de exportação e a expansão do parque siderúrgico são exemplares em termos de conflitos socioambientais e geração de riscos para a saúde pública. Ambos envolvem desde casos de trabalho semiescravo que lembram os primórdios do capitalismo do século XIX, até riscos tecnológicos que vêm sendo transferidos para países como o Brasil, como as pesadas indústrias siderúrgicas e os agrotóxicos largamente utilizados na produção rural (MILANEZ, 2009). (PORTO e MILANEZ, 2009, p. 1988-1989 – grifo nosso).

Ou seja, a geração de conflitos, e impactos ambientais significativos, está intimamente relacionada ao papel “colonial” que a economia brasileira, através dessas práticas capitalistas (dominantes), ainda desempenha no mundo, agora globalizado.

E sobre essa relação, entre conflitos e impactos e, o processo de globalização, é importante citar a fala de Galbraith (1977, p.8) apud Carvalho (2017, p. 206):

[...]. Não é um conceito sério. Nós, os americanos, o inventamos para dissimular nossa política de entrada econômica nos outros países. E para tornar respeitáveis os movimentos especulativos de capital, que sempre são causa de graves problemas.

No Brasil, tanto essa relação conflituosa, quanto os tecnógenos produzidos por estas atividades, têm sido retratadas das mais diversas formas, principalmente, na região amazônica: pela literatura (FIGURA 10); nos bordados (FIGURA 11); em pinturas e desenhos; dentre outras.

Figura 10. Capa de Livro de Cordel de 2018 de Ceará do Pará (Francisco Valter Pinheiro Gomes) representando: a mineração, e a ferrovia que transporta o minério; a agropecuária; as hidrelétricas; e a cidade. Ao centro, como que sem poder escapar, um homem nitidamente transtornado. Tecnógenos representados: solos modificados pela atividade agrícola; pilhas de minérios; e corpo de barragem.

Figura 11. Arpillera brasileira confeccionada pelo Coletivo Nacional de Mulheres do MAB (Movimento dos Atingidos por Barragens). A peça representa o aumento da violência e da prostituição associadas às construções de barragens da região norte do país. O tecido preto, utilizado pela artesã para representar o corpo da barragem, representa o sentimento de luto de todos os atingidos por estas obras. O tecnógeno representado é o corpo da barragem. (Foto da autora – Exposição: Arpilleras: Bordando a Resistência, Centro Cultural Justiça Federal – Rio de Janeiro/ RJ – em 02/12/2018).

Sobre estes conflitos, Acselrad (2018, informação verbal) afirma que são os diferentes modos de uso dos espaços que entram em conflito. Para o autor, no Brasil, “as práticas espaciais¹⁶” dos grupos dominantes não só esgotam as suas próprias bases materiais, mas avançam para a expropriação das bases materiais de terceiros, grupos não dominantes, que eventualmente resistem, e desencadeiam os conflitos em torno dessas práticas.” Sendo assim: “os conflitos surgem de uma competição instaurada de práticas espaciais distintas”: as formas capitalistas (grandes empreendimentos) e, as formas não capitalistas (seringueiros, quilombolas, indígenas, ribeirinhos...). Portanto, para o autor, não existe dualidade entre sociedade e meio ambiente, mas, existem distintas formas sociais de apropriação e uso dos recursos”.

Podemos dizer que os conflitos ambientais surgem das distintas práticas de apropriação técnica, social e cultural do mundo material e que a base cognitiva para os discursos e as ações dos sujeitos neles envolvidos configura-se de acordo com suas visões

¹⁶ **Práticas Espaciais** - “Fluxos, transferências e interações físicas e materiais que concorrem no e ao longo do espaço de maneira a garantir a produção e a reprodução social” (HARVEY, 1992, p. 201).

sobre a utilização do espaço. Os conflitos se materializam quando essas concepções de espaço são transferidas para o espaço vivido, pois, como lembra a crítica de Lefèbvre (1991), qualquer planejamento, concepção ou representação do espaço é uma redução da realidade conforme a percepção dos seus idealizadores. Quando há disputa entre sentidos atribuídos à natureza por determinados grupos com posições sociais desiguais, os impactos indesejáveis que comprometem a coexistência entre distintas práticas socioespaciais estimulam a organização de membros de grupos sociais atingidos contra a atividade que os gera (ACSELRAD, 2004). (ZHOURI e LASCHEFSKI, 2010, p. 4).

Então, pode-se concluir que o Antropoceno não é apenas um conjunto de limites, índices e indicadores, relacionados a parâmetros físico-químicos e biológicos, que estão sendo ultrapassados, mas um tempo de intensos conflitos e riscos, gerados pelo confronto entre estas distintas práticas espaciais. Ambas as práticas possuem objetivos, legitimidades, atores, e modos de produção extremamente distintos e, conseqüentemente, geram impactos igualmente distintos.

Enquanto a prática capitalista, quando da apropriação e uso dos recursos materiais/naturais, objetiva o lucro (o “desenvolver”); a prática não dominante (não capitalista) objetiva a sua subsistência, e a manutenção do seu modo de viver.

A prática dominante busca sua legitimidade: no discurso normativo, nos impactos políticos e estratégicos¹⁷ e, na Sustentabilidade, esta última, quando apresentada como um termo tecnocrata vinculado às tecnologias “ditas” limpas.

Por outro lado, as práticas não dominantes se legitimam no simbólico, ou seja, na contraposição à dualidade sociedade e natureza.

Mas é importante sublinhar que as comunidades tradicionais, operadoras destas práticas não dominantes, no Brasil, também já possuem uma legitimidade normativa garantida indiretamente, tanto pelo reconhecimento dos “direitos da natureza”, termo utilizado por Carvalho (2018, p.13), como “dos direitos das próximas gerações” (justiça intergeracional), desde a promulgação da Constituição Federal de 1988 (Artigo 225¹⁸).

¹⁷ **Impactos Estratégicos** - “Impactos em componentes ambientais com relevante interesse coletivo ou nacional”. (Deliberação CECA nº 1078/87 – RJ).

¹⁸ **Art. 225.** Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (BRASIL, 1988).

Para Carvalho (2018),

A potencialidade de ampliação das concepções e práticas políticas e também dos ‘contratos’ concebidos por esse conjunto de referências e regulações gerais, presentes na Constituição do Brasil, são evidentes. Muitos desses princípios já estavam em processo de implementação mais concreta, por meio das inúmeras leis regulamentadoras que proporcionariam isso. Porém, ao invés desse potencial continuar se desenvolvendo, a ponto de aproximar-se da consagração de ousadias e ampliações como as que se verificam em alguns dos países latino americanos exemplificados, promoveu-se aqui uma ruptura que ameaça de grave retrocesso todas as ampliações conquistadas a duras penas após a derrocada do regime militar, que até 1985 foi responsável pela ditadura instalada por mais de 20 anos no Brasil. (CARVALHO, 2018, p. 13-14).

Esse confronto entre as diferentes práticas é colocado por Porto-Gonçalves (2018, informação verbal¹⁹) como: “uma luta epistêmica e política”, onde o grupo dominante (capitalista), através do conhecimento técnico, ou seja, da apresentação de tecnologias sustentáveis para a apropriação e uso dos recursos, “associadas à instrumentos de gestão normativos” (representados por licenças, outorgas), tenta, então, desqualificar outros saberes, os saberes dos grupos não dominantes.

Para ilustrar a prática espacial capitalista, Porto-Gonçalves (2018, informação verbal) cita uma frase, do escritor Herman Melville, em *Moby Dick - a Baleia*, romance de 1851, do Capitão Ahab do baleeiro: “todos os meus meios são racionais, só os meus objetivos é que são loucos”. Ou seja, para o grupo dominante somente o uso de tecnologias “ditas” como sustentáveis basta. Já o “louco” objetivo: o da exploração e uso do recurso natural, pura e simplesmente, para gerar renda, acumular capital, este não importa.

Apesar das tecnologias ambientais, de produção e mitigação de impactos, apresentadas pelos grupos dominantes (grandes empreendimentos), estarem ancoradas no conhecimento técnico e científico, são apenas mais uma das ferramentas utilizadas para legitimar a privatização do que é público. Como exemplos, Acselrad, 2018 (informação verbal) cita: “a privatização da atmosfera pelo sistema industrial, do sistema vivo pela transgenia, e dos rios pelas hidrelétricas”.

Ainda sobre os conflitos citados, Vargas (2007, p. 198) comenta:

¹⁹ Palestra de Carlos Valter Porto-Gonçalves no III CONGEO, realizado na UFF (Universidade Federal Fluminense) entre 10 e 14 de setembro de 2018, mesa 3.

[...] são cada vez mais frequentes na realidade dos países da América Latina. Isto em parte é consequência da debilidade na implementação das políticas e esquemas de gestão disponíveis para a regulação do uso e acesso dos recursos naturais. Devem-se considerar também as dinâmicas sociais e econômicas que dizem respeito aos recursos naturais, cada vez mais complexas. É comum que o Estado se encontre sem recursos técnicos, administrativos e/ou financeiros para administrar conflitos em torno do uso dos recursos naturais nos quais existem, por exemplo, grandes assimetrias de poder.

De igual forma, o avanço das ações de desenvolvimento vai colocando desafios à gestão dos recursos na medida em que exerce pressão para seu uso, o que também pode gerar diferentes tipos de conflitos.

Os impactos dos grandes empreendimentos se ramificam por todo o sistema natural, e o avanço do processo de globalização²⁰ soma a estes impactos os conflitos e os riscos.

E é neste momento que os “tecnógenos de risco” aparecem: barragens de rejeitos; extensas áreas de solos quimicamente modificados; depósitos de resíduos e rejeitos de produção; dentre outros.

3.2 As políticas de desenvolvimento da Amazônia e os grandes empreendimentos

Processos históricos, econômicos, políticos e sociais têm conferido à Amazônia o papel colonial. Uma região tributária de grandes estoques de recursos naturais, que atende às demandas das economias centrais.

²⁰ O conceito de globalização nos remete à uniformidade, homogeneidade, porém, ele não ocorre desta maneira, atinge países e pessoas de diferentes formas. Ainda que a economia seja determinante ao processo, ele também atinge várias outras esferas, não podendo ser classificado, simplesmente, como positivo ou negativo. Com relação aos valores éticos, como os direitos humanos, pode-se dizer que o processo de globalização foi altamente afirmativo (SPOSATI, 1997).

Para Silva (2015, p. 2),

A globalização se caracteriza pelo avanço do capital e dos processos de produção em escala global, expandindo-se na forma de produção de mercadorias para todos os continentes, por sua vez, determinando uma dimensão histórica do mundo em todos os lugares. [...]. Um dos atributos do tempo-espço da globalização é sua aceleração.

Como em outras eras, nas regiões periféricas ao capitalismo central, a produção coletiva foi apropriada de forma privada por alguns segmentos da sociedade, entre eles, bancos (Bradesco, Bamerindus e Econômico), montadoras de automóveis (Volkswagen), negociantes de outras praças; enquanto os passivos sociais e ambientais foram e continuam sendo compartilhados pelas populações locais.

Projetos estabelecidos no II Plano de Integração Nacional (PIN), na década de 70, continuam a servir como bússola para os planos atuais, baseados em eixos de integração de transporte, energia e comunicação, que dialogam diretamente com as propostas estabelecidas na macro política da Iniciativa de Integração Regional Sul-Americana (IIRSA), datada dos anos iniciais da década de 2000.

Wanderley (2018), que discute a organização espacial amazônica no século XXI a partir dos conceitos de fronteira e pós-fronteira²¹, coloca:

A Amazônia como região em formação (ou em constante reorganização e reestruturação) inserida ao sistema capitalista existe desde a expansão da economia mundial, no século XVI. Contudo, o termo que se refere à região localizada no extremo norte do Brasil foi empregado, pela primeira vez, a partir da inserção da economia regional na divisão internacional do trabalho, ou seja, quando o boom da borracha (1850-1912) vinculou a extração de látex local ao comércio internacional, direcionando-a aos países centrais (MACHADO, 1997). A economia da borracha promoveu o primeiro estímulo na construção social da unidade regional, mesmo que este tenha sido concebido externamente (BECKER, 2005). Nesse período, a fronteira política na Amazônia se definiu em concomitância com a ocupação efetiva do território. Os limites políticos foram estabelecidos em decorrência de acordos e tratados entre os governos nacionais dos países limítrofes. (WANDERLEY, 2018, p.16-17).

Uma breve história geopolítica da Amazônia é feita por Porto-Gonçalves, no livro: *Amazônia: Encruzilhada Civilizatória*, de 2017.

²¹ **Pós-fronteira**

Apesar das várias análises acadêmicas que interpretam que a Amazônia estaria, atualmente, em um estágio de pós-fronteira, segue pertinente entender esta região pelo viés da fronteira – entretanto, não mais como uma fronteira restrita aos limites nacionais, mas inserida no bojo da integração sul-americana e sob a cobiça do capital global, que a compreende como a fronteira do capital natural ou umas das últimas grandes fronteiras de acumulação no mundo. ” (WANDERLEY, 2018, p. 13).

O autor fragmenta a geopolítica amazônica em, basicamente, três ciclos: o primeiro, de 1500 até 1960, quando:

[...] todas as incursões capitalistas moderno-coloniais sobre a Amazônia foram descontínuas no espaço e no tempo, configurando frentes de expansão/invasão localizadas. Até então prevaleciam múltiplas práticas culturais conformadas durante milênios com base num metabolismo de altíssima produtividade biológica, sobretudo depois do Holoceno [...]. Considere-se que, desde que os invasores europeus chegaram à região até os anos 1960, prevaleceu o que os historiadores chamaram de ciclo das “drogas do sertão”, onde centenas de produtos conformavam uma pauta de exportações onde nenhum produto ultrapassava mais de 3% do total exportado, com exceção do curto período de 1870-1910/1920 do ciclo *gomero* (borracha/caucho). Desde 1960, entretanto, uma nova configuração sociodemográfica começa a se impor e a se contrapor a esse padrão de ocupação ancestral/histórico. (PORTO-GONÇALVES, 2017, p. 31).

Um segundo ciclo, pós anos 1960, inicia a fase dos megaprojetos. Este segundo ciclo marca, para o autor, uma primeira ruptura sociometabólica da Amazônia, onde começa a se estabelecer uma nova dinâmica de matéria e energia no espaço.

Foi devido a este momento, de implantação de megaprojetos, “decisivo e dramático” (CIVITA, 1971), que em outubro de 1971, a revista Realidade lançou uma edição especial sobre a Amazônia. A edição foi fruto de cinco meses de uma cara viagem pela Amazônia, e justificada pelo então editor chefe, o próprio Civita, pelo absurdo resultado de uma pesquisa de opinião pública sobre a região: “a opinião pública do país acha que “os estrangeiros” podem roubar a Amazônia, mas não tem sequer uma noção razoável sobre o tamanho e sua história”. (CIVITA, 1971, p.3).

O editorial apresenta o seguinte resultado desta pesquisa, dentre outros, realizada especialmente para a edição, em São Paulo, Porto Alegre e Rio de Janeiro:

67% das pessoas acreditam que a Amazônia está ameaçada de cair sob o controle estrangeiro. E, ao mesmo tempo: 42% acham que a Cabanagem²² é um estilo de residência amazônica (é o nome da mais sangrenta revolta política da história brasileira); 46% pensam que a Amazônia tem menos de 30% da área do país (tem 59,4%); 61% julgam que a Transamazônica passa dentro ou perto de Manaus (são tão distantes quanto o Rio de São Paulo) [...]. (CIVITA, 1971, p. 3).

Contudo, para Civita (1971, p.3),

A edição especial de REALIDADE, não tenta apenas informar corretamente a opinião pública brasileira sobre o maior de todos os seus mitos, A Amazônia. É também uma tentativa de documentar o instante mais extraordinário da vida dessa última grande reserva natural do planeta. Os sinais desse momento decisivo são dramáticos: estão sendo abertos no coração da floresta 12.000 quilômetros de rodovias (quatro vezes a extensão das rodovias federais ali existentes); nos últimos quatro anos foram instaladas ou projetadas quase trezentas fazendas de gado para a região, algumas com o tamanho de países europeus; há uma corrida nacional e internacional em busca das riquezas do subsolo amazônico e ela é o grande acontecimento atual do mundo da mineração; o governo promete colocar na Amazônia, em cinco anos, 100.000 famílias, um êxodo comparável ao do povo hebreu.

Então, esta fase, que se iniciou de forma feroz sob a bandeira do “integrar para não entregar”, tinha por principal característica o total desconhecimento e desrespeito para com a sociobiodiversidade da região, principalmente, por parte dos tomadores de decisão. Como exemplo deste desrespeito, caberia aqui citar a emblemática frase do “presidente” da Fundação Nacional do Índio da época, Bandeira de Mello (1971, p.12): “Devemos levar o progresso ao índio” – Em entrevista dada a Revista Realidade, Edição Especial Amazônia. Infelizmente, este total desconhecimento e preconceito para com os povos indígenas, e outras tantas comunidades tradicionais amazônidas, continua até hoje. Esta

²² **Cabanagem** (RICCI, 2007, p. 6):

“A revolução social dos cabanos que explodiu em Belém do Pará, em 1835, deixou mais de 30 mil mortos e uma população local que só voltou a crescer significativamente em 1860. Este movimento matou mestiços, índios e africanos pobres ou escravos, mas também dizimou boa parte da elite da Amazônia. O principal alvo dos cabanos eram os brancos, especialmente os portugueses mais abastados. A grandiosidade desta revolução extrapola o número e a diversidade das pessoas envolvidas. Ela também abarcou um território muito amplo. Nascida em Belém do Pará, a revolução cabana avançou pelos rios amazônicos e pelo mar Atlântico, atingindo os quatro cantos de uma ampla região. Chegou até as fronteiras do Brasil central e ainda se aproximou do litoral norte e nordeste. Gerou distúrbios internacionais na América caribenha, intensificando um importante tráfico de ideias e de pessoas”. (RICCI, 2007, p. 6).

mesma fala de Bandeira de Mello já foi replicada várias vezes pelo atual governo de Jair Bolsonaro (eleito em 2018) e, também, faz parte do repertório da grande maioria de seus apoiadores. Tal perspectiva, com relação à sociodiversidade amazônica, permanece como orientadora das políticas desenvolvimentistas até hoje.

Somente ao longo dos anos 1990, se inicia um novo ciclo, não menos devastador, e uma nova “ruptura sociometabólica”. O capital industrial começa a se transladar para a Ásia, e novas relações sociais e de poder se estabelecem. A partir deste ponto começa a se desenhar o que se constituiu em um plano de desenvolvimento regional para a América Latina, um fórum de integração firmado em 2000, o IIRSA (Iniciativa de Integração Regional Sul-Americana), um “megaprojeto que estrutura vários megaprojetos” (PORTO-GONÇALVES, 2017, p. 43). Sobre o IIRSA:

Cabe assinalar, por suas implicações para as áreas/regiões que vão ser afetadas pelas obras da IIRSA, alguns conceitos que fundamentam a nova gestão territorial com seus Eixos de Integração e Desenvolvimento (EID) que são pensados para facilitar o fluxo de mercadorias através de “corredores”. Não é mais *região* o conceito estruturante, mas, sim, o de *Eixos* e seus *Corredores*, enfim, o fluxo é mais importante que o espaço como um todo do qual a região é parte. Para isso, foram propostos com o IIRSA dez eixos de integração, dos quais cinco incidem diretamente sobre a Amazônia. (PORTO-GONÇALVES, 2017, p. 41).

“Conflitos, desmatamento e de caos nos rios” acompanham os eixos de desenvolvimento da IIRSA (Iniciativa de Integração Regional Sul-Americana) – Porto-Gonçalves, 2017, p. 59.

Este novo metabolismo amazônico movido, principalmente, pela energia das hidrelétricas, é denominado por Rocha (2012) como “integração desintegradora”.

Pode-se afirmar que a Amazônia (Legal²³) de hoje é um imenso mosaico fronteiriço, que vai além do já existente – Figura 12. “Não há mais fronteira modernizadora. Em vez disso, há tantas novas linhas de conflitos que uma Gaia-política totalmente diferente passa agora a redesenhar todos os mapas”. (LATOUR, 2014, p. 28).

²³ A **Amazônia Legal** abrange os estados da Região Norte (Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins), o estado de Mato Grosso e os municípios do estado do Maranhão situados a oeste do meridiano 44°. É composta por 775 municípios e ocupa uma superfície de aproximadamente 5 milhões de km², 61% do território brasileiro (IBGE, 2016a), com uma população de 27,9 milhões de habitantes, 13,4% da população nacional. (SANTOS et al., 2017, p.104).

Os grandes empreendimentos que chegam a Amazônia atual podem ser divididos em dois grandes grupos: os empreendimentos voltados à produção de commodities (mineração, agropecuária...); e os empreendimentos que chegam para dar suporte a essa produção, ou seja, os empreendimentos de infraestrutura, como por exemplo: hidrelétricas, rodovias, hidrovias e portos.

O momento atual, de RESISTÊNCIA aos impactos socioambientais, que se acumulam e interagem na Amazônia, derivados desses grandes empreendimentos, remete à definição mais naturalizada de “território”, onde o Estado reconheça, e não anule, a interação: sociedade e meio ambiente.

Para Souza (2017, p. 86) uma “forma de se abordar a temática da territorialidade, mais abrangente e crítica, pressupõe não propriamente um descolamento entre as dimensões política e cultural da sociedade, mas uma flexibilização da visão do que seja território”.

Aqui, o território será um *campo de forças*, uma *teia* ou *rede de relações sociais* que, a par de sua complexidade interna, define, ao mesmo tempo, um *limite*, uma *alteridade*: a diferença entre “nós” (o grupo, os membros da coletividade ou “comunidade”, os *insiders*) e os “outros” (os de fora, os estranhos, os *outsiders*). (SOUZA, 2017, p. 86).

Figura 12. Amazônia Legal. (Imagem disponível em: <https://www.ceert.org.br/noticias/direitos-humanos/16144/estados-da-amazonia-legal-concentram-metade-dos-flagrantes-de-trabalho-escravo>).

Segundo Souza (2000),

[...] um exemplo da atuação nefasta das grandes empresas e da concentração de renda e mercado são as várias exigências feitas pelas grandes empresas para que se instalem em determinado município ou estado. Frequentemente, a instalação sem o estudo de viabilidade ambiental é barganhada pela “geração de empregos” como se fossem excludentes. No caso de países como o Brasil, essa prática, como regra, compromete os investimentos sociais e o fluxo de pagamentos destes, sendo que a população não tem instância para se manifestar adequadamente. (SOUZA, 2000, p. 94).

Para Santos (2013, p. 47):

O processo de globalização acarreta a mundialização do espaço geográfico, cujas principais características são, além de uma tendência à formação de um meio técnico, científico e informacional: a transformação dos territórios nacionais em espaços nacionais da economia internacional; a exacerbação das especializações produtivas no nível do espaço; a concentração da produção em unidades menores, com o aumento da relação entre produto e superfície – por exemplo na agricultura; a aceleração de todas as formas de circulação e seu papel crescente na regulação das atividades localizadas, com fortalecimento da divisão territorial e da divisão social do trabalho e a dependência deste em relação às formas espaciais e às normas sociais (jurídicas e outras) em todos os escalões; a produtividade espacial como escolha das localizações; o recorte horizontal e vertical dos territórios; o papel da organização e dos processos de regulação na constituição das regiões; e a tensão crescente entre localidade e globalidade à proporção que avança o processo de globalização.

Neste mercado globalizado, a intensa produção de commodities primárias no Brasil coloca em evidência o papel colonial do país. Na figura abaixo (FIGURA 13) são mostrados os principais produtos de exportação brasileira em ordem decrescente.

6	Descrição	2020	2019	PART.2020	PART.2019	VAR.% 2020/2019
7	TOTAL GERAL	49.520.652.149	51.167.980.496	.	.	-3,22
8						
9	Óleos brutos de petróleo	6.318.491.591	5.329.042.992	12,76	10,41	18,57
10	Soja mesmo triturada	6.194.067.136	5.664.326.603	12,51	11,07	9,35
11	Minérios de ferro e seus concentrados	4.612.558.554	4.652.386.844	9,31	9,09	-0,86
12	Óleos combustíveis (óleo diesel, fuel-oil, etc.)	1.671.380.054	623.231.838	3,38	1,22	168,18
13	Carne de bovino congelada, fresca ou refrigerada	1.623.623.468	1.257.853.431	3,28	2,46	29,08
14	Celulose	1.523.259.155	2.205.850.978	3,08	4,31	-30,94
15	Carne de frango congelada, fresca ou refrig.incl.miudos	1.494.088.895	1.378.667.049	3,02	2,69	8,37
16	Demais produtos manufaturados	1.228.249.555	1.531.909.292	2,48	2,99	-19,82
17	Café cru em grão	1.148.023.999	1.226.080.987	2,32	2,40	-6,37
18	Farelo e resíduos da extração de óleo de soja	1.145.948.040	1.309.667.821	2,31	2,56	-12,50
19	Açúcar de cana, em bruto	1.080.782.175	796.260.178	2,18	1,56	35,73
20	Produtos semimanufaturados de ferro ou aços	980.173.624	1.052.781.740	1,98	2,06	-6,90

Figura 13. Os doze principais produtos de exportação brasileiros (acumulado de janeiro a março). (Imagem disponível em: <http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/balanca-comercial-brasileira-acumulado-do-ano>. Acesso em 20/04/2020).

A partir do exposto acima, serão apresentadas, a seguir, as principais atividades geradoras de conflitos (PORTO E MILANEZ, 2009) e, os possíveis impactos²⁴ e tecnógenos associados à estas.

Esta associação entre atividades antrópicas e tecnógenos (ou depósitos tecnogênicos ou depósitos antrópicos ou depósitos antropogênicos) pode ser relacionada à proposta feita por Nolasco (1998), que classifica os depósitos tecnogênicos, segundo o ambiente de formação continental em: industriais, mineiros, urbanos e, rurais ou agropecuários.

É importante sublinhar que: o tipo (biótico, abiótico, social); a origem (direto, indireto); a magnitude (alto, médio, baixo); a abrangência (local, regional); a temporalidade (permanente, sazonal); a reversibilidade; a sinergia; e a acumulação dos impactos socioambientais e os tecnógenos gerados, estão diretamente relacionados à fase do empreendimento: fase de planejamento/pesquisa (mineração); fase de implantação; fase de operação; ou fase de encerramento.

²⁴ **Impacto ambiental** – Neste trabalho, o termo “impacto ambiental” será entendido como qualquer alteração no meio ambiente, natural ou antrópica, positiva ou negativa (Fonte: a autora). O termo também é definido no artigo 1º da Resolução CONAMA nº 001/1986 como:

[...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais. (BRASIL, 1986, grifo nosso).

Porém, para alguns autores, como Mirra (2006) e Moreira (1999), o termo impacto ambiental, sob a luz da Resolução CONAMA 001/1986, e do Capítulo VI, Art. 225, Parágrafo 1º, Inciso IV, da Constituição Federal de 1988, possui uma conotação apenas negativa.

IV - Exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade. (BRASIL, 1988).

Esta interpretação, equivocada, ignora o Artigo 6º, inciso 2, da mesma Resolução CONAMA 001/1986, que estabelece como uma das atividades obrigatórias do Estudo de Impacto Ambiental:

II - Análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, através de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais. (BRASIL, 1986, grifo nosso).

3.2.1 Agropecuária

Parte dos conflitos mencionados estão associados aos latifúndios produtores de commodities, na sua grande maioria obtidos por meio de grilagem²⁵, principalmente, na região do sudeste paraense (TERENCE, 2018), o que tem causado a expropriação de comunidades indígenas, quilombolas e o êxodo rural.

[...] a vocação pecuária e de exploração mineral para a Amazônia fora descoberta pelo então ministro Delfim Netto. Essa descoberta encravou a Amazônia entre a cruz e a espada: por um lado os impactos oriundos da pecuária; na outra ponta a mineração, uma atividade metodologicamente organizada que atrai um grande fluxo populacional e uma maior pressão por recursos naturais. (RIBEIRO JR. e MARINHO, 2013, p. 36).

Em 1971, o já aposentado, ex-ministro do Superior Tribunal Militar, Olympio Mourão Filho (1971, p. 9) alertava: “Um absurdo o que se faz atualmente na Amazônia. Acabaremos transformando a selva num deserto”. Ainda mencionava, na época, a não adequabilidade dos solos da região para a agricultura:

Ora, o pouco que se sabe da Amazônia desautoriza tudo o que vem sendo feito até agora. Os solos, por exemplo, são constituídos em geral de laterita²⁶, areia de variada granulção e gorgulho, absolutamente impróprios para a agricultura. Nos lugares onde o homem predador desmata, fica a sílica estéril, de alta acidez, que não permite a nitrificação, pela impossibilidade de existência, naquele solo, de bactérias. A laterização consequente conduz à aridez e ao deserto. (MOURÃO FILHO, 1971, p. 9).

Ainda sobre a falta de conhecimento da região, Porto-Gonçalves comenta:

Esses *fronts* de colonização, por desconhecerem a complexidade da relação solo-floresta-água/clima, aguçam com suas práticas inadequadas os processos de laterização, lixiviação²⁷ e erosão dos

²⁵ **Grilagem:**

“É a ocupação irregular de terras, a partir de fraude e falsificação de títulos de propriedade. O termo tem origem no antigo artifício de se colocar documentos novos em uma caixa com grilos, fazendo com que os papéis ficassem amarelados (em função dos dejetos dos insetos) e roídos, conferindo-lhes, assim, aspecto mais antigo, semelhante a um documento original. A grilagem é um dos mais poderosos instrumentos de domínio e concentração fundiária no meio rural brasileiro”. (INCRA, 2020).

²⁶ **Laterita:** Os solos lateríticos são materiais formados a partir do processo intenso de intemperização em solos residuais de zonas tropicais e úmidas, onde as elevadas temperaturas e abundantes precipitações produzem a infiltração da água no solo provocando a lixiviação de partículas finas e alguns cátions básicos, deixando no solo as partículas pesadas como o ferro e o alumínio. (ARAÚJO e NETO, 2014).

²⁷ **Lixiviação:** Em geoquímica ou geologia de modo geral, usa-se para indicar qualquer processo de extração ou solubilização seletiva de constituintes químicos de uma rocha, mineral, depósito sedimentar, solo, e etc.,

solos e, com a queda de produtividade dos solos assim expostos, alimentam a expansão desordenada de terras abandonadas por camponeses que saem em busca de outras mais à frente. E, deste modo, temos a reprodução ampliada do complexo de violência e devastação onde os pequenos agricultores “amansam” a terra para os grandes proprietários que se apropriam dessas terras – nem sempre por compra – para criar gado ou, simplesmente, como reserva de valor. (PORTO-GONÇALVES, 2017, p. 58).

Mas este modelo de “desenvolvimento/colonização agrícola”, iniciado na década 70, para o qual camponeses/quilombolas/ribeirinhos/povos da floresta/indígenas eram (e continuam sendo) invisíveis, vem sofrendo intensas modificações²⁸. Modificações acarretadas pelo processo de globalização e seus avanços, e que favorecem ainda mais a transformação do espaço em mercadoria. Avanços tecnológicos e de informação que adaptaram o solo para a agricultura, expandiram a pecuária e verticalizaram a produção.

Sobre esta expansão da produção bovina, Santos et al. (2017) comentam:

Na Amazônia, a pecuária bovina vem exibindo intenso crescimento desde o início da década de 1970, estimulada por grandes projetos de infraestrutura e de colonização agrícola que impulsionaram o fluxo migratório para a região e motivou, também, a expansão da pecuária de corte e leite (Valentin & Andrade, 2009; Dias-Filho, 2012). A partir da década de 1990, esse ritmo se intensificou, em todos os estados, em função dos incentivos da política de crédito rural e da expansão da rede de frigoríficos e laticínios (Santos et al., 2007; Martins et al., 2008). (SANTOS et al. 2017, p. 104).

E ainda:

No período 1990-2015, o rebanho bovino regional cresceu a uma taxa de 5% ao ano, enquanto o crescimento agregado do rebanho brasileiro foi de 1,7% ao ano. Com isso, a participação da Amazônia no rebanho nacional, que em 1990 era de 18,1%, atingiu, em 2015, 39,1%, com efetivo de aproximadamente 84,2 milhões de cabeças (IBGE, 2016c). Nesse período, todos os estados da Amazônia exibiram taxas superiores ao crescimento nacional, evidenciando o avanço da pecuária na Amazônia.

pela ação de um fluido percolante. (LIXIVIAÇÃO. In: Glossário. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/>).

28

As novidades na fronteira em mutação ocorreram em função das inovações técnicas incorporadas ao processo produtivo, sejam elas mecânicas, físico-químicas e biológicas, que impuseram padrões de competitividades e de rentabilidades ao processo produtivo. As empresas do agronegócio controlam a circulação das commodities, dado que a acumulação capitalista se concentra no processo de circulação da mercadoria, o que institui um novo uso do território a partir do controle dos fluxos. Ao tornar o espaço mais conectado às cadeias produtivas nacional e internacional, os novos circuitos espaciais de produção e os círculos de cooperação fragmentam as sub-regiões produtoras da Amazônia. (SILVA, 2015, p.10).

Atualmente, a pecuária bovina é a principal atividade do agronegócio regional e, em 2015, foi responsável por 25,3% do valor da produção agropecuária da Amazônia (Brasil, 2016a). (SANTOS et al. 2017, p. 104).

Os autores ainda concluem que, apesar dos municípios produtores adotarem diferentes tecnologias, os que utilizam alto e médio nível tecnológico “ainda possuem as maiores taxas de desmatamento”. (SANTOS et al. 2017, p.109).

Sobre a produção agrícola, Silva (2015) comenta:

Em duas décadas (1990 a 2010), a área plantada com soja na Amazônia aumentou de 1.573.404 hectares para 6.995.455 hectares, um crescimento de 345%. [...]. Quanto à produção de grãos, para o mesmo período, houve um deslocamento espacial da soja, migrando da região Sul e Sudeste para o Centro-Oeste, se territorializando, principalmente, no estado do Mato Grosso que se localiza no sul da Amazônia Legal. Em 1990, Amazônia produziu 5.799.580 toneladas de grãos de arroz, milho e soja, ao passo que em 2010 essa quantidade ficou em 32.602.716 toneladas, cuja variação foi de 462% [...]. A produção de soja, em 2010, foi de 20.918.899 toneladas, representando 64,16% do conjunto de grãos produzidos na Amazônia. O estado do Mato Grosso concentra 89,81% da soja produzida na região, e 27% do Brasil, despontando como o principal produtor de soja do país [...]. Significa, portanto, que de um espaço agrícola de subsistência ou de pouco excedente, caracterizado pela atividade extensiva e de pouca tecnologia, o sul da Amazônia se transformou, ainda que de forma sub-regional e fragmentada, em um espaço da globalização das grandes empresas do agronegócio (tradings), cujos agentes hegemônicos territorializaram seus projetos econômicos com apoio dos governos e elites regionais, metamorfoseando o espaço num território corporativo do capital. O avanço da produção de grãos [...], com destaque para a produção de soja, foi induzido estrategicamente pelas grandes empresas nacional e internacional. Localizando-se nas sub-regiões produtoras e instalando novos sistemas de objetos (bases logísticas), o capital modificou a composição técnica do território, cuja fluidez territorial é se tornou um dos atributos relevantes para a expansão do comércio internacional na região. (SILVA, 2015, p. 9-10).

Terence (2018) apresenta, a partir de dados do IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017), o crescimento da área plantada de soja no sudeste paraense entre 2006 e 2016 – Figura 14.

Figura 14. Evolução da área plantada de Soja no Sudeste Paraense, entre os anos 2006 e 2016.
Fonte: IBGE, 2017 org. Terence (2018, p.169).

Quanto aos impactos ambientais relacionados ao avanço da produção de soja sobre a Amazônia, Staevie (2018) pontua:

Autores como Fearnside (2000), por exemplo, vêm com preocupação esta expansão da sojicultura pelo território amazônico. Nas palavras do autor, “a soja representa uma recente e poderosa ameaça à biodiversidade na Amazônia brasileira” [...]. Para ele, o problema não reside apenas na lavoura de soja propriamente dita, mas também no que chama de “efeito de arrasto”, investimentos em infra-estrutura que provocam a destruição e fragmentação de imensas áreas de floresta. (STAEVIE, 2018, p. 104).

Porém, os impactos causados por estas atividades vão muito além dos sistemas naturais. Todos estes avanços da agropecuária (principalmente por meio de grilagem), e dos projetos de infraestrutura que os acompanham, continuam a ignorar as comunidades que já habitavam a região, acarretando uma série de intensos conflitos por terra.

Ainda sobre esta Amazônia (I)?Legal:

No Brasil, a propriedade privada da terra vai ser (de)formada ao longo dos séculos, fundamentalmente a partir da apropriação ilegal do patrimônio público. O descaso do Estado em combater as ilegalidades sempre foi regra no processo de formação da grande propriedade privada da terra. Desde as concessões de

sesmarias, passando pela aplicação da Lei de Terras de 1850 e chegando na atual onda de regularizações fundiárias na Amazônia Legal, a norma seguinte sempre foi criada para consolidar e pacificar a ilegalidade cometida na apropriação de terras [...]. (TERENCE, 2018, p. 31).

A grilagem de terras na Amazônia avança também sobre as UCs – Unidades de Conservação, como no Parque Nacional dos Pacaás Novos²⁹ em Rondônia, criada em setembro de 1979 e que tem por órgão gestor o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.

Um acampamento de grileiros, no Parque Nacional dos Pacaás Novos em Rondônia, foi desmantelado pela Polícia Militar e agentes do Instituto Chico Mendes na penúltima semana de julho de 2018. Segundo o Instituto mais de dois mil hectares de Floresta Amazônica se transformaram em capim para gado somente neste Parque. “Depois de escolher a área, eles demarcam os terrenos, limpam o espaço e jogam sementes de capim”. (G1, 2018).

Os grileiros avançam de forma violenta sobre a floresta e sobre os assentamentos. Na madrugada do dia 28/07/2018, as famílias despejadas no final de 2017 do acampamento Hugo Chaves, ocupação de uma área denominada fazenda Santa Tereza, no município de Marabá, no sudeste do Pará (FIGURA 15), que haviam voltado ao local, e ainda estavam reconstruindo os barracos, foram surpreendidas por um grupo de homens que chegou atirando e ateando fogo em veículos e barracos já instalados. Segundo o Coletivo Brigadas Populares:

Foram três horas de terror. As famílias desprotegidas, em desesperos iam abandonando os barracos ao mesmo tempo em que os pistoleiros derrubavam e ateavam fogo, sem que as pessoas pudessem tirar seus pertences. Movidos pela fúria de destruição os pistoleiros atearam fogo também nos veículos que ali se encontravam (carros, motos...). A direção do movimento recorreu à Delegacia Especial de Conflitos Agrários. O Delegado deixou claro que não iria intervir, segundo relato de uma das coordenadoras do movimento. Há denúncias da participação de

²⁹ **Parque Nacional dos Pacaás Novos**

Objetivos da UC Parque Nacional dos Pacaás Novos: Preservar amostra representativa de transição entre o Cerrado e a Floresta Amazônica. Proteger as cerca de duas mil nascentes de três principais sub-bacias do Estado de Rondônia. Contribuir para a integridade do Mosaico Central de Rondônia. Proteger espécies da fauna e da flora ameaçadas de extinção e espécies endêmicas vegetais da família Podocarpaceae. Preservar as belezas cênicas da região, dentre elas o Pico do Tracoá, ponto mais alto do estado, com 1230 m. (MMA, 2020).

policiais da DECA nessa covardia contra as famílias acampadas. (BRIGADAS POPULARES apud ALMEIDA, 2018).

Figura 15. Acampamento Hugo Chaves no município de Marabá (PA) em 28/07/2018. (Imagem disponível em: <https://www.sul21.com.br/ultimas-noticias/geral/2018/07/mst-denuncia-ataque-de-pistoleiros-a-assentamento-em-maraba-pa/>).

Segundo o Coletivo Brigadas Populares, o responsável pelo ataque foi o grileiro Rafael Saldanha.

Rafael Saldanha é um dos maiores usurpadores de terras públicas no sudeste do Pará, membro do grupo que articula policiais, milícias e pistoleiros para atacar trabalhadores rurais na região, é suspeito de participar da articulação que na década de 1990 mandou assassinar duas lideranças do MST, Fusquinha e Doutor. (BRIGADAS POPULARES apud ALMEIDA, 2018).

Ainda sobre estes conflitos Porto-Gonçalves (2017) cita:

Segundo a CPT (Comissão Pastoral da Terra), desde 2006, no Brasil, registra-se que as populações tradicionais são as maiores vítimas do avanço agrário/agrícola, pois é na Amazônia que estão 60% das localidades onde ocorrem conflitos. Segundo o Conselho Indigenista Missionário, mais de 560 lideranças indígenas foram assassinadas entre 2005 e 2015 no Brasil. (PORTO-GONÇALVES, 2017, p. 58).

A própria Comissão Pastoral da Terra (CPT) divulgou em 16 de abril de 2018 os dados de assassinatos ocorridos em conflitos por terras em 2017, com um aumento de 15% em relação ao ano anterior (FIGURA 16)

Figura 16. Assassinatos ocorridos entre 2003-2017, segundo a CPT (2018). (Imagem disponível em: <http://caritas.org.br/cpt-divulga-novos-dados-sobre-violencia-no-campo-e-denuncia-ataques-hackers/38404>).

Os assassinatos de trabalhadores e trabalhadoras rurais sem-terra, de indígenas, quilombolas, posseiros, pescadores, assentados, entre outros, tiveram um crescimento brusco a partir de 2015. O estado do Pará lidera o ranking de 2017 com 21 pessoas assassinadas, sendo 10 no Massacre de Pau D'Arco; seguido pelo estado de Rondônia, com 17, e pela Bahia, com 10 assassinatos. (CARITAS, 2018) – FIGURA 17.

Figura 17. Ranking de assassinatos em 2017, segundo a CPT (2018). (Imagem disponível em: <http://caritas.org.br/cpt-divulga-novos-dados-sobre-violencia-no-campo-e-denuncia-ataques-hackers/38404>).

Em 07 de outubro de 2019, a Procuradoria da República do Pará publicou a seguinte notícia:

A empresa Marca Vigilância foi contratada por fazendeiros para ameaçar e expulsar moradores de área ribeirinha que pertence à União. Entre os contratantes estão Rafael Bemerguy Sefer, filho do ex-deputado estadual Luiz Sefer, Marcos Antonio Fachetti, proprietário de outra fazenda, e seu filho Marcos Antonio Fachetti Filh. Famílias apavoradas procuraram o Ministério Público Federal (MPF) nos últimos dez dias em Marabá (PA). Eram moradores ribeirinhos de três áreas às margens do rio Tocantins conhecidas como: Lago dos Macacos, Comunidade Flor do Brasil e o Projeto de Assentamento (P. A.) Diamante, os dois últimos ocupados por assentados com títulos de uso de suas terras, e o primeiro em processo de autorização pela Secretaria de Patrimônio da União. Eles vivem um cotidiano de pesadelos desde que fazendeiros vizinhos, com o objetivo de expandir suas terras, contrataram a empresa Marca Vigilância e passaram a invadir os pequenos lotes dos ribeirinhos e a ameaçá-los, apontando armas até para crianças, ordenando que saíssem de suas casas, chegando, inclusive, a atear fogo em alguns barracos. Concomitantemente a isso, os fazendeiros contrataram um trator de esteira para abrir caminho em meio à vegetação, destruindo plantações, com possível impacto ambiental de substancial proporção. Na última semana de setembro, a pedido do MPF, uma equipe da Polícia Rodoviária Federal prontamente se dirigiu ao local e flagrou oito homens, supostamente contratados da empresa Marca Vigilância, fazendo uma barreira armada na estrada que leva à comunidade ribeirinha, para impedir que moradores saíssem ou voltassem para suas casas. A barreira ficava localizada em terras da União – em área que não pertence a nenhuma das fazendas. As armas dos vigilantes foram apreendidas e foi feita uma certidão de ocorrência, mas, para cessar as violências contra os assentados, o MPF ajuizou um pedido cautelar a fim de suspender o contrato de prestação de serviços da Marca Vigilância e paralisar todas as atividades de demarcação e expansão das fazendas. (MPF/PARÁ, 2019).

A ilegalidade e a violência, associada à expansão do agronegócio na região Amazônica, abraçam também, e com a mesma força, um grande número de impactos bióticos e abióticos: diretos, indiretos, negativos e, geralmente, cumulativos, alguns já mencionados anteriormente.

Sobre essa associação de impactos sociais e ambientais, Camacho (2012) comenta:

O agronegócio, pelas suas características principais: a concentração de terra e renda, a monocultura, o uso intensivo de agrotóxicos, a mecanização, a produção de commodities, exploração intensa da mão de obra, o uso de transgênicos etc. mostra-se um modelo insustentável. (CAMACHO, 2012, p. 2).

Ainda sobre o “agronegócio” Camacho (2012) cita:

Conforme explica João Pedro Stedile (2006), apesar de a palavra agronegócio significar qualquer operação comercial de produtos agrícolas, no Brasil esse conceito ganhou uma nova significação, está relacionado com a implantação de um modelo de produção agrícola que é fruto de uma aliança com o capital agropecuário internacional representado pela Associação Brasileira de Agribusiness. Seu fundador foi um grande produtor de cana, laranja e soja chamado Roberto Rodrigues. Houve uma aliança subordinada dos latifundiários, com os capitalistas exportadores e as empresas transnacionais que controlam o mercado agrícola mundial, as sementes, a produção de agrotóxicos e a agroindústria. O resultado dessa fusão é o agronegócio. Nesse complexo de sistemas globalizados temos dez empresas transnacionais que controlam todo o mercado do setor de agronegócio. Estas empresas são: Monsanto, Bunge, Cargil, ADM, Basf, Bayer, Sygenta, Novartis, Nestlé e Danone. Estas empresas controlam a produção agrícola, de agrotóxicos e de sementes transgênicas, e o comércio agrícola de exportação. A estrutura desse modelo agrário-agrícola nacional é a aliança entre o capital nacional e o capital internacional: capitalistas proprietários de terra, o capital financeiro internacional, capital industrial, sobretudo agroquímico, e o capital comercial. (CAMACHO, 2012, p. 3).

Para analisar as relações entre os impactos, conflitos, riscos e tecnógenos gerados pelas atividades agropecuárias, foram construídas **tabelas** e, a partir destas, redes **de interação**.

Método de Construção da(s) Tabela(s)

Para a construção das tabelas foi realizada uma pesquisa bibliográfica e documental sobre os principais impactos socioambientais gerados pelas atividades antrópicas, que mais causam conflitos no Brasil, segundo Porto e Milanez (2009): as atividades agropecuárias, a mineração, obras associadas à produção de energia (hidrelétricas) e infraestrutura (rodovias e ferrovias), e o processo de urbanização.

Artigos científicos e documentos³⁰ (produzidos para processos de licenciamento ambiental) foram as principais fontes de informação. Também foram agregados às tabelas

³⁰ EIA/RIMA – Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto do Meio Ambiente; RAP – Relatório Ambiental Preliminar; PRAD – Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas; IMF – Inventário de Maciços

impactos observados em trabalhos de campo realizados por mim. Estas tabelas têm por função realizar um mapeamento geral dos principais impactos e tecnógenos gerados por estas atividades, e assim, orientar a construção das redes de interação.

A classificação/ordenação dos impactos socioambientais apresentados nas tabelas foi realizada apenas com relação ao **fator ambiental afetado** (antrópico, biótico e abiótico) e, **a natureza** dos mesmos (foram elencados apenas os impactos **negativos**). Parâmetros como: significância/intensidade (baixa, média ou alta), duração (curto, médio ou longo prazo), reversibilidade (reversível ou irreversível), sinergia, dentre outros, não foram analisados. A escolha pela “não classificação” dos impactos quanto a estes parâmetros foi feita devido à alta subjetividade³¹ envolvida nesse processo.

Os impactos também não foram divididos com relação às fases do empreendimento.

Os exemplos de tecnógenos, apresentados nas tabelas, e gerados pelas diferentes atividades, foram classificados: (i) quanto a sua origem: diretos ou indiretos; e (ii) quanto à ação antrópica, processos, superfícies e material (solo para a geologia de engenharia e solo geotecnológico). Ambas as classificações são apresentadas por Oliveira et al. 2018, p. 443 – Figuras 18 e 19. Essa classificação será replicada para as demais atividades antrópicas.

Florestais; EIV – Estudo de Impacto de Vizinhança; PCA – Plano de Controle Ambiental; RCA – Relatório de Controle Ambiental; dentre outros.

³¹ A subjetividade está relacionada, basicamente, a dois fatores: (i) a escolha da atividade que deverá entregar os estudos ambientais de forma compulsória, pois, esta atividade poderá vir a causar significativo impacto ambiental. A resolução CONAMA 001/1986 (BRASIL, 1986) elenca uma série de atividades que devem realizar tais estudos, dentre eles o EIA-RIMA, porém, é uma lista meramente exemplificativa. Mas o que é significativo impacto ambiental? Quão significativo? Significativo com relação ao quê, ou a quem? São perguntas analisadas e respondidas por uma equipe técnica, às vezes composta por única pessoa, vinculada ao órgão público responsável pelo licenciamento ambiental da atividade. Análise que irá apontar a obrigatoriedade, ou não, da entrega dos estudos; e (ii) ao fato da maioria dos estudos não utilizar, ou não explicitar, os critérios para a avaliação da intensidade/relevância/significância dos impactos negativos que serão gerados.

Ação antrópica, processos e superfícies geotecnogênicas (adaptado de Peloggia et al. 2014b)			
Ação Antrópica	Degradação (erosivos)	Processos Geotecnogênicos	
		Agradação (deposicionais)	
Direta (máquinas)	Superfícies escavadas		Superfícies aterradas
Indireta (de indução)	Superfícies erodidas e de subsidência, cicatrizes de escorregamentos	Superfícies mistas	Superfícies de depósitos sedimentares

Correlação de Classificações de Solos			
Solos e Geologia de Engenharia		Solos Geotecnogênicos	
Classificação	Tipos	Classificação	Tipos
Residuais (Autóctones)	Eluvião Solo de alteração	Modificados	Solo poluído, solo agrícola compactado
Transportados (Alóctones)	Coluvião, aluvião, solo eólico, solo glacial	Construídos (ação humana direta)	Aterro, resíduos, entulhos, lançados ou compactados
		Induzidos (efeito colateral da ação humana)	Assoreamento, maciço escorregado

Figuras 18 e 19. Classificação dos tecnógenos quanto à ação antrópica, processos e superfícies tecnogênicas e, com relação ao material (solo para a geologia de engenharia e solo geotecnogênico). Ambas as classificações são apresentadas por Oliveira et al. 2018, p. 443.

Os tecnógenos diretos elencados nas tabelas são aqueles gerados por ações (mecânicas), relacionadas a qualquer fase das atividades/empreendimentos. Por exemplo: a modificação física dos solos, causada pelo processo de aragem. Já os tecnógenos indiretos são aqueles induzidos pelas diferentes intervenções relacionadas a estas ações. Por exemplo: o desmatamento, realizado para o plantio, causa a erosão dos solos e, conseqüentemente, o assoreamento dos rios. O tecnógeno indireto é gerado pela aceleração (antrópica) de um processo natural.

...

A partir destes esclarecimentos, a Tabela 2, a seguir, apresenta alguns dos impactos socioambientais negativos, bem como os principais tecnógenos (diretos e indiretos) produzidos pelas atividades agropecuárias. Os impactos foram associados aos meios: antrópico (impactos sociais e justiça ambiental); biótico e abiótico.

Tabela 2. Alguns impactos socioambientais negativos e tecnógenos associados às atividades agropecuárias em geral.

Alguns impactos socioambientais negativos e tecnógenos associados às atividades agropecuárias em geral	
Impactos no meio antrópico (impactos sociais e Injustiça Ambiental³²)	<ul style="list-style-type: none"> - Expropriação de comunidades indígenas, quilombolas, extrativistas, camponesas e ribeirinhas (estas, principalmente, devido a poluição/contaminação, assoreamento dos rios e diminuição/morte/extinção de espécies aquáticas) e, consequente, “perda da diversidade cultural” (CAMACHO, 2012, p. 3). - Êxodo rural e, consequente, impacto nas áreas urbanas; - “Entravamento da reforma agrária” (PORTO e MILANEZ, 2009, p. 1988); - Doenças associadas à poluição e contaminação das águas, solos, manuseio, exposição e consumo de agrotóxicos; - Doenças associadas a proliferação de vetores.
Impactos Bióticos	<ul style="list-style-type: none"> - Fragmentação de ecossistemas; - Perda de biodiversidade e habitats pelo desmatamento; - Afugentamento e morte de espécies silvestres; - Extinção de espécies silvestres; - Introdução de espécies exóticas (como por exemplo, no plantio de eucaliptos); - Diminuição da população, morte e, extinção de espécies aquáticas (devido ao assoreamento, poluição e contaminação dos recursos hídricos).

³² **Injustiça Ambiental**

Por Justiça Ambiental entenda-se o conjunto de princípios que asseguram que nenhum grupo de pessoas, sejam grupos étnicos, raciais ou de classe, suporte uma parcela desproporcional das consequências ambientais negativas de operações econômicas, de políticas e programas federais, estaduais e locais, bem como resultantes da ausência ou omissão de tais políticas”. (HERCULANO, 2002, p. 2).

Pelo mesmo caminho, Acselrad e Bezerra (2009) apud Lamim-Guedes e Mol (2018, p. 145) afirmam que: “*Injustiça ambiental* diz respeito ao fenômeno de imposição desproporcional dos riscos ambientais às populações menos dotadas de recursos financeiros, políticos e de informação, e/ou características raciais, étnicas e econômicas”.

Impactos Abióticos	<ul style="list-style-type: none"> - Alteração da paisagem; - Alteração do nível (cota) do solo; - Erosão; - Poluição do ar devido a: movimentação de máquinas pesadas e veículos; e erosão eólica; - Poluição/contaminação dos solos; - Incremento na demanda por recursos hídricos e energéticos. A estes devem ser associados os impactos relacionados ao aumento do número de Hidrelétricas e PCHs (Pequenas Centrais Hidrelétricas), - Assoreamento e, conseqüente, poluição/contaminação de rios, córregos, e lagos por sedimentos poluídos; - Impactos abióticos associados ao assoreamento: “perda de volume dos reservatórios; redução da profundidade de canais; perda de eficiência de obras hidráulicas; produção de cheias; deterioração da qualidade da água; [...]”. (OLIVEIRA, 1995, p. 59); - Poluição e contaminação de aquíferos subterrâneos; - Alteração local do clima (devido à introdução de espécies exóticas); - Diminuição da permeabilidade dos solos (devido à movimentação de maquinário pesado); - Diminuição da fertilidade e capacidade do solo de sustentar a microfauna edáfica nativa (devido à introdução de espécies exóticas e movimentação de maquinário pesado); - (Super)compactação do solo (devido à movimentação de maquinário agrícola pesado) e, alteração de outras propriedades físicas, dependendo do tipo e forma de cultivo. 	
Tecnógenos A classificação dos tecnógenos foi realizada: quanto à ação antrópica, processos e superfícies tecnogênicas e; com relação ao material (solo	Diretos (Máquinas)	<ul style="list-style-type: none"> - Solos autóctones - modificados mecanicamente; - Solos autóctones - modificados quimicamente; - Canais escoadouros³³: processo de degradação, superfícies escavadas; - Terraços³⁴ (FIGURA 19) - processos de degradação e agradação; superfícies escavadas, e aterradas (solo alóctone construído);

³³ **Canais escoadouros:** “Canais de dimensões apropriadas, vegetados, capazes de transportar com segurança a água de escoamento superficial proveniente dos sistemas de terraceamento ou de outras estruturas”. (SALOMÃO e IWASA, 1995, p. 45)

³⁴ **Terraços**

Os **terraços** são estruturas que objetivam disciplinar o volume de água da chuva que excede a capacidade de infiltração do solo. A construção e a manutenção do sistema de terraços, embora constitua prática indispensável à conservação do solo, isoladamente não é suficiente para o controle da erosão. O sistema plantio direto por si só não dispensa a prática de terraceamento, pois a erosão hídrica não é apenas uma função do grau de cobertura do solo com plantas ou com resíduos culturais” (TERRACEAMENTO. In: EMBRAPA. Publicações. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/publicacoes/sist-prod/cevada02/cev5-3.htm>. Acesso em: 23/04/2020).

para a geologia de engenharia e solo geotecnológico). Ambas as classificações são apresentadas por Oliveira et al. 2018, p. 443 – Figuras 18a e 18b. Essa classificação será replicada para as demais atividades antrópicas.

Figura 19. Tipos de terraços mais utilizados na agricultura brasileira. (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1985 apud SALOMÃO e IWASA, 1995, p. 46). Tecnógenos gerados por processos de degradação e agradação.

- Sulcos³⁵: processo de degradação, superfície escavada.

Indiretos (Induzidos)

- Sulcos, Ravinas e Voçorocas. Processos de degradação, superfícies erodidas;
- Assoreamentos em redes de drenagem: processos de agradação, superfícies de depósitos sedimentares (solos alóctones induzidos).

Fonte: a autora.

A partir da construção das tabelas (listagem de impactos e tecnógenos), foram elaboradas, então, as redes de interação³⁶ entre os principais impactos, tecnógenos, riscos e conflitos.

³⁵ **Sulcos**

O **sulcamento** faz-se necessário quando se deseja utilizar irrigação por infiltração (superfície). A operação consiste em regular o sulcador no espaçamento desejado e sulcar o terreno a uma profundidade de 20 cm. Os sulcos devem possuir de 0,2% a 0,5% de declividade e 10 m a 50 m de comprimento, conforme a topografia do terreno, textura do solo e época do plantio”. (ANJOS et al., 2010).

³⁶ **Redes ou Diagramas de Interação:** ferramentas de avaliação de impactos ambientais, elaboradas a partir de ações específicas relacionadas a cada tipo de atividade antrópica. (Fonte: a autora).

Método de Construção da(s) Redes(s) de Interação

A Rede ou Diagrama de Interação é uma ferramenta para a avaliação de impactos (fase de prognóstico ambiental). Para Sánchez (2008) é,

Utilização do raciocínio lógico-dedutivo, por meio do qual, a partir de uma ação, inferem-se seus possíveis impactos ambientais. [...] indicam as relações sequenciais de causa e efeito (cadeias de impactos) a partir de uma ação impactante. (SÁNCHEZ, 2008, p. 209).

Como toda a ferramenta de prognóstico ambiental, além da subjetividade, as redes de interação possuem vantagens e desvantagens. Para Sánchez (2008, p. 210), apesar das redes poderem resultar em “figuras extremamente complexas e de difícil compreensão”, uma vantagem

É que tais redes permitem um bom entendimento das relações entre as ações e os impactos resultantes, sejam eles diretos ou indiretos, enquanto as matrizes dividem o meio ambiente em compartimentos estanques, dificultando o entendimento da relação entre as partes. Os diagramas de interação também possibilitam evidenciar impactos indiretos de segunda e terceira ordem, e assim sucessivamente, sem limite. (SÁNCHEZ, 2008, p. 210).

Porém,

Uma das limitações das redes de interação é a sua capacidade restrita de representar adequadamente sistemas complexos caracterizados por relações não lineares de causalidade e retroalimentações múltiplas. [...]. Quando se trata de processos sociais e mesmo de muitos processos ecológicos, as redes de interação podem acarretar uma simplificação exagerada das interações. (SÁNCHEZ, 2008, p. 210).

Nas redes construídas, foram destacadas (em vermelho) as possíveis perdas e, também, os possíveis conflitos, que possam vir a se associar a estes impactos e, aos tecnógenos. Toda ação relacionada a perda foi analisada como uma ação de risco, porém, neste primeiro momento, este risco não foi classificado.

...

Então, a partir da Tabela 2, foi construída a rede/diagrama de interação relacionada à atividade agropecuária – Figura 20.

Análise (tabela x rede) - Agropecuária

Como já mencionado anteriormente, os impactos socioambientais, elencados nas tabelas, não foram divididos por fases do empreendimento, mas no caso das atividades agropecuárias, estão associados, basicamente, à fase de supressão da vegetação (desmatamento) e, à fase de operação das atividades agropecuárias em geral.

A figura 20 representa a rede de interação entre: as ações; os impactos e tecnógenos (elencados na Tabela 2); e as possíveis perdas associadas à estas atividades.

As redes de interação geradas pelas atividades agropecuárias estão diretamente relacionados a quatro fatores: (i) aos diferentes tipos de atividades agrícolas (formas de cultivo e espécies cultivadas; utilização, ou não, de práticas conservacionistas; tipos de adubos e agrotóxicos utilizados; dentre outros) e pecuárias (principalmente, com relação à espécie e forma de criação/reprodução animal); (ii) a geologia/geomorfologia local; (iii) ao(s) bioma(s)³⁷ e ecossistemas afetados; e (iv) aos tipos de ocupações já existentes (no entorno), ou vestígios de ocupações anteriores (sítios arqueológicos).

Como pode ser observado na Figura 20, a fase da aquisição de terras, ou melhor, a forma como estas terras são “adquiridas” (roubadas?), é a primeira ação relacionada às atividades agropecuárias que podem vir a gerar conflitos. Mas, a partir da análise de vários processos de licenciamento ambiental, é possível afirmar que apenas o “anúncio” do início deste processo já é fator gerador de tensão entre as comunidades locais, órgãos públicos, e o empreendedor. A segunda ação, relacionada a este tipo de atividade, que causa impactos irreversíveis (perdas) é a supressão da vegetação (desmatamento).

Os principais tecnógenos diretos formados pelas atividades agropecuárias são as extensas áreas de solos, modificados física e quimicamente (poluição/contaminação). Estes tecnógenos, através do processo erosivo, se tornam fontes difusas de poluição/contaminação, e assoreamento dos rios e córregos, incorporando, assim, os

³⁷ **Bioma**

Área de ambiente uniforme, pertencente a um zonobioma, o qual é definido de acordo com a zona climática em que se encontra. Este conceito considera ainda outros fatores ambientais ecologicamente importantes, como altitude e solo, distinguindo, então, orobiomas e pedobiomas. Um outro fator a ser considerado seria o fogo natural (pirobiomas). Bioma e domínio morfoclimático e fitogeográfico não são sinônimos, uma vez que este último não apresenta necessariamente um ambiente uniforme”. (COUTINHO, 2006, p. 13).

maiores riscos socioambientais. Esse maior grau de risco foi avaliado a partir da análise de documentos elaborados para o licenciamento das atividades; artigos científicos; e observações de campo.

No tópico seguinte, que apresenta as características da atividade minerária no Brasil, mas com um olhar mais direcionado à Amazônia, também serão elencados alguns dos principais impactos socioambientais negativos, e os tecnógenos, diretos e indiretos, produzidos por esta atividade, bem como as relações entre estes, e os riscos e conflitos.

3.2.2 Mineração

“Atualmente existem na Amazônia um total de 52.974 zonas mineiras que cobrem uma área de 1.628.850 km², o que corresponde a 21% da superfície de toda a bacia. O Brasil abarca aproximadamente 80% dessas áreas, e o Peru, com 11%, vem em segundo lugar”. (PORTO-GONÇALVES, 2017, p. 73-74).

Os projetos mineiros se caracterizam pelo seu grande número – são 52.974 zonas mineiras, por serem basicamente projetos relacionados aos capitais privados e extremamente concentrados em algumas poucas corporações transnacionais. A maior parte das zonas de interesse mineiro está em fase de solicitação (50,8% do total) [...], com isso, o aumento da conflitividade se coloca no horizonte de futuro imediato. Afinal o acesso ao subsolo só é possível através do solo onde geralmente estão as etnias/povos/nacionalidades indígenas, quilombolas e diversas comunidades camponesas da Amazônia.

Existem hoje na Amazônia ao menos seis *fronts* mineiros que estão gerando fortes impactos locais e ensejando conflitos [...], no Brasil, são três: (4) o projeto Carajás, em Marabá/Parauapebas, no Pará, onde se produz ferro-gusa entre outros produtos, e onde opera a empresa Vale; (5) a Mina de Pitanga, em Presidente Figueiredo, no Amazonas, onde a empresa Taboca extrai estanho e tântalo (matéria-prima para bateria de celular); e (6) o projeto Juruti, no município de mesmo nome, no Pará, onde a empresa Alcoa explora bauxita. (PORTO-GONÇALVES, 2017, p.75-76 – grifo nosso).

A extração de ferro, importante *commodity* brasileira, atua de forma voraz, não só nesta região, mas em todo o território brasileiro. Os estados de Minas Gerais e Pará são

responsáveis pela produção de 86,9% das principais substâncias metálicas, 64,3% de ferro.

A evolução da produção das principais minas de minério de ferro da Vale S/A no Brasil, em milhões de toneladas, entre os anos 2014 e 2017 pode ser visualizada na figura abaixo (FIGURA 21).

Note-se que, somadas, as minas do estado de Minas Gerais, entre os anos 2014 e 2017, fiaram estagnadas ou com produção decrescente, ao contrário do que ocorre com as minas de Carajás, incluindo as minas da Serra Norte, que produz desde 1985. As minas da Serra Sul iniciaram sua produção no final do ano de 2016, mas a expectativa é que em apenas três anos cheguem a produzir 90 milhões de toneladas/ano, com capacidade de crescer ainda mais. O aumento na proporção da extração do Sistema Norte em relação aos sistemas Sudeste e Sul está relacionado a uma estratégia da Vale S/A de maximizar seus lucros, devido à melhor qualidade do minério paraense. Assim, a empresa consegue auferir lucros maiores com igual quantidade do mineral extraído. (TERENCE, 2018, p. 285).

Sistemas	Locais de extração	2014	2015	2016	2017
Sistema Norte (Sudeste Paraense)	Serra Norte	117,5	127,6	143,6	142,3
	Serra Leste	2,2	2,0	4,2	4,3
	Serra Sul	-	-	0,4	22,2
Sistema Sudeste (Minas Gerais)	Itabira	35,8	35,6	33,4	37,8
	Minas Centrais	33,7	41,3	40,9	37,6
	Mariana	39,4	36,1	28,4	33,1
Sistema Sul (Minas Gerais)	Minas Itabirito	41,4	41,4	40,1	36,8
	Vargem Grande	25,0	29,3	29,2	23,3
	Paraopeba	31,2	28,1	26,4	26,3
Total		326,2	339,4	346,6	363,7

Figura 21. Annual Report. Vale, 2016. Org. Marcelo Terence. (TERENCE, 2018)

Como no caso das atividades agropecuárias, os impactos socioambientais e os tecnógenos gerados pela mineração também são inúmeros e, estão intrinsecamente relacionados ao tipo de minério e, ao tipo de lavra³⁸.

Sobre isso, Enríquez (2008) a partir de estudos em 15 grandes municípios mineradores, em oito estados brasileiros (Amapá, Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Santa Catarina e Sergipe), afirma que os problemas ecológicos provocados pela mineração dependem:

- do tipo de minério extraído, das características físicas da mineralização, da tecnologia existente, etc.;
- do destino da venda dos minérios (mercado externo ou doméstico);
- da data em que se iniciou a sua exploração, se antes ou depois das exigências legais;
- da região geográfica. De forma ampla, o padrão ambiental da indústria de mineração é reativo nas regiões Sul e Sudeste e é pró-ativo no Norte do Brasil. (ENRÍQUEZ, 2008, p. 64).

A Tabela 3, onde segui os mesmos critérios de elaboração da tabela anterior, apresenta alguns dos principais impactos socioambientais negativos e, os tecnógenos (diretos e indiretos), produzidos pelas atividades minerárias.

Tabela 3. Alguns impactos socioambientais negativos e tecnógenos associados à mineração.

Alguns impactos socioambientais negativos e tecnógenos associados à mineração em geral	
Impactos Sociais e Injustiça Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - “Remoção compulsória de comunidades” e, muitas vezes, não reconhecimento de comunidades passíveis de remoção (MILANEZ, 2017, p. 97); - “[...] insatisfação com a qualidade construtiva das casas que receberam e com o fato de não terem todas as suas necessidades atendidas”. (MILANEZ, 2017, p. 97); - Doenças respiratórias associadas à poluição atmosférica (gerada tanto na área de lavra, como nas áreas de beneficiamento e transporte); stress e fadiga causados pela poluição sonora; - Perda do alimento e de renda, até a expulsão, de comunidades ribeirinhas devido a poluição/contaminação dos rios (pelo assoreamento) e diminuição ou extinção de espécies aquáticas;

³⁸ **Lavra** - “Fase da mineração representada pelo conjunto de operações que tem como objetivo a extração econômica das diversas substâncias minerais úteis ou fósseis de uma jazida até o seu beneficiamento primário. Sin.: exploração”. (LAVRA. In: ITGC – Instituto de Terras, Cartografia, e Geologia do Paraná. Glossário de termos geológicos. Disponível em <http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/glossario/conteudo.php?conteudo=L>. Acesso em 25/04/2020.).

	<ul style="list-style-type: none"> - Perdas financeiras devido à desvalorização imobiliária causada pela proximidade, tanto das áreas de lavra, beneficiamento e disposição de rejeitos, como das vias de transporte do minério; - Perda da qualidade de vida; - Exposição ao risco de morte: associado ao rompimento de barragens de rejeitos de minério, e atropelamentos nas vias de transporte de minério; - Injustiça intergeracional pela extração “capitalista” de um bem não renovável.
Impactos Bióticos	<ul style="list-style-type: none"> - Perda de biodiversidade pelo desmatamento; - Afugentamento de espécies silvestres; - Perda da função ecológica da área que foi desmatada (MILANEZ, 2017); - Morte e extinção de espécies silvestres; - Diminuição, morte e extinção de espécies aquáticas (devido ao assoreamento, poluição e contaminação dos recursos hídricos).
Impactos Abióticos	<p>- Alteração da paisagem/relevo. Sobre este impacto, Milanez (2017, p. 94) comenta:</p> <p>A grande mineração, assim, seria um processo semelhante de amputação da paisagem. As empresas mineradoras podem usar os melhores métodos de gestão ambiental (recirculação de água, máquinas e equipamentos eficientes, controle de material particulado e programa de recuperação de área degradada); mas quando se fecha a mina, a montanha não está mais lá. No lugar da serra ou do pico, existe um buraco. Assim é modificada toda a paisagem e, com ela, mudam o microclima, a fauna, a flora, a dinâmica hidrológica. A função ecológica que era exercida pela montanha é extinta. Esse impacto, da ausência do material retirado, é inerente à atividade mineral e não pode ser evitado por nenhuma tecnologia de gestão.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erosão; - Incremento na demanda por recursos hídricos; - Rebaixamento do nível freático, que causa diferentes outros impactos como: “diminuição no fluxo de água dos rios, perda da qualidade da água superficial ou subterrânea e a redução do volume de águas dos poços”. (ELAW, 2010 apud MILANEZ, 2017). - Poluição e/ou contaminação de solos pela disposição de rejeitos; - Poluição sonora; - Erosão causada pela retirada da vegetação; - Assoreamento; - Impactos abióticos associados ao assoreamento: “perda de volume dos reservatórios; redução da profundidade de canais; perda de eficiência de obras hidráulicas; produção de cheias; deterioração da qualidade da água; prejuízos ao lazer”. (OLIVEIRA, 1995, p. 59); - Poluição e/ou contaminação de rios, córregos, e lagos por solos poluídos; - Poluição, contaminação, e diminuição da capacidade de recarga de aquíferos subterrâneos;

	Uma vez retirada essa camada permeável reduz-se significativamente a biodiversidade regional; além disso, há uma diminuição da capacidade de recarga dos aquíferos, podendo comprometer o abastecimento de água das localidades que deles dependem. (MILANEZ, 2017, p. 96).	
Tecnógenos A classificação dos tecnógenos foi realizada: quanto à ação antrópica, processos e superfícies tecnogênicas e; com relação ao material (solo para a geologia de engenharia e solo geotecnogênico). Ambas as classificações são apresentadas por Oliveira et al. 2018, p. 443 – Figuras 18a e 18b. Essa classificação será replicada para as demais atividades antrópicas.	Diretos (Máquinas/Construídos)	- Lavra a Céu Aberto: cavas, bancos... – FOTO 3. Processo de degradação, superfície escavada; - Terraplanagem/retaludamento para a construção das vias de acesso às diversas áreas da mineração. Processo de degradação, superfície escavada; - Lavra Subterrânea: poços, túneis, galerias... Processo de degradação, subsuperfície escavada; - Poços e lagoas (GOUDIE, 2013, p. 170). Processos de degradação. Superfícies escavadas. - Barragens de rejeitos (FOTO 4) e pilhas de estéreis. Processo de degradação. Superfície aterrada. Material (solo mais resíduo) alóctone/construído. - Diques de contenção. Processo de degradação. Superfície aterrada.
	Indiretos (Induzidos)	- Assoreamentos em redes de drenagem devido: ao desmatamento, erosão da área de lavra e, por possíveis vazamentos das barragens e erosão das pilhas de rejeitos – Figuras 22b e 22c. Processos de degradação. Superfícies de depósitos sedimentares (solos alóctones induzidos) - Feições erosivas: erosão de taludes, barragens, pilhas de rejeitos; e subsidência. Processos de degradação. Superfícies erodidas.

Fonte: a autora.

Uma possível rede de interação entre os impactos e tecnógenos, elencados na Tabela 3, e os conflitos e riscos causados pela mineração, pode ser observada na figura a seguir (FIGURA 22a).

Figura 22a. Rede/Diagrama de Interação de Impactos Ambientais, Tecnógenos e Riscos relacionados à Mineração. Os tecnógenos representam impactos, diretos e indiretos, nos meios geológico (solos e rochas) e geomorfológico (relevo, paisagem) – Fonte: a autora. Figurinhas disponíveis em: <https://www.flaticon.com/>.

Foto 3. CBMM (Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração) – Araxá (MG) – Lavra de nióbio a céu aberto. (Foto: da autora – 05/2008).

Foto 4. CBMM (Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração) – Araxá (MG) – Barragens de rejeitos e lagoas. (Foto: da autora – 05/2008).

Figuras 22b e 22c. Imagens do Google Earth de 2005 e 2016 de área de assoreamento em drenagem (tecnógeno indireto) originada por atividades de mineração de argila a montante (Rondon do Pará/PA). Detalhe da foto no canto superior esquerdo, na imagem de 2016, com uma segunda praia formada. (Fotos da autora).

Análise (tabela x rede) - Mineração

Os impactos elencados se associam, basicamente, às fases de implantação e operação do empreendimento. Porém, é importante sublinhar, que tanto o diagnóstico de impactos da atividade mineradora, quanto a proposição de ações mitigadoras para fins de licenciamento ambiental, devem estar associados a todas as etapas do empreendimento: etapa de pesquisa; etapa de implantação; etapa de operação/lavra/beneficiamento; e etapa de encerramento.

Como no caso dos empreendimentos agropecuários, a etapa inicial do licenciamento ambiental das atividades minerárias, também, é o primeiro fator gerador de conflitos.

Os principais tecnógenos diretos estão associados aos processos de lavra e de produção de rejeitos (ambos da fase de operação). Através da análise da classificação de impactos (realizada por meio de documentos referentes ao licenciamento ambiental, observações de campo e levantamento de número de acidentes), é possível se relacionar às barragens de rejeitos (tecnógenos diretos de agradação) os maiores riscos socioambientais.

De forma indireta (através do processo erosivo), tanto os tecnógenos diretos de agradação, com os de degradação, geram assoreamento e poluição/contaminação dos recursos hídricos.

É importante salientar que novos tecnógenos, diretos e indiretos, também são formados na fase de encerramento da atividade, e recuperação da área degradada.

Para Souza (2000, p.31), “a caracterização ambiental, e da atividade, permite a análise de um ponto essencial no estudo de viabilidade ambiental: o binômio tipologia-localização”.

Porém:

As atividades de mineração constituem exceções a essa regra. As ocorrências minerais não obedecem aos critérios do ser humano; cabe a ele decidir apenas se vai, ou não, explorá-las. Nesse caso a escolha adequada do plano de lavra e a adoção de medidas mitigadoras devem prevalecer, assim como a central de processamento. (SOUZA, 2000, p. 31).

Sobre a relação entre o avanço das atividades de mineração e agropecuárias e, os conflitos socioambientais, Terence (2018) faz a seguinte análise:

Apesar de apresentar algumas características distintas da apropriação realizada pelo latifúndio voltado para a pecuária, a expansão da mineração nessa mesorregião tem igualmente ocasionado a exclusão de milhares de famílias do direito à terra. Se a mineração desdenha da constituição formal da propriedade da terra, porque interessa às empresas mineradoras apenas o acesso ao subsolo, o fato é que os impactos fundiários da expansão dessa atividade cada vez mais se aproximam daqueles trazidos pela expansão da pecuária, quais sejam, a expropriação camponesa e a apropriação privada de fartas porções de terras públicas federais. (TERENCE, 2018, p. 284).

Se observarmos os dados constantes no Sistema de Informações Geográficas da Mineração – Sigmine, gerenciado pela Agência Nacional de Mineração, e os cruzarmos com as terras indígenas, unidades de conservação, territórios quilombolas e projetos de assentamento da Amazônia ficaremos chocados com a sobreposição de interesses das mineradoras em face dos povos tradicionais. Em 2017, por exemplo, 41,9% do território do estado do Pará estava esquadrinhado para projetos minerários. Não é por acaso que o atual regime autoritário em curso no país, conjugado com setores do Congresso Nacional, pretendem aprovar a liberalização da mineração nesses territórios, removendo os obstáculos jurídico-formais a tal empreendimento. (SILVA, 2019, s/p).

Como citado anteriormente, como atividades de produção, tanto a agropecuária como a mineração se instalam já com a promessa de serem servidas pelos “grandes” empreendimentos de infraestrutura. Sobre essa relação Porto-Gonçalves (2017) e Silva (2019) comentam:

Há forte dependência da mineração em grande escala da infraestrutura de transportes e sobretudo energética. As áreas onde estão a maior parte das zonas mineiras em produção/prospecção demonstram a perversa sinergia de devastação e violência dos complexos logísticos de estradas-hidrelétricas-mineração em grande escala dominados pela logística burguesa-gestorial. Afinal, a construção de barragens e estradas visa viabilizar os projetos privados mineiros e o *agrobusiness*. (PORTO-GONÇALVES, 2017, p. 75).

No caso específico da Volta Grande do Xingu, a mina da Belo Sun Mineração é apenas a ponta de lança de outras dezenas de “direitos minerários” para exploração de substâncias como ouro, diamante, estanho, tantalita, manganês, cassiterita, fosfato e outros. Nesse sentido, se verifica a imbricação e coetaneidade das economias políticas da energia e da mineração. O barramento do Xingu cumpriu fundamentalmente duas funções: a) oferecer a oportunidade de fornecimento de energia a valores irrisórios para as empresas mineradoras que viriam em seguida; b) reduzir os custos de transação da extração mineral no leito do rio, através da razão da vazão e do consequente assoreamento. O enredo de

Tucuruí com Barcarena tende a se repetir com Belo Monte.
(SILVA, 2019, s/p. Grifo nosso).

Palheta e Neto (2017, p. 352-353 – grifo nosso) apontam os inúmeros impactos sociais gerados pela mineração:

Processos como a remoção forçada de povos tradicionais e cidadãos em geral, dificuldade de avançar no reconhecimento da posse da terra e de garantir uma política eficiente de regularização fundiária aos povos tradicionais e pequenos agricultores, aumento da violência no campo, na cidade e pelo controle das áreas de jazida de extração garimpeira, segregação socioespacial, periferização nas cidades e hipertrofização dos serviços públicos são características recrudescidas e intensificadas constantemente, mostrando que a atividade mineradora avançou historicamente na região a partir da combinação entre o processo de acumulação primitiva permanente do capital e o processo de acumulação por espoliação. Nos espaços em que a atividade não avança sob o signo da força e violência, ela avança como um saque legitimado por uma estrutura política e jurídica que, em geral, deixa muito pouco para as comunidades locais, além das crateras e impactos ambientais, e claro. A região de Carajás é uma boa síntese deste processo. Com atividades desenvolvidas a partir da mineração industrial, temos uma grande variedade de conflitos que são fruto direto da atividade mineradora que é desenvolvida a partir da lógica da acumulação por espoliação, mesmo que o discurso seja baseado em ideias como responsabilidade ambiental e social.

As políticas de desenvolvimento devem atender ao todo, e não apenas a uma parte. Assim, quando somente uma das partes é favorecida se estabelece o conflito. Esse favorecimento unilateral, no caso, favorecimento aos grupos dominantes, é dado como exemplo por Silva (2019) na região da Volta Grande do Xingu:

O conflito é estabelecido na medida em que se confrontam diferentes formas ontológicas de vida e de uso da terra. Esse é o marco delimitador. A Volta Grande do Xingu é formada por uma multiplicidade de grupos sociais caracterizados como povos e comunidades tradicionais, como indígenas (aldeados ou não), ribeirinhos, pescadores, extrativistas, agricultores, pequenos garimpeiros e assentados. Em outra ponta estão os agentes do “agronegócio”, da mineração, da produção de energia, da infraestrutura e logística, da pecuária extensiva, da grilagem de terras e da exploração predatória de madeira, beneficiários de incentivos fiscais, linhas de crédito e subsídios concedidos pelo Estado. (SILVA, 2019, s/p. Grifo nosso).

A associação destes dois grupos de “grandes” empreendimentos (produção e infraestrutura), favorecidos pelo Estado, gera tanto o acúmulo e sinergia dos impactos socioambientais, como o aumento dos riscos associados a estes.

E sobre estes riscos associados à atividade mineradora, Sánchez (1994) pontua:

Riscos tecnológicos³⁹ são inerentes à maioria das atividades industriais. Muitas comportam riscos significativamente maiores do que os decorrentes da mineração, como é o caso das indústrias de petróleo e química. Mesmo assim, os riscos não podem ser descartados na indústria mineral e, como não poderia deixar de ser, acidentes têm ocorrido, como o ultralancamento de fragmentos de rochas quando do desmonte em explosivos, a ruptura ou a instabilidade de barragens de rejeitos, a falta de estabilidade de pilhas de estéreis, a subsidência, o vazamento de combustíveis e reagentes (tanto no armazenamento como no transporte) etc. (SÁNCHEZ, 1994, p. 73).

Atualmente, o Estado do Pará possui 93 barragens de mineração, 11% do total de barragens do Brasil), destas, 66 estão no PNSB (PROGRAMA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS). Destas 93 barragens, 20 estão classificadas como de Alto Dano Potencial⁴⁰, e apenas 2 como de Alto Risco. (ANM, 2020).

Para que uma barragem de mineração esteja dentro do PSNB deve atender, ao menos, uma das seguintes características:

a) Altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m (quinze metros); b) Capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos); c) Reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis; d) Categoria de dano potencial associado (DPA), médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 6º. (NEVES, 2018, p. 10).

39

Sobre risco tecnológico devemos destacar que, segundo Sevá Filho (1988, p. 81), a abordagem desse tipo deve levar em conta três fatores indissociáveis: o processo de produção (recursos, técnicas, equipamentos, maquinário); o processo de trabalho (relações entre direções empresariais e estatais e assalariados); e a condição humana (existência individual e coletiva, ambiente). Equivale a dizer, grosso modo, que, onde pelo menos um desses fatores for encontrado, haverá risco tecnológico ou a probabilidade de um problema causado por ele. (DAGNINO e CARPI JÚNIOR, 2007, p. 58-59).

40

O sistema de classificação, discriminado na Resolução CNRH nº 143/2012, diz que as barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, por dano potencial associado e pelo seu volume, com base em critérios gerais estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (lembrar da exceção da ANEEL). A classificação por categoria de risco (CRI) em alto, médio ou baixo será feita em função das características técnicas, do estado de conservação do empreendimento e do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem e a classificação por categoria de dano potencial associado (DPA) à barragem em alto, médio ou baixo será feita em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem. (NEVES, 2018, p. 15)

A diferenciação entre a análise de risco e dano potencial, realizada pelo Plano Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) da Agência Nacional de Mineração, não tem se mostrado eficiente na caracterização da real situação das barragens de mineração. Das 19 barragens existentes em Brumadinho (MG) – FIGURA 23 - local do último crime ambiental ocorrido no Brasil relacionado à extração de ferro - cadastradas no PNSB, 6 são da Vale S.A. Todas estas foram classificadas como de baixo risco, mas de alto potencial de danos. O rompimento, em 25 de janeiro de 2019, de uma destas barragens, Barragem I - Mina do Feijão, classificada como de baixo risco, deixou mais de duas centenas de mortos.

Figura 23. Parte superior: Barragens - 1 (que rompeu) e 4 - Mina do Feijão da Vale S.A. em Brumadinho (MG). Parte inferior: Antes e depois do rompimento da Barragem 1. (Imagem disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/01/25/veja-o-que-se-sabe-ate-agora-sobre-o-rompimento-da-barragem-da-vale-em-brumadinho.ghhtml>).

Segundo o relatório de Classificação das Barragens de Mineração Brasileiras – data base janeiro/2019 – disponível no site da Agência Nacional de Mineração, atualmente, na Amazônia Legal existem atualmente 122 barragens de mineração, apenas 2 classificadas como de alto risco, porém 109 de alto e médio dano potencial.

A seguir, serão apresentadas as características do processo de urbanização no Brasil, e na Amazônia em particular; e os impactos e conflitos associados a este processo.

3.2.3 Urbanização

Para Caiado (2016, p. 457), o padrão de Urbanização Brasileiro “é a resultante espacial do modelo de desenvolvimento econômico experimentado pelo país, no contexto do sistema capitalista periférico”. Para a autora:

Ao longo das últimas cinco décadas essa conformação espacial refletida nos espaços urbanos, assumiu configurações específicas, relacionadas às diferentes etapas do processo de desenvolvimento econômico brasileiro. O modelo de Desenvolvimento Econômico excludente refletiu no meio urbano gerando espaços urbanos segregados, onde residem grandes parcelas da população excluídas do processo de integração econômica e social. (CAIADO, p. 457).

Esses espaços segregados, geralmente, se associam: à degradação ambiental e ao risco, pois, a população excluída (de menor renda) acaba ocupando áreas geotecnicamente não favoráveis, as mais baratas, porém que exigem maior gasto para edificação, um gasto que esta população não tem como fazer.

Sobre esse modelo de ocupação Dias e Nunes (2014) comentam:

No caso do Brasil, o crescimento vertiginoso das cidades em decorrência de transformações na estrutura social, econômica e política ocorrida a partir dos anos de 1960, resultou na adoção de um modelo de urbanização, por vezes, indiferente às fragilidades do meio físico. (DIAS e NUNES, 2014, p. 2)

Para Casseti (1991), o processo de multiplicação incontrolada do espaço implica na degradação do meio ambiente, e para Oliveira et al. (2005) as forças mitigadoras desta degradação incluem a legislação ambiental, os ajustes do mercado e a capacidade da sociedade identificar os problemas ambientais e alterar seu comportamento.

Com relação ao processo de urbanização na Amazônia, Silva (2015) comenta:

O aspecto urbano da fronteira agrícola amazônica se revestiu de um ícone geográfico que os processos pretéritos de expansão

territorial no Brasil não tiveram. As fronteiras se expandiram com base na agricultura e na pecuária extensiva, acompanhadas de vilas e povoados distantes dos centros regionais. Na Amazônia, o urbano e a formação da rede de cidades surgem como novidade espacial que estava irremediavelmente articulada com a região mais dinâmica do Brasil. A incorporação da Amazônia aos circuitos espaciais da economia passou pela rede urbana como condição para a reprodução do capital. Dessa forma, mesclaram-se o grande capital, o Estado, as populações das cidades e as populações tradicionais, configurando uma fronteira agrícola multidimensional e multiescalar. (SILVA, 2015, p.7-8).

Ainda sobre a Amazônia, Wanderley (2018) complementa:

Em muitas frentes de expansão da região, a urbanização e a extração dos recursos naturais precederam a agricultura e a pecuária. Diversos autores destacaram a essencialidade urbana da expansão da fronteira, no caso brasileiro (BECKER, 1978; 1982; BROWDER, GODFREY, 1990; CLEARY, 1993; GODFREY, 1990; MACHADO, 1990; SAWYER, 1984). A urbanização esteve associada ao desenvolvimento das redes de transporte (rodoviária, ferroviária, portuária e aeroviária), que proporcionaram maior mobilidade, e também aos fluxos de indivíduos atraídos para os grandes projetos e pela abundância dos recursos naturais. Com isso, surgiram os boomtowns, antigas cidades ribeirinhas ou novos centros urbanos no interior da região amazônica [...]. (WANDERLEY, 2018, p. 20).

Esse padrão de urbanização, associado, primeiro, ao desenvolvimento das redes de transporte (este tema será analisado a seguir, no tópico infraestrutura), e depois, às grandes propriedades agrícolas e pecuárias, é muito claro na região. Pequenos núcleos urbanos, que servem de suporte de serviços para estas atividades com: postos de combustível, postos de molas, pequenos restaurantes e hotéis para viajantes, e comércios de insumos agropecuários; são inúmeros. Sobre esta característica de suporte, Wanderley (2018) também afirma:

Tendo em vista o modelo de expansão da fronteira econômica e demográfica nessa região, a rede urbana teve função ativa na organização espacial. As cidades serviram de base logística dos grandes projetos e dos setores inferiores das economias extrativas. Os núcleos urbanos agiram como nós de distribuição de mercadoria, informação, capital e mão de obra, assim como centros de oferta de serviços para os novos habitantes e para as economias ascendentes, uma vez que se formava um mercado local (BECKER, 1982; SAWYER, 1984). Ao contrário do que se esperava, os boomtowns não desapareceram com o declínio de algumas economias extrativas ou o término das grandes obras. As cidades acabaram se tornando válvulas de escape do problema socioeconômico regional e destino de muitos indivíduos sem

emprego, sem ouro e, sem-terra. (WANDERLEY, 2018, p.20-21).

A relação entre o processo de urbanização, periferação e os fluxos migratórios, gerados pelas atividades produtoras de *commodities* em cidades paraenses, é debatido por Palheta e Neto (2017):

Um fenômeno que mostra como o crescimento urbano destas cidades é marcado pelo intenso fluxo migratório é o surgimento de bairros que são batizados com nome das localidades de onde essas pessoas migraram. Quando elas chegam aos municípios mineradores o processo de ocupação do território se dá a partir da construção de “aglomerados subnormais” (na caracterização do IBGE) ou, como preferimos, aglomerados de exclusão, em que o processo de ocupação se dá sujeito a todo tipo de problemas e conflitos sociais. A ideia de que a chegada das atividades mineradoras diminuiria a pobreza local e regional é uma mentira. Estas cidades são exemplos claros de que em territórios dependentes de dinâmicas internacionais e condicionados ao papel de produtores de *commodities* o crescimento econômico é acompanhado de uma crescente periferação da cidade, aumento da desigualdade socioespacial e intensificação de conflitos. (PALHETA e NETO, 2017, p. 338)

O processo de urbanização e a sua aceleração é resultado da fusão de inúmeros fatores (antrópicos e naturais), que geram intensas modificações ambientais. Alguns dos impactos socioambientais, e os principais tecnógenos gerados por este processo, podem ser visualizados na tabela abaixo (TABELA 4).

Tabela 4. Alguns impactos socioambientais negativos e tecnógenos associados ao processo de urbanização.

Alguns impactos socioambientais negativos e tecnógenos associados ao processo de urbanização em geral	
Impactos Sociais e Injustiça Ambiental (adaptado e ampliado de PORTO MILANEZ, 2009, p. 1989).	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de oferta imobiliária para população de baixa renda; - Periferização; - Aumento de doenças devido à falta de saneamento básico (água potável, esgoto e coleta de lixo) em áreas periféricas. - Violência urbana, principalmente em áreas pobres das periferias atingindo grupos vulneráveis, como jovens e negros; - Especulação imobiliária e estigma contra populações pobres em áreas “verdes”; - Doenças relacionadas às espécies sinantrópicas⁴¹.

⁴¹ **Animais sinantrópicos**

Animais sinantrópicos são aqueles que se adaptaram a viver junto ao homem, a despeito da vontade deste. Diferem dos animais domésticos, os quais o homem cria e cuida com as finalidades de companhia (cães, gatos, pássaros, entre outros), produção de alimentos ou transporte (galinha, boi, cavalo, porcos, entre outros). (ANIMAIS SINANTRÓPICOS. *In*: Informações para você. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/saude/vigilancia_em_saude/controlado_de_zoonoses/animais_sinantropicos/index.php?p=4378).

Impactos Bióticos	<ul style="list-style-type: none">- Desmatamento e perda da biodiversidade;- Afugentamento e morte de animais silvestres;- Proliferação de animais sinantrópicos.	
Impactos Abióticos	<ul style="list-style-type: none">- Diminuição da permeabilidade dos solos;- Inundações devido à impermeabilização excessiva;- Incremento na demanda por recursos hídricos e energéticos: impactos relacionados ao aumento do número de Hidrelétricas e PCHs (Pequenas Centrais Hidrelétricas);- Poluição/contaminação de solos e recursos hídricos por disposição inadequada de resíduos;- Poluição/contaminação de solos e recursos hídricos por lançamento inadequado de efluentes domésticos e industriais não tratados;- Erosão hídrica e gravitacional (movimentos de massa) devido ao desmatamento e impermeabilização;- Rebaixamento do nível freático por superexploração dos aquíferos;- Retificação de corpos d´água;- Assoreamento de nascentes e corpos d´água com solo e/ou resíduos;- Alteração do microclima: formação de ilhas de calor.	
Tecnógenos A classificação dos tecnógenos foi realizada: quanto à ação antrópica, processos e superfícies tecnogênicas e; com relação ao material (solo para a geologia de engenharia e solo geotecnogênico). Ambas as classificações são apresentadas por Oliveira et al. 2018, p. 443 – Figuras 18a e 18b. Essa classificação será replicada para as demais atividades antrópicas.	Diretos (Máquinas/ Construídos)	<ul style="list-style-type: none">- Aterros (exemplos: aterros, aterros sanitários e lixões). Processo de agradação. Superfície aterrada. Solo alóctone/induzido.- Cortes de taludes, retaludamentos... Processo de degradação. Superfície escavada.- Túneis, depósitos de materiais; poços dentre outros. Processo de degradação. Subsuperfície escavada.- Retificação e canalização de corpos d´água. Processo de degradação associado a um processo de modificação mecânica dos solos. Superfície escavada e posteriormente aterrada com o mesmo material.- Terrenos/solos modificados mecanicamente. Solo modificado.- Terrenos/solos modificados quimicamente, principalmente, pelo descarte irregular de resíduos. Solo modificado associado, geralmente, a um processo de agradação (superfície aterrada).
	Indiretos (Induzidos)	<ul style="list-style-type: none">- Feição erosiva. Aceleração dos processos de erosão hídrica, por exemplo, devido ao mau dimensionamento da rede de drenagem pluvial – Foto 5. Processo de degradação. Superfície erodida.- Feição erosiva. Aceleração da <u>erosão gravitacional</u> devido, por exemplos: a retirada da vegetação, impermeabilização do solo, sobrepeso de construções em encostas. Processo de degradação. Superfície erodida.

		<ul style="list-style-type: none"> - Depósitos aluviais. Assoreamento de corpos d'água e nascentes. Processo de agradação. Superfície de depósito sedimentar. Solo alóctone/induzido. - Depósitos coluviais: acúmulo de material proveniente de movimentos de massa. Processo de agradação. Superfície de depósito sedimentar. Solo alóctone/induzido.
--	--	--

Fonte: a autora.

Foto 5. Erosão provocada por mau dimensionamento da rede pluvial – Rondon do Pará/PA – janeiro/2017. Foto: autora.

A Figura a seguir (FIGURA 24) apresenta a rede de interação entre os principais impactos e tecnógenos (Tabela 4), com os riscos e conflitos gerados pelo processo de urbanização.

Figura 24. Rede/Diagrama de Interação de impactos ambientais, tecnógenos e riscos relacionados ao processo de Urbanização. Os tecnógenos representam impactos, diretos e indiretos, nos meios geológico (solos e rochas) e geomorfológico (relevo, paisagem) – Fonte: a autora. Figurinhas disponíveis em: <https://www.flaticon.com/>.

Análise (tabela x rede) - Urbanização

Como em outras atividades, o desmatamento é a primeira ação que dá início a uma cadeia longa e complexa de impactos e tecnógenos.

Os principais impactos relacionados ao processo de urbanização estão relacionados à basicamente doze ações: (1) desmatamento; (2) impermeabilização dos solos; (3) construção civil (todas as fases das obras); (4) abastecimento público de água e energia; (5) geração de efluentes (residenciais, industriais); (6) alterações nos canais fluviais (retificações, canalizações); (7) emissões atmosféricas; (8) geração de resíduos sólidos (residenciais, industriais, de serviços de saúde, de construção civil); (9) emissões sonoras; e (10) especulação imobiliária.

Os tecnógenos diretos formados pelo processo de urbanização estão associados, basicamente: às atividades de escavação; à construção de aterros; e às modificações nos solos (*in situ* – principalmente através do processo de impermeabilização).

De forma diferente das atividades minerárias, são os tecnógenos indiretos, estes relacionados aos assoreamentos de corpos d'água e, movimentos de massa (escorregamentos, corridas de lama, dentre outros), que se associam de forma mais frequente aos altos riscos socioambientais.

Sobre estes riscos, Oliveira et al. (2005, p.375-376, grifo nosso) comentam:

[...] a ocupação de diferentes compartimentos geomorfológicos constitui um referencial para a individualização de classes sociais. As classes de menor poder aquisitivo, por falta de opções, sujeitam-se a habitar áreas geologicamente desfavoráveis, incrementando, com as formas de uso do solo que praticam, os riscos de acidentes. [...]. As áreas de encostas precariamente ocupadas sofrem os processos tecnogênicos, em geral induzidos, de escorregamentos, envolvendo frequentemente os próprios aterros e depósitos de lixo (depósitos tecnogênicos construídos), e os fundos dos vales, inundações provocadas por enchentes mais frequentes [...].

Essa dinâmica dos processos geológicos nas áreas urbanas, que produz acidentes e deixa cicatrizes e depósitos tecnogênicos correlatos, em geral é mais intensa nessas áreas ocupadas por populações de renda mais baixa do que as demais. Esse tipo de correlação indica que certos aspectos do Tecnógeno merecem ser aprofundados no sentido da análise sociológica e política, verificando-se, por exemplo, a correlação entre as relações existentes entre os homens e entre eles e a natureza, o que

configura um quadro explicativo complexo, porém necessário, dos aspectos da degradação ambiental [...].

Com relação às características dos tecnógenos urbanos, Silva e Nunes (2014) comentam:

Os depósitos tecnogênicos podem ser reconhecidos tanto em ambiente urbano quanto no rural. Entretanto, é no ambiente urbano que ocorre a maior presença dos artefatos de origem humana decorrente do elevado grau de modificação da paisagem e, conseqüentemente, geração de diversificados materiais. Especificamente nas áreas das planícies aluviais, por serem áreas receptoras de materiais transportados de montante, são onde se encontram com maior facilidade os depósitos tecnogênicos. (SILVA e NUNES, 2014, p.490).

A partir do tópico seguinte, serão apresentados: os impactos socioambientais, tecnógenos, riscos, e conflitos associados as atividades relacionadas à infraestrutura.

3.2.4 Infraestrutura para produção de energia e escoamento de mercadorias

As grandes obras de infraestrutura chegam à Amazônia para estimular ainda mais a produção, fragmentando territórios e expropriando comunidades tradicionais. E, da mesma maneira que os grandes empreendimentos relacionados à produção de *commodities*, estes também geram um grande número de impactos socioambientais e tecnógenos diretos e indiretos, muitas vezes, associados à riscos.

3.2.4.1 Hidrelétricas

Segundo Porto-Gonçalves (2017) até 2012 existiam na Amazônia 171 hidrelétricas em operação, ou em construção, dessas 120 são PCHs (Pequenas Centrais Hidrelétricas). Outras 246 estão previstas até 2020. Ao autor ainda sublinha “o enorme impacto que isso implica em termos da capacidade de transformação da matéria (trabalho) proporcionado por essa energia” (p. 63).

Porém, para Alisson (2018, p. 4), “as barragens que têm sido construídas na bacia Amazônica nos últimos anos também deverão ser fortemente impactadas pelas mudanças climáticas globais, projetam os pesquisadores”.

Os impactos socioambientais negativos gerados pelas hidrelétricas são extremamente complexos e, vão muito além da fragmentação do ecossistema aquático. Alguns desses impactos, e os tecnógenos (diretos e indiretos) gerados por estes empreendimentos, são apresentados na tabela abaixo (TABELA 5).

Tabela 5. Alguns impactos socioambientais negativos e tecnógenos associados às hidrelétricas

Alguns impactos socioambientais negativos e tecnógenos associados às hidrelétricas				
Impactos Sociais e Injustiça Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Remoção compulsória de comunidades locais: indígenas; camponeses, quilombolas, ribeirinhos para a construção do reservatório; - Insatisfação com as casas recebidas pela desapropriação; - Expulsão/interferência em comunidades ribeirinhas a jusante da barragem pela diminuição e, às vezes, extinção de espécies aquáticas; - Diminuição da renda e da disponibilidade de proteínas de comunidades ribeirinhas à jusante da barragem, devido à diminuição de espécies aquáticas; 			
Impactos Bióticos	<ul style="list-style-type: none"> - Desmatamento/perda de biodiversidade terrestre (com maior impacto na área do reservatório); - Afugentamento e remoção de espécies terrestres (com maior impacto na área do reservatório); - Perda de biodiversidade aquática a jusante da barragem; - alteração da paisagem 			
Impactos Abióticos (CUNHA, 1995 apud COELHO, 2008, p. 19).		A montante da barragem	No reservatório e periferia	A jusante da barragem
	Hidrológicos	<ul style="list-style-type: none"> - Deposição de carga sólida; - Mudança térmica das águas; - Redução da velocidade das águas; - Subida do nível das águas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Armazenamento de carga líquida; - Armazenamento de carga sólida; - Modificação no conteúdo de gases dissolvidos; - Elevação do nível piezométrico (compressibilidade dos líquidos); - Alteração nas taxas de infiltração; - Maior disponibilidade de água subterrânea; - Ocorrência de Inundações; 	<ul style="list-style-type: none"> - Controle da regularização das descargas; - Redução da carga sólida (sedimentos); - Sanilização da água; - Alteração na estrutura térmica; - Redução do nível piezométrico; - Alteração nas taxas de infiltração; - Menor disponibilidade

			<ul style="list-style-type: none"> - Assoreamento no reservatório; - Redução da vida útil da barragem; - Alteração na transparência da água; - Alteração na estrutura térmica da água. 	de água subterrânea.
	Geomorfológicos	<ul style="list-style-type: none"> - Assoreamento na desembocadura dos rios principais; - Assoreamento no fundo dos vales principais; - Assoreamento na desembocadura e no fundo dos vales afluentes; - Formação de novas áreas de inundação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Submersão das formas de relevo; - Processos de abrasão lacustre; - Recuo das margens ou das falésias lacustres; - Formação de praias e depósitos de abrasão; - Processos de assoreamento; - Formação de bancos arenosos emersos ou imersos; - Formação de lagoas fechadas; - Colmatação da desembocadura dos rios principais; - Formação de novas áreas de Inundação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Entalhe no leito do rio, com consequente descida do nível de base local; - Descida do nível de base dos afluentes com retomada erosiva (entalhe) dos seus leitos; - Processos de erosão nas margens; - Alteração nos sedimentos de fundo e das margens; - Reajustamento na morfologia do canal pela migração dos setores de erosão e sedimentação; - Processos de deposição nas margens e fundo do leito; - Modificações na dinâmica da foz.
	Climáticos		<ul style="list-style-type: none"> - Novo microclima: aumento da umidade relativa e 	

			intensificação dos ventos	
Tecnógenos A classificação dos tecnógenos foi realizada: quanto à ação antrópica, processos e superfícies tecnogênicas e; com relação ao material (solo para a geologia de engenharia e solo geotecnológico). Ambas as classificações são apresentadas por Oliveira et al. 2018, p. 443 – Figuras 18a e 18b. Essa classificação será replicada para as demais atividades antrópicas	Diretos (Máquinas/Construídos)	- Corpo da barragem de terra/enrocamento. Processo de Agradação. Superfície aterrada. Solo Alóctone/Construído. - Escavações de áreas de empréstimo para a construção do corpo da barragem. Processo de Degradação. Superfície Escavada.		
	Indiretos (Induzidos)	- Feições erosivas associadas às escavações para a retirada de material de empréstimo. Processo de Degradação. Superfície erodida. - Assoreamentos em áreas a montante, e no reservatório. Processo de Agradação. Superfícies de Depósitos Sedimentares. Solo alóctone/induzido. Depósitos Aluviais. - Feições erosivas a jusante da barragem. Processo de Degradação. Superfícies erodidas. - Deposição nas margens e fundo de leito. Processos de Agradação. Superfícies de Depósitos Sedimentares (aluviões). Solos Alóctones/Induzidos.		

Fonte: a autora

A partir desta tabela, foi construído um diagrama/rede de Interações entre os impactos socioambientais, tecnógenos, riscos e conflitos associados às hidrelétricas (FIGURA 25).

Figura 25. Rede/Diagrama de Interação de Impactos Ambientais, Tecnógenos e Riscos relacionados às Hidrelétricas. Os tecnógenos representam impactos, diretos e indiretos, nos meios geológico (solos e rochas) e geomorfológico (relevo, paisagem) – Fonte: a autora. Figurinhas disponíveis em: <https://www.flaticon.com/>.

A rede de impactos relacionada às hidrelétricas, de maneira análoga às demais atividades, também tem início com a supressão da vegetação (desmatamento). Porém, também como nas atividades agropecuárias e minerárias, os conflitos têm início no momento em que começam a correr “notícias” sobre uma possível localização do empreendimento, mas de maneira muito mais intensa. Isto, se deve ao fato dos inúmeros, e já conhecidos, impactos socioambientais causados pelas hidrelétricas. Impactos estes, causados, tanto no corpo d’água, como em todo o seu entorno

A construção da barragem causa a fragmentação do ecossistema aquático, e com isso, muitas cidades e comunidades tradicionais são afetadas, frequentemente, de forma irreversível. Com a expropriação destas comunidades, na fase de formação do lago, ou de operação da hidrelétrica, perde-se também a diversidade cultural e dos modos de produção destas.

A diminuição do número de indivíduos e, até mesmo, a extinção de algumas espécies aquáticas à jusante da barragem, gera enorme prejuízo à biodiversidade e às comunidades ribeirinhas. Para Moran et al. apud Alisson (2018, p. 3) “a maioria das espécies de peixe da bacia Amazônica é endêmica. A perda dessas espécies representa um enorme dano para a biodiversidade mundial”. Ainda para Moran, os projetos de construção de barragens, além de não estarem levando em conta as alterações climáticas globais (uma das assinaturas do Antropoceno), não estão, também, “considerando as mudanças do uso da terra no potencial de geração de energia hidrelétrica”. (ALISSON, 2018, p. 4).

Ainda com relação aos impactos socioambientais elencados acima, Porto-Gonçalves também comenta:

Há um mito que precisa ser devidamente avaliado que diz que a energia hidrelétrica é uma energia limpa. Um dos mais dedicados pesquisadores sobre o assunto, o Prof. P. Fearnside, do INPA (Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia), localizado em Manaus, afirma que, na verdade, elas são fontes importantes de emissão de gases de efeito estufa, inundação de terras férteis, de remoção forçada das comunidades que ali vivem, interrompem o trânsito humano e, assim, seus territórios e territorialidades. Contribuem, ainda, para o desmatamento das importantíssimas matas de igapó⁴². (PORTO-GONÇALVES, 2017, p. 68).

⁴² “Florestas periodicamente inundadas na beira dos rios de água preta (Igapó)”. (OLIVEIRA A. A. et al., 2001, p. 189).

É possível se observar na figura anterior (FIGURA 25) que os principais tecnógenos diretos gerados pelas hidrelétricas estão associados à fase de construção do empreendimento. São eles: (i) as áreas escavadas para a retirada de material para a construção do corpo da barragem, e (ii) o próprio corpo da barragem, ao qual se associa, geralmente, os maiores riscos⁴³.

É importante sublinhar que a análise de risco de uma barragem se inicia na fase de planejamento da mesma e, só termina, na fase de abandono.

Uma reportagem de Torres e Barnford, publicada pela Agência Carta Maior em 13/01/2017, traz um depoimento emocionado do mundukuru Cândido Waro:

Duas barragens, Teles Pires e São Manoel, foram construídas no limite da nossa terra. Elas estão destruindo as nossas vidas. O rio Teles Pires está sujo. Nossos filhos estão morrendo de diarreia. Os peixes estão acabando. Nós não queremos as barragens, mas o governo não nos ouve. Estão nos destruindo. (IHU, 2017).

Lima et al. (2017, p. 16-17) também citam os diversos impactos socioambientais associados às hidrelétricas, e outras formas de produção de energia, classificadas como “limpas” (*pero no mucho!*):

O caráter renovável, “limpo”, “sustentável” da energia elétrica gerada por fontes ditas renováveis, como no caso do aproveitamento do gradiente hidráulico dos rios, ou mesmo da energia eólica e solar fotovoltaica é questionada em virtude dos

⁴³ Por exemplo, até hoje, existem muitas dúvidas sobre os níveis de risco associados à barragem de Belo Monte. O site do Instituto Humanitas Unisinos replicou um artigo de Lúcio Flávio Pinto (2019) que falava sobre o assunto:

Belo Monte voltou a se tornar polêmica quando uma reportagem de Eliane Brum, revelando o conteúdo da correspondência da **Norte Energia** com a ANA, foi publicada pelo jornal espanhol **El País**. “Diante de uma mudança tão drástica na conclusão de estudos, e num período tão curto de tempo”, a jornalista considerou razoável que “o público atingido possa ter dúvidas consideráveis que os órgãos governamentais responsáveis têm o dever de esclarecer para não gerar pânico”. Lembrando das críticas e discussões que acompanharam a obra ao longo do seu desenvolvimento, assinalou como uma novidade exposta pelo documento “a precariedade do projeto de engenharia. “Belo Monte”, que adotou “uma composição mista”: concreto, enrocamento (proteção com rochas e pedras) e compactação de solo. “É esta última parte, sem proteção de pedras e rochas, que pode sofrer danos estruturais. A Norte Energia assume, no documento, que cumprir as vazões estabelecidas em períodos de seca mais severa pode levar a uma redução do nível da água capaz de expor a barragem principal. A Norte Energia e os órgãos governamentais precisam responder com urgência e total clareza qual é o nível de risco, inclusive se há possibilidade de a barragem se romper. Também precisam dizer quais as providências que serão tomadas para corrigir o projeto, já que tudo indica que os cenários de seca severa podem se repetir”, escreveu **Eliane**. (IHU, 2019).

aspectos de (in)sustentabilidade social e biofísica de sua implantação e operação, decorrentes do modo de apropriação de grandes trechos de terras. A necessidade de represamento de grandes volumes de água e a consequente inundação, a depender das características topográficas da região de instalação, de áreas muito maiores do que aquelas consideradas ideais a geração de hidroeletricidade; os desmatamentos, terraplenagens e intervenção em feições geomorfológicas diversas, prática comum a todos os projetos; a salinização de águas pelo processo de evaporação, assoreamentos e interferência na bacia de drenagem, alterações no balanço hídrico e nas funções e ciclos ecológicos da água, no caso de hidrelétricas. As mudanças radicais e violação de direitos das pessoas atingidas pelos projetos de energia e as frequentes práticas de desterritorialização, *espoliação/desposseção* dos povos e comunidades tradicionais como ribeirinhos, pescadores artesanais, agricultores familiares, marisqueiras, quebradeiras de coco babacu, indígenas, quilombolas, agricultores familiares, são alguns dos fatos relacionados a temática que mobilizam grupos sociais, universidades e organizações que põe em questionamento a “sustentabilidade” e a perspectiva de energia “limpa” desses projetos.

Porém, ainda deve-se apensar aos inúmeros impactos socioambientais causados pelas hidrelétricas, outro tanto, este, associado às linhas de transmissão de energia. Dentre eles: desmatamento; erosão; assoreamento de corpos d’água; alteração da paisagem; perturbação da fauna terrestre; possibilidade de acidentes com a avifauna; fragmentação dos territórios; aumento na pressão da fauna; e doenças causadas pela proximidade às linhas. Os principais tecnógenos associados a este tipo de empreendimento são: os depósitos de sedimentos/assoreamentos em corpos d’água presentes ao longo das linhas, devido à erosão associada ao desmatamento, limpeza do terreno, e cortes e terraplanagem do terreno; e as próprias escavações/cortes/terraplanagem para a instalação das torres.

A Amazônia meridional, na Bolívia e no Brasil, vem sendo incorporada ao complexo logístico que dá suporte à dinâmica capitalista no espaço geográfico com o avanço do complexo do *agrobusiness* da soja, do milho, da cana de açúcar e da pecuária extensiva, ampliando o chamado Arco do Desmatamento no Brasil que, hoje, se prolonga pelo Beni, na Amazônia boliviana, e por Madre de Dios, no Peru. Todo um complexo de energia (Jirau, Santo Antônio, Cachoeira Esperança) está sendo construído para dar suporte à expansão da soja que se articula ao porto de Itacoatiara, no estado do Amazonas, já sob controle das grandes corporações transnacionais do *agrobusiness* que, desse modo, retroalimenta o processo de avanço do desmatamento. O mesmo se dá na Amazônia Ocidental com as hidrelétricas de Tucuruí, Belo Monte, e do rio Tapajós-Teles Pires, que oferecem as condições de energia para a exportação de carne, sobretudo no Pará, e para o complexo de soja, no norte do Mato Grosso. Uma nova estrada, a BR-163, sai de Cuiabá em direção a Santarém, na

foz do rio Tapajós, onde há um porto que está sob o controle da multinacional Cargill. Essa estrada é paralela à Belém-Brasília e fragmenta a floresta, antes uma extensa área contínua. A partir das bordas dessas estradas surgem várias outras estradas vicinais que avançam conformando o devastador desenho de espinha de peixe [...]. (PORTO-GONÇALVES, 2017, p. 59-60).

Os impactos causados pelas hidrelétricas também se acumulam e interagem aos da mineração, como pontua Silva (2019):

No caso específico da Volta Grande do Xingu, a mina da Belo Sun Mineração é apenas a ponta de lança de outras dezenas de “direitos minerários” para exploração de substâncias como ouro, diamante, estanho, tantalita, manganês, cassiterita, fosfato e outros. Nesse sentido, se verifica a imbricação e coetaneidade das economias políticas da energia e da mineração. O barramento do Xingu cumpriu fundamentalmente duas funções: a) oferecer a oportunidade de fornecimento de energia a valores irrisórios para as empresas mineradoras que viriam em seguida; b) reduzir os custos de transação da extração mineral no leito do rio, através da razão da vazão e do consequente assoreamento. O enredo de Tucuruí com Barcarena tende a se repetir com Belo Monte. (SILVA, 2019, s/p.).

A seguir, serão apresentados alguns dos impactos e tecnógenos associados às rodovias e ferrovias, ou seja, ao transporte da produção. Não serão abordados neste capítulo, os impactos das hidrovias e portos, por serem atividades que não se associam, tão frequentemente, à geração de tecnógenos diretos de risco. Porém, é importante sublinhar que os impactos socioambientais produzidos por estes empreendimentos são tão, ou mais, significativos que os gerados pelas demais atividades.

3.2.4.2 Rodovias e Ferrovias

Além das rodovias Belém-Brasília, BR-364 (Brasília a Cuiabá, Porto Velho e Rio Branco), e BR-163 (Cuiabá-Santarém), um “outro vetor de desmatamento vem se abrindo nos últimos 15 anos com a rodovia 174, que interconecta Manaus-Boa Vista, no Brasil, a Caracas, na Venezuela”. (PORTO-GONÇALVES, 2017, p. 62).

Da mesma forma que as hidrelétricas, as rodovias e ferrovias, também, geram a fragmentação de territórios e ecossistemas, causando intensos conflitos e impactos ambientais irreversíveis – TABELA 6.

Tabela 6. Alguns impactos socioambientais negativos e tecnógenos associados às Rodovias e Ferrovias

Alguns impactos socioambientais negativos e Feições Tecnogênicas associados às Ferrovias e Rodovias		
Impactos Sociais e Injustiça Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Desapropriações compulsórias; êxodo rural; expropriação; - Mortes por atropelamento; - Doenças respiratórias associadas à poluição do ar; - Stress relacionado à poluição sonora; - Fragmentação de territórios e isolamento de pequenas comunidades; - Degradação de moradias devido às vibrações 	
Impactos Bióticos	<ul style="list-style-type: none"> - Desmatamento/perda de biodiversidade e, consequentemente, da função ecológica; - Afugentamento e atropelamentos da fauna; - Fragmentação de ecossistemas; - Aumento do risco de incêndios e consequente perda da biodiversidade; - Devido ao assoreamento, diminuição e extinção de espécies (ictiofauna). 	
Impactos Abióticos	<ul style="list-style-type: none"> - Alteração da paisagem/relevo; - Erosão; - Impermeabilização do solo; - Assoreamento, aumento da turbidez, e alteração no regime dos rios; - Poluição atmosférica (gases e partículas); - Poluição sonora; - Poluição dos solos e recursos hídricos. 	
Tecnógenos A classificação dos tecnógenos foi realizada: quanto à ação antrópica, processos e superfícies tecnogênicas e; com relação ao material (solo para a geologia de engenharia e solo geotecnológico). Ambas as classificações são apresentadas por Oliveira et al. 2018, p. 443 – Figuras 18a e 18b. Essa	Diretos (máquinas)	<ul style="list-style-type: none"> - Escavações/ Cortes no terreno/terraplanagem/retaludamento. Processo de Degradação. Superfície Escavada. - Aterros – Processo de agradacão. Superfície aterrada. Solo transportado/construído.
	Indiretos (indução)	<ul style="list-style-type: none"> - Depósitos de sedimentos/Assoreamentos em redes de drenagem devido ao desmatamento e erosão nas áreas das obras. Processo de Agradacão. Superfície de Depósito Sedimentar. - Feições erosivas associadas ao mau dimensionamento da rede de drenagem pluvial das obras, tanto na superfície, como nas margens dos rios. Processo de Degradação. Superfície Erodida.

classificação será replicada para as demais atividades antrópicas		
---	--	--

Fonte: a autora

A partir dos impactos e tecnógenos elencados na tabela acima (TABELA 6) foi elaborada uma rede interações – Figura 26.

É possível se observar nesta figura, que é ainda na fase de implantação dos empreendimentos, que são gerados os tecnógenos diretos. Os tecnógenos relacionados a escavação, corte e retaludamento dos terrenos são as feições predominantes. Porém, tecnógenos diretos, relacionados a superfícies aterradas, também podem ocorrer.

A ação que antecede à formação dos tecnógenos diretos é o desmatamento. Ação que também é responsável por uma parte dos tecnógenos indiretos formados.

Já na fase de operação das rodovias, os tecnógenos principais são os de origem indireta, e estão relacionados à aceleração de processos erosivos, associados ao aumento no escoamento superficial, gerado pela impermeabilização dos solos.

É necessário ressaltar que os impactos, relacionados aos diferentes modais de transporte e obras complementares, se acumulam e interagem. Quanto aos tecnógenos, estes podem ter sua dinâmica alterada devido às interações entre as diferentes atividades.

Como exemplo, o asfaltamento da BR-163 e a implantação de mais dois outros grandes empreendimentos: uma ferrovia que correria paralela a esta (Ferrogrão) e a hidrovía Teles Pires-Tapajós seriam, segundo a mesma reportagem citada acima, os três pilares para um melhor escoamento do agronegócio norte mato-grossense – FIGURA 27.

Figura 27. Imagem disponível em: <http://www.ihu.unisinos.br/186-noticias/noticias-2017/563946-agronegocio-na-amazonia-logistica-e-tecnologia-sustentam-modelo-colonialista>.

Outro ponto MUITO IMPORTANTE a ser considerado diz respeito à forma como a avaliação dos impactos ambientais destes grandes empreendimentos ou melhor, dos empreendimentos que possam vir a causar SIGNIFICATIVO⁴⁴ impacto ambiental, é solicitada pelo poder público no Brasil.

A Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA – Lei 6.938/1981 (BRASIL, 1981) tem como um dos seus instrumentos: a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), que foi regulamentado pela Resolução CONAMA 01/1986 (BRASIL, 1986) como: EIA-RIMA (Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto do Meio Ambiente). Estes documentos, que são apenas peças técnicas (procedimentos metodológicos), não possuem, por definição, a função de discutir a necessidade do empreendimento, e SIM, sua viabilidade ambiental. Ou seja, o EIA e o seu respectivo RIMA não possuem a função de planejamento. Mas, o que vem sendo exigido no Brasil, desde a regulamentação do EIA/RIMA, é que estes documentos desempenhem este papel, papel que é do poder público.

Então, não existindo políticas de desenvolvimento, específicas para as diferentes realidades e territorialidades brasileiras, estes instrumentos de avaliação de impactos acabam servindo aos grandes grupos capitalistas, como simples garantidores da execução das obras, invisibilizando inúmeras comunidades e suas necessidades, e consequentemente, os impactos e conflitos, que os empreendimentos possam vir a gerar.

Sobre isso, Lacorte e Barbosa (1995, p. 34 – grifo nosso) também colocam:

Os grupos sociais, mesmo os mais isolados, possuem uma lógica e uma dinâmica que são portadoras de múltiplos significados. Além disso, no decorrer de sua história, constituem relações e estratégias de sobrevivência que são cotidianamente renovadas e se afiguram responsáveis por sua identidade enquanto grupo social. Isso quer dizer, por exemplo, que, sob a orientação dessa lógica (historicamente construída), se desencadearão, em determinada sociedade, vários e incontroláveis processos a partir da simples notícia de que uma hidrelétrica está sendo estudada para sua região, processos esses que assumem os mais variados e, às vezes, inesperados matizes, e cuja previsão, no decurso do tempo, escapa às atribuições da ciência e cai nas rédeas da

⁴⁴ Sobre os empreendimentos que devem entregar o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o respectivo RIMA (Relatório de Impacto do Meio Ambiente) na Constituição Federal 1988 – Art. 225, §1º:

IV - Exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade; (Regulamento). (BRASIL, 1988).

futurologia. Assim, a noção de impacto, por um lado, para ser minimamente realista, tem de incorporar a noção de mudança social, o que, necessariamente, demanda a percepção de situações de consenso e conflito. Por outro, a noção de impacto como resposta termina por favorecer a ambiguidade na diferenciação entre procedimentos metodológicos e procedimentos estratégicos, na medida em que atende à estrutura organizada do sistema de produção de uma UHE, aqui já comentada, na qual os estudos de impacto estão assentados (órgãos governamentais, consultoras, empresas de estudos e projetos e empresas de construção civil). A breve análise dessa estrutura, ao revelar-nos a existência de uma divisão de trabalho, sugere sua correspondência com uma constelação de interesses institucionais e empresariais que encontram, nos procedimentos metodológicos, a garantia de execução dos empreendimentos, garantia essa que é dada a partir do esvaziamento da noção de meio ambiente e que se legitima mediante a certeza de que, ao maior e mais drástico dos impactos, sempre corresponderá um conjunto de medidas mitigadoras; ou seja, muito raramente esses estudos conduzem à inviabilização do empreendimento e/ou à sua redefinição.

3.3 Sobre a Amazônia do Antropoceno: a Amazônia do Risco

O modelo de desenvolvimento imposto para a Amazônia tem sido orientado pelo uso intensivo dos recursos naturais. Este marcado pela concentração de capitais sob o controle de grandes corporações, que tendem a fragmentar o território com vistas a alcançarem seus objetivos, com fortes características de enclaves. Projetos estes induzidos pelo Estado. Em particular, de forma sistemática, durante o estado de exceção (1961-1985). O período representa um marco na integração subordinada da região a economia-mundo.

Os “grandes” empreendimentos, ou seja, às práticas espaciais dominantes, estão, geralmente, associadas à volumosas e irreversíveis perdas de recursos, o que afeta diretamente a justiça ambiental e intergeracional⁴⁵.

Cumpre sublinhar que as práticas tradicionais começaram a “construir” a Floresta Amazônica há, aproximadamente, 11.000 anos. Hoje, a floresta está sendo consumida pelos modos de produção capitalista em uma velocidade alarmante.

Ao comparar imagens de satélite e análise do uso da terra, a ONG MapBiomas quantifica a diminuição da cobertura florestal e o aumento da área agrícola. Isso é mostrado no gráfico abaixo entre 1985 e 2018. [...] quando a cobertura florestal perdeu 473.000 km² entre 1985 e 2018, a área agrícola ganhou 448.000 km² - Figura 28. A extensão da agricultura, principalmente para a criação de gado, é em detrimento da floresta a uma taxa quase constante até 2008, quando uma desaceleração se torna visível. Em termos de áreas totais, a tendência do desmatamento na Amazônia brasileira nos últimos trinta anos é a seguinte: decréscimo no final dos anos 80, depois aumento até o pico em 2004, depois acentuada queda durante o mandato presidencial de Lula (2003-2011) e, finalmente, um ligeiro aumento desde então. (ANSART e RIO, 2019).

Figura 28. Evolução da cobertura florestal e de áreas agrícolas na Amazônia brasileira, 1985-

⁴⁵ **Justiça intergeracional**

No âmbito da discussão ambiental, considera-se que o conceito de justiça intergeracional foi apresentado pela primeira vez em 1974, pelo economista James Tobin, ao afirmar que os “administradores de instituições detentoras de patrimônio são os guardiões do futuro contra as reivindicações do presente. Sua tarefa, ao administrar esse patrimônio, é preservá-lo entre gerações.” Desse modo, o economista relacionou o uso sustentável dos recursos naturais à noção de justiça entre gerações. (CONSANI e XAVIER, 2016, p. 147-148).

2018. (Imagem disponível em: <https://ateliercartographie.github.io/BR163/>. Acesso em 28/04/2020).

Sobre este cenário, a Amazônia do Antropoceno pede mudanças urgentes, principalmente, com relação à reforma agrária, e à concepção de uma matriz energética mais híbrida e sustentável. Também, pede políticas públicas que protejam e respeitem os povos e comunidades tradicionais, a biodiversidade e os limites planetários.

Sobre este cenário, Porto-Gonçalves (2017, p. 72) comenta:

Eis o paradoxo imposto pela colonialidade do saber e do poder do sistema mundo capitalista à região e seus povos: a Amazônia, que passara a ser destaque no debate geopolítico mundial por sua função ecológica, sobretudo, para o equilíbrio climático global, se vê, hoje, como uma região que passa a contribuir fortemente para o agravamento desse desequilíbrio por sua produção/exportação de combustíveis, que tende a se tornar cada vez maior.

Ainda sobre políticas públicas que visibilizem e respeitem os Amazônidas, Porto-Gonçalves (2017, p. 82) também pontua:

[...] a agenda ecológica, camponesa e indígena amazônica dialoga com a questão (da Reforma) agrária que, por sua centralidade na formação social de nossa região, há de ser retomada e ressignificada, assimilando a questão dos territórios/das territorialidades, o tema ambiental, o que de certa forma vem sendo feito com o debate técnico-político sobre os sistemas agroflorestais, já presentes nas pesquisas de D. Posey e W. Balee, e agora com a agroecologia e as sementes *criollas*. Enfim, a reforma agrária não mais somente como luta pela terra como um sentido para a vida – territorialidade – para além da dimensão meramente econômica, embora também a inclua e a ressignifique.

Porém, outros caminhos, contrários aos Amazônidas e a Floresta Amazônica estão sendo traçados. Os povos tradicionais, e seus territórios, têm sido entendidos como “entraves” ao desenvolvimento(?) econômico do país e, seus direitos têm sido roubados na mesma velocidade em que a floresta vai ao chão, isto para que as fronteiras agrícolas e a mineração avancem.

Estes empreendimentos são coordenados a partir do interesse de grandes capitais internacionais, e o estado continua sendo o principal indutor/financiador através de políticas “desenvolvimentistas”, que aprofundam ainda mais a condição periférica da Amazônia.

Este quadro, para o qual não sobrar nem madeira para uma simples moldura, tem se agravado com o recente governo, eleito em 2018, e pode ser ilustrado pela linha do tempo abaixo:

Figura 29. Imagem disponvel em: http://www.cartadebeleem.org.br/desmatamento-e-pandemia-o-que-o-conselho-nacional-da-amazonia-esta-fazendo-contra-voce/?fbclid=IwAR160nAW-HskPX6vmTszdx_-M-jTlAX6Ym9XOZTxvZ55Ka9wNuYvN3gskfI. Acesso em 29/04/2020.

No dia 22/04/2020 a Funai (!) – Fundao Nacional do ndio - publicou uma Instruo Normativa que permite a explorao e comercializao de terras indgenas ainda no homologadas pelo presidente da Repblica.

A Instruo Normativa n9/2020, publicada no Dirio Oficial da Unio (DOU), alterou a Declarao de Reconhecimento de Limites, documento que funcionava apenas como uma certificao de que uma propriedade rural privada no invadia imveis vizinhos ocupados por indgenas. Com a publicao da medida, a advogada do Instituto Socioambiental (ISA), Juliana de Paula Batista, explica que a Declarao de Reconhecimento de Limites passar a ser tambm um documento de posse e poder ser dado a imveis privados que estiverem dentro de terras indgenas no homologadas. "O Brasil tem 237 terras indgenas em processo de homologao. Esse processo demora anos, alguns tiveram incio em 1982 e ainda no foram

concluídos. Essa medida permitirá que qualquer uma dessas terras ocupadas por comunidades indígenas sejam consideradas imóveis privados", explica a advogada do ISA. Outra mudança adotada pela Instrução Normativa nº9/2020 é em relação ao Sistema de Gestão Fundiária, o Sigef, um cadastro do Incra com dados oficiais sobre os limites dos imóveis rurais. Antes da medida, qualquer terra indígena, homologada ou em processo, estava cadastrada no Sigef. Agora, apenas os terrenos com homologação concluída serão reconhecidos pelo Sistema.

"Terras indígenas não homologadas poderão ser cadastradas no Sigef como propriedade rural privada. Com o cadastro, esse invasor poderá vender a terra, pedir licenciamento para mineração na área, assim como para criação de gado e de retirada da madeira do local", pontua Batista, afirmando que demais pessoas poderão comprar uma terra sem saber que ela é ocupada por indígenas. Procurada pelo G1, a Funai não se manifestou até a publicação da matéria em 27/04/2020. (MODELLI, 2020).

Ainda sobre as terras indígenas, o G1 publicou, também, em 27/04/2020:

Em fevereiro, o presidente Jair Bolsonaro assinou um projeto de lei para regulamentar a mineração e a geração de energia elétrica em terras indígenas. O projeto seguiu para aprovação no Congresso. O projeto também abre a possibilidade de as aldeias explorarem as terras em outras atividades econômicas, como agricultura e turismo. No dia 12 de fevereiro, comunidades indígenas protestaram em Brasília contra a atuação da Funai nas terras tradicionais, principalmente no que se refere à demarcação de territórios indígenas. Elas também protestaram contra o projeto de lei assinado por Bolsonaro. (MODELLI, 2020).

Cabe lembrar aqui, algumas frases do Presidente Jair Bolsonaro sobre o assunto “terras indígenas”: “No que depender de mim, não tem mais demarcação de terra indígena”; “Nem um centímetro a mais para terras indígenas”⁴⁶; dentre outras.

Abrindo um parêntesis sobre a importância da manutenção da Floresta Amazônica para o planeta:

Para Artaxo (2018 – informação verbal) a região amazônica, maior fonte de vapor d’água do planeta, é o único ecossistema chave para a criação de modelos para a previsão de mudanças climáticas, pois permite o estudo do planeta de 2, 3 mil anos atrás. A água produzida nos trópicos comanda o ciclo hidrológico do planeta, sendo assim, o desmatamento afeta, de forma direta, esta relação. O ciclo hidrológico na Amazônia está mudando, com estações secas mais prolongadas (2005, 2010, 2015/16), o que realimenta

⁴⁶ Disponível em: <https://deolhonosruralistas.com.br/2018/02/08/nem-um-centimetro-mais-para-terras-indigenas-diz-bolsonaro/>.

as queimadas; e cheias mais intensas (2009, 2012, 2014). Com o prolongamento das estações secas, o fluxo de carbono fica reduzido e, consequentemente, ocorre uma enorme perda de biodiversidade.

Todas estas mudanças no sociobiometabolismo amazônico, resultantes de políticas públicas submissas ao capital estrangeiro, não respeitam:

“As múltiplas matrizes de conhecimento que seus povos/etnias/nacionalidades comportam e ativam e que nos oferecem referências para uma relação de convivência, e não de dominação, com as condições materiais da vida (terra-água-sol-vida)”. (PORTO-GONÇALVES, 2017, p. 11)

Sendo assim, políticas públicas de desenvolvimento regional devem ser discutidas e elaboradas a partir de um mapeamento fiel: das comunidades quilombolas e ribeirinhas; dos povos indígenas e da floresta; e dos recursos, que são a base material de cada uma dessas práticas espaciais. Isto, com o objetivo de proteger a sociobiodiversidade amazônica, e não a acumulação do capital. Utópico? Pode ser, já que estamos falando de uma região periférica, de um país periférico.

Os avanços predatórios dos grandes empreendimentos sobre a região amazônica estão alterando de forma drástica o sociometabolismo desta região, o que interfere de forma direta na dinâmica metabólica do planeta (PORTO-GONÇALVES, 2017).

Como mostrado pelas redes de interação destes empreendimentos (Figuras 20, 22, 24, 25 e 26), tanto os impactos, quanto os tecnógenos, estão relacionados, direta ou indiretamente a perdas, muitas vezes, irrecuperáveis.

E, sendo os riscos socioambientais, potenciais perdas, estes podem ser diretamente associados: à capacidade de suporte ambiental, ao tipo e fase do empreendimento, à origem dos impactos (diretos ou indiretos), e à legislação ambiental. Deve-se salientar que mesmo uma boa legislação ambiental de nada “Vale” se não existir ética entre os agentes (público e privado) envolvidos.

Os conceitos de risco têm sido utilizados em diversas ciências e ramos do conhecimento e adaptados segundo os casos em questão. Nessas situações, frequentemente, o termo risco é substituído ou associa-se a potencial susceptibilidade, vulnerabilidade, sensibilidade ou danos potenciais. (DAGNINO e CARPI JUNIOR, 2007, p. 52).

A partir de todas as especificidades expostas acima é difícil pensar em um caminho para tornar o Antropoceno mais justo ambientalmente, que seja traçado do global para o local.

Todas as correlações apresentadas entre: tipos de práticas (dominantes e não dominantes); tecnógenos; riscos; e conflitos, expõem o viés sociológico do estudo dos tecnógenos. Viés este já mencionado por Oliveira et al. (2005).

Então, a proposta deste trabalho é produzir uma ferramenta de análise, planejamento e gestão socioambiental de esfera local. Será apresentada uma classificação para os tecnógenos associada: (i) às práticas que os geraram; (ii) à existência, ou não, de controle antrópico sobre estas modificações dos meios geológico e geomorfológico; (iii) à atividade ou estabilidade destas feições; e (iv) à características e dados socioambientais da área afetada e do seu entorno. Todos estes parâmetros são associados a um grau de risco e, de capacidade de suporte ambiental, que indicarão a necessidade de intervenção.

O grau de risco e de capacidade de suporte ambiental serão gerados com método semelhante ao utilizado pelos PARs (Protocolos de Avaliação Rápida) de Qualidade ambiental (que será descrito no capítulo 4).

Os tecnógenos gerados de forma direta, por empreendimentos que possam vir a causar SIGNIFICATIVO impacto ambiental, por lei, devem possuir controle antrópico. Como exemplo, as barragens de rejeitos de mineração – tecnógenos diretos sujeitos ao licenciamento ambiental. Então, TEORICAMENTE, possuem controle de riscos e planos de emergência para acidentes.

Porém, os tecnógenos indiretos não possuem este licenciamento, pois, são formados a partir de outros impactos e tecnógenos e, somente são gerados quando as medidas mitigadoras escolhidas não estão funcionando, ou não foram operacionalizadas. Como os estudos ambientais elaborados devem apresentar estas medidas para todos os impactos gerados, por todas as ações do empreendimento em todas as suas fases, a maioria destas feições nem deveria existir.

Sendo assim, os tecnógenos que são objeto desta nova classificação são os tecnógenos diretos e indiretos SEM CONTROLE ANTRÓPICO⁴⁷, ou seja, dos quais não é exigido o licenciamento ambiental.

Não existem, até o momento, propostas de classificações genéricas que incorporem este parâmetro (controle antrópico) ou, associem estes tecnógenos: aos riscos, conflitos, capacidade de suporte ambiental e necessidade de intervenção (grau de intervenção). E, como o demonstrado através das tabelas e redes de impactos elaboradas para esta pesquisa, estes parâmetros se mostraram extremamente importantes do ponto de vista da análise socioambiental, uma análise que vai além da dinâmica dos processos geológicos, materiais e ambientes envolvidos na formação dos tecnógenos. Todos esses fatores justificam essa nova proposta.

Sendo assim, o capítulo seguinte, apresenta uma nova proposta de classificação para os tecnógenos, que objetiva a associação destes a um grau de risco e de capacidade de suporte ambiental. A utilização de forma replicada desta ferramenta poderia minimizar impactos, riscos e conflitos em escala regional.

⁴⁷ Não é objetivo deste trabalho discutir as formas ilícitas de obtenção de licenças ambientais (que são muito frequentes no Brasil).

4 UMA NOVA PROPOSTA PARA A CLASSIFICAÇÃO DOS TECNÓGENOS

Os capítulos 2 e 3 desta pesquisa apresentaram a intrínseca relação entre os tecnógenos, as diferentes práticas espaciais, os riscos e conflitos socioambientais.

Sendo assim, é objetivo deste capítulo propor uma nova classificação para os tecnógenos que, além de descrever o processo de formação e a composição destas unidades, consiga, através da identificação e análise de uma série de parâmetros/variáveis, associar um fator de risco e de capacidade de suporte socioambiental a estas áreas.

Desta forma, às novas classes propostas será possível se agregar um Índice⁴⁸ de Intervenção (II), ou seja, um índice visualizador da necessidade e, principalmente, da relevância de recuperação da área. Desta forma, o instrumento de gestão ambiental proposto por esta pesquisa, se caracteriza: tanto como um instrumento preventivo, pela análise de risco; como um instrumento corretivo, quando da indicação da necessidade e urgência de recuperação/intervenção.

Segundo Garcias (2001) o controle de áreas de risco se apresenta como um importante indicador da qualidade ambiental urbana. E, segundo Vargas e Ribeiro (2001, p. 15) este conceito está intrinsecamente conectado à dois outros importantes conceitos: o de ecossistema urbano e o de qualidade de vida.

O delineamento geral, com relação aos procedimentos adotados para a coleta de dados e proposição da metodologia de classificação socioambiental dos tecnógenos, foi dividido nas seguintes etapas de trabalho: (i) pesquisa bibliográfica sobre: classificações existentes para os tecnógenos; classificações para solos antrópicos, tecnosolos, solos urbanos, e antropossolos; trabalhos aplicados; e métodos de interpretação utilizados para analisar os tecnógenos; (ii) a partir da primeira etapa, indicação de base conceitual e proposição de método para a classificação socioambiental destes tecnógenos; (iii) levantamento de imagens e estudo de campo (coleta de dados e testagem do método).

48 “Em uma análise superficial, índice e indicador possuem o mesmo significado. [...] a diferença está em que um índice é o valor agregado final de todo um procedimento de cálculo onde se utilizam, inclusive, indicadores como variáveis que o compõem”. (SICHE et al. 2007, p. 139).

4.1 Revisão de Literatura

4.1.1 Conceitos e Classificações

Muitas são as propostas de conceitos e classificações, associados às modificações de origem antrópica dos meios geológico e geomorfológico, que vêm surgindo com o avanço das pesquisas nesse campo.

Pesquisadores “soviéticos” (russos) começaram a discutir o tema na década de 80, enquanto que, no Brasil, este tema começou a ser discutido uma década depois.

Além das propostas conceituais, os tecnógenos têm sido classificados, até o momento, principalmente, pelo ambiente de formação; pelos materiais constituintes; estrutura; pelos processos atuantes na formação dos mesmos (gênese); e formas de ocorrência.

Outros termos encontrados na literatura, associados às modificações antrópicas *in situ* do meio geológico (solos), foram: antropossolos; solos tecnológicos; tecnossolos; eterras/solos urbanos; solos antrópicos e solos antropogênicos. Sendo que, estes dois últimos termos já foram apresentados no item 2.2 (p. 22) desta tese.

O fator humano na formação do solo tem sido objeto de alguns artigos clássicos em Soil Science: Bidwell e Hole, 1965, Yaalon e Yaron, 1966, e Amundson e Jenny, 1991. No entanto, dada a extensão da mudança ambiental global resultante das atividades humanas, enfatizada pelo termo proposto "Antropoceno" para descrever a época geológica em que vivemos (Crutzen, 2002), há uma nova urgência no estudo de atributos e efeitos antropogênicos do solo. Os cientistas do solo precisam caracterizar, classificar e mapear solos alterados pelo homem e entender sua propriedades e gênese, a fim de gerenciar esses solos para melhorar prestação sustentável de serviços ecossistêmicos. Mas, até certo ponto, todos os solos serão afetados por mudanças globais induzidas antropogenicamente. (SHAW, 2015, p. 135).

Uma pesquisa realizada com a ferramenta Google Ngram Viewer⁴⁹ para os termos (grafados em inglês): solos antrópicos (anthropic soils), solos antropogênicos

⁴⁹ O Google Ngram Viewer é uma ferramenta online que permite a visualização, em gráficos, da frequência de aparição de grupos de até cinco palavras em livros do acervo Google Books. (EMANUEL e MONAT, 2016, p. 1).

(anthropogenic soils) e, solos tecnogênicos (technogenic soils) apontou, para os dois primeiros termos, a década de 60 como o início das publicações. Para o termo solos tecnogênicos o início das publicações está marcado na década de 80, o que coincide com as primeiras propostas para um novo período geológico, o Quinário ou Tecnógeno – Figuras 30, 31 e 32.

Figuras 30, 31 e 32. Gráficos com o número de publicações, até 2000, associadas aos termos: solos antrópicos (anthropic soils), solos antropogênicos (anthropogenic soils) e, solos tecnogênicos (technogenic soils) obtidos pela ferramenta Google Ngram Viewer.

“Chemekov (1983) distingue três séries principais de formações tecnogênicas: subaérea, subaquosa e subterrânea” (MIRANDOLA e MACEDO, 2014, p.67); e Peloggia et al. (2014) citam as 11 categorias associadas à primeira série (subaérea) de Chemekov - Figura 33.

Technogenic deposit type	Description
Dumped	Ores extracted from mines, dumps from different enterprises, construction refuses etc.
Filled	Deposits which are to fill gullies, abandoned mines, quarries etc.
Mixed or agrotechnical	Arable and garden lands.
Washed up	Artificial islands, beaches, banks etc.
Rewashed	Dredged dumps etc.
Construction	-
Cultural layers	-
Precipitation	Precipitated materials in technogenic water reservoirs.
Linear aggradation	Deposition in technogenic streams.
Technogenically changes	Natural deposits with technogenic components.
Technogenically caused	Natural sedimentation in dammed reservoirs.

Figura 33. Chemekov’s technogenic deposit types (Tipos de depósitos tecnogênicos propostos por Chemekov). (Fonte: PELOGGIA et al. 2014, p. 30)

A classificação apresentada por Chemekov é ancorada em dois parâmetros: (i) no ambiente de formação (superficial/subaéreo; subterrâneo; subaquoso) e; (ii) no(s) processo(s) geradores dos depósitos tecnogênicos (gênese).

A primeira categoria da série subaérea, *dumped* (despejado, despejo,) está relacionada a processos de agradação (mecânica), ou seja, à formação de pilhas de minério/rejeitos de mineração; pilhas de resíduos/rejeitos de outras diferentes atividades industriais; pilhas de resíduos de construção civil; dentre outros.

A segunda categoria *filled* (preenchido) já está associada com ações de “preenchimento” de espaços (buracos) gerados pela operação de algumas atividades. Como exemplos: as cavas de mineração e; de forma indireta, as feições erosivas resultantes da retirada de material de empréstimo. É importante esclarecer que estes foram apenas exemplos dados pelo autor para exemplificar o processo antrópico em questão. Porém, ravinas e voçorocas NUNCA devem ser “preenchidas”. Estes tipos de feições erosivas devem ser recuperados através de um conjunto de técnicas que promovam o assoreamento do fundo da erosão, para posterior revegetação da área.

A terceira categoria de depósitos tecnogênicos (*mixed or agrotechnical*) está relacionada aos solos modificados pelas atividades agrícolas; e as categorias 4 e 5 às atividades de dragagem e construção de aterros hidráulicos.

A categoria 6 é representada pelas obras civis, como exemplo, as barragens de terra e enrocamento. Este exemplo se associa à 11ª categoria que representa as áreas sedimentação (depósitos sedimentares) nos reservatórios formados pelo barramento.

As categorias 8 e 9 são representadas por processos que se desenvolvem a partir de tecnógenos já existentes (precipitação de materiais em reservatórios de água tecnogênicos; e sedimentação em canais tecnogênicos).

A categoria 10 é representada pelos depósitos naturais alterados de forma tecnogênica. Como exemplo: um talude natural estabilizado por biomantas ou geotêxteis.

Pelo demonstrado pela classificação de Chemekov (1983) existem inúmeros tipos de depósitos tecnogênicos, que se associam no espaço/tempo de maneira bastante complexa.

Sobre esta variedade de depósitos, Ter-Stepanian em 1988 (p. 141) enfatizou: “deve-se ter em mente que as taxas dos processos tecnogênicos excedem as taxas naturais em várias ordens”, fato que leva à formação de uma grande variedade de depósitos deste tipo, em contraste com os depósitos naturais.

Fanning e Fanning (1989, p. 192 – tradução nossa) apresentaram uma proposta de classificação para “solos altamente influenciados pelo homem” baseada nos materiais constituintes dos depósitos tecnogênicos e, pela associação destes materiais à alguns processos de formação (classes iv e v) e potencial de poluição (classe ii). As classes propostas são:

[...] não fazem parte da taxonomia oficial do solo. Porém, se faz necessário um maior desenvolvimento desse tipo de abordagem. Considera-se uma maior ênfase nas propriedades físicas (por exemplo, densidade aparente) na definição das características diagnósticas, o que resulta em classes que seriam mais úteis para a interpretação desses solos.

As classes propostas são: (i) Urbic Materials (Materiais “Urbanos”/”Úrbicos” – tradução nossa); (ii) Garbic Materials (Materiais “Gárbicos” – tradução nossa); (iii) Spolic Materials (Materiais “Espólicos” – tradução nossa); (iv) Scalped Land Surface (Superfícies “Dissecadas” – tradução nossa); e (v) Dredged Materials (Materiais Dragados – tradução nossa).

A classe dos Materiais “Urbanos”/”Úrbicos” é formada

Pelo solo mineral que contém (dentro de um determinado pedon) artefatos, ou partes de artefatos, fabricados pelo homem moderno. Esses artefatos incluem: tijolos, vidros, escórias, cinzas, concreto, asfalto, pregos, madeira serrada, papel, plásticos, aço, ligas de metal e pedra britada. Os itens fabricados, como tijolos e garrafas de vidro, geralmente são quebrados e ocorrem como fragmentos. (FANNING e FANNING, 1989, p. 193 – tradução nossa).

Os Materiais “Gárbicos” são “resíduos orgânicos provenientes das atividades humanas” (FANNING e FANNING, 1989, p. 193).

Os materiais gárbicos que ocorrem dentro, ou próximo, a um solo com espessura significativa (por exemplo, 0,5 m ou mais) são importantes do ponto de vista das interpretações da pesquisa de solo, porque (1) as superfícies sobre eles podem diminuir, (2) produtos químicos perigosos podem poluir os recursos hídricos e, (3) metano pode ser gerado. [...]. Os materiais gárbicos contêm artefatos de objetos da atividade humana, como os materiais urbanos, mas a ênfase aqui está na natureza orgânica do lixo. (FANNING e FANNING, 1989, p. 194-195 – tradução e grifo nosso).

Os materiais espólicos são definidos aqui como materiais naturais (predominantemente mineral – solos naturais) que foram removidos por equipamentos de movimentação de terra em atividades de mineração, construção de rodovias e, outras atividades de movimentação de terra. Eles contêm poucos artefatos fabricados para se qualificarem como Materiais Urbanos. Os materiais espólicos podem ser identificados por uma combinação de características geomórficas e de perfil.

Já as Superfícies “Dissecadas” (corte mecânico do solo), segundo os autores, podem ser identificadas:

“Pela geomorfologia peculiar, que normalmente consiste em linhas de rompimento de contornos topográficos naturais e, por sua associação com áreas de preenchimento com materiais espólicos” (FANNING e FANNING, 1989, p. 197).

A classe dos Materiais “Dragados” é definida pelos autores como “materiais/solo (geralmente minerais) que foram dragados por ação humana das vias navegáveis” (FANNING e FANNING, 1989, p. 197 – tradução nossa).

A classificação de Fanning e Fanning (1989) foi utilizada por Silva (2013) em um estudo sobre os impactos ambientais relacionados a estes depósitos na Ilha de Santa Catarina (SC). A autora apontou os depósitos gárbicos como os que mais impactam o meio ambiente, seguidos pelos depósitos dragados, úrbicos (urbanos) e espólicos.

Oliveira (1990) propõe uma classificação genética para os depósitos tecnogênicos: a) Construídos (resultantes diretos da ação humana, como aterros, corpos de rejeito etc.); b) Induzidos (resultantes de processos naturais modificados ou intensificados pela ação humana, como depósitos de assoreamento, aluviões modernos etc.); e c) Modificados (solos ou depósitos naturais alterados em sua constituição por componentes tecnogênicos, como efluentes, adubos etc.). (MIRANDOLA e MACEDO, 2014, p. 68).

Peloggia (1999) apresenta uma classificação dos tecnógenos com relação à estrutura e às formas de ocorrência e, incorpora a esta, classificações quanto: à gênese; à composição; e aos ambientes de formação. Figura 34.

Parâmetro	Gênese	Composição	Estrutura	Formas de Ocorrência	Ambientes
Depósito tecnogênico	1ª ORDEM	Úrbicos ^C	Estratificados	Maciços isolados	Industriais ^B
	Construídos ^A	Gárbicos ^C	Em camadas	Lençóis de aterramento	Mineiros ^B
	Induzidos ^A	Espólicos ^C	Em células	Coluviformes	Urbanos ^B
	Modificados ^A	Líticos	Maciços	Aluviiformes	periurbanos
			Irregulares		Rurais ^B
	2ª ORDEM	Sedimentares			
	Retrabalhados ^B	Tecnogênico-			
	Remobilizados	aluviais ^D			

Figura 34. Classificação integrada dos depósitos tecnogênicos. Referências: A) Oliveira (1990); B) Nolasco (1998⁵⁰); C) Fanning e Fanning (1989); D) Osovetskiy (1996). (PELOGGIA, 1999, p. 39).

Em 2005, Peloggia e Oliveira apontam a importância de uma primeira classificação dos depósitos tecnogênicos como depósitos correlativos, e apresentam uma nova classificação genética.

Seja como for, o ponto fundamental na questão da classificação (ordenação e hierarquização dos tipos de depósitos) é ter-se claro, na caracterização de um depósito tecnogênico como sendo um registro geológico gerado pela atividade humana, o conceito de **depósito correlativo**. Nos parece aqui adequada a definição de que o depósito correlativo corresponda a determinada ação específica; ou seja, não existiria, ao menos naquela forma e expressão, sem uma ação que pode ser, assim, determinada e especificada e, uma vez que isto seja feito, a caracterização do depósito decorre dela, mesmo que falem os atributos litológicos diferenciadores. Assim, parece-nos adequado distinguir geneticamente (Peloggia 1999b): (1) depósitos de **primeira ordem ou geração**, a partir da sistemática geral proposta por Oliveira (1990), que diferencia depósitos **construídos** (resultantes da ação humana direta, como aterros sanitários), **induzidos** (resultantes de processos naturais modificados, como depósitos de assoreamento de reservatórios) e

50

Nolasco (1998) introduz uma quarta categoria à classificação de Oliveira (1990), os depósitos retrabalhados, englobando quaisquer depósitos tecnogênicos que sofreram a ação de agentes naturais, resultando na imposição das estruturas de outro agente geológico, sem intervenção humana (e sem, também, descaracterizar o depósito em si), como a erosão ou o solapamento de um aterro. (MIRANDOLA e MACEDO, 214, p. 68) – grifo nosso.

modificados (depósitos naturais preexistentes mas alterados, como solos poluídos) e; (2) de **segunda ordem**, incluindo-se a categoria dos depósitos **retrabalhados** (como depósitos de processos de desassoreamento) proposta por Nolasco (2002). (PELOGGIA e OLIVEIRA, 2005, p. 3 – negrito dos autores).

Também com relação à gênese, em 2013, Goudie (já citado no Capítulo 3) classifica os processos antropogênicos como: a) diretos - de construção, de escavação, e de interferência nas águas superficiais; e b) indiretos - de aceleração de processos erosivos e de sedimentação, subsidência, movimentos de massa, de geração de sismos, e intemperismo – Figura 35.

<i>Direct anthropogenic processes</i>
Constructional Tipping, molding, plowing, terracing, reclamation
Excavational Digging, cutting, mining, blasting of cohesive or noncohesive materials, cratering, tramping, churning, trawling of sea bed
Hydrological interference Flooding, damming, canal construction, dredging, channel modification, draining, coastal protection
<i>Indirect anthropogenic processes</i>
Acceleration of erosion and sedimentation Agricultural activity and clearance of vegetation, engineering, especially road construction and urbanization Incidental modifications of hydrological regime
Subsidence: collapse, settling Mining (e.g. of coal and salt) Hydraulic (e.g. groundwater and hydrocarbon pumping) Thermokarst (melting of permafrost)
Slope failure: landslides, flows, accelerated creep Loading Undercutting Shaking Lubrication
Earthquake generation Loading (reservoirs) Lubrication (fault plane)
Weathering Acidification of precipitation Accelerated salinization Lateritization

Figura 35. Classificação de Processos Antropogeomorfológicos. (Fonte: Goldie, 2013, p.170).

Em 2014, Peloggia et al. apresentam nova proposta de classificação genética (geotecnogênica) para os terrenos artificiais⁵¹ com a seguinte tipologia (TABELA 7): Terreno Tecnogênico de Agradação (Depósito Tecnogênico sobre terreno natural ou escavado); Terreno Tecnogênico de Degradação (Terreno Natural ou Tecnogênico alterado em sua morfologia por perda de volume de material); Terreno Tecnogênico Modificado (Terrenos *in situ* Modificados); e Terreno Tecnogênico Misto (Terreno resultante da superposição de ações antrópicas). À esta nova classificação, os autores incorporaram: base conceitual e, categorias de mapeamento.

Tabela 7. Proposta de classificação de terrenos artificiais.

Classe de Terreno Tecnogênico	Conceito	Categorias de Mapeamento	Classificação Genética de Tipos de Terrenos, Solos e Depósitos Tecnogênicos		Exemplos Típicos
Terreno Tecnogênico de Agradação	Depósito tecnogênico sobre terreno natural ou escavado	Depósitos Tecnogênicos	Depósito construído de 1ª geração	Depósito Construído (depósito sobre terreno natural)	Aterros em geral, diques e barragens de terra, bota-foras, depósitos de lixo e aterros sanitários, enrocamentos.
				Depósito Construído de Preenchimento (depósito sobre terreno escavado ou erodido)	
			Depósito induzido de 1ª geração	Depósito Sedimentar Induzido Aluvial (depósito de fundo de vale)	Depósitos sedimentares relacionados às redes de drenagem atuais
				Depósito Sedimentar Induzido Coluvial (depósito de encosta)	
			Depósito de 2ª geração	Depósito Remobilizado	Depósitos formados por retrabalhamento de depósitos previamente existentes.
Terreno Tecnogênico de Degradação	Terreno natural ou tecnogênico alterado em sua	Cicatrizes tecnogênicas induzidas	Terreno Erodido (cicatrizes erosivas)		Sulcos, ravinas e voçorocas.
			Terreno Escorregado (cicatrizes de deslizamentos)		Escorregamentos em geral.
			Terreno Afundado		Dolinas, poços,

⁵¹“ [...] novos terrenos formados como resultado direto ou indireto da ação do ser humano, seja esta, relacionada a processos erosivos, deposicionais, ou ainda a transformações ocorridas *in situ* dos terrenos naturais”. (PELOGGIA et al. 2014, p. 28).

	morfologia por perda de volume de material		(afundamentos por subsidência ou colapso)	sumidouros, depressões.
		Cicatrizes Tecnogênicas Construídas	Terreno Escavado (superfície de escavação)	Cortes de terraplanagem, cavas de mineração.
Terreno Tecnogênico Modificado	Terrenos in situ Modificados	Horizontes alterados	Solo Quimicamente Alterado (horizontes com alteração química)	Solo contaminado com efluentes ou pesticidas.
			Solo Mecanicamente Alterado (horizontes compactados ou revolvido)	Solo compactado, subsolagem de solo agrícola.
Terreno Tecnogênico Misto	Terreno resultante da superposição de ações antrópicas	Unidades Compostas	Camadas Sobrepostas	Aterro (depósito construído) sobre depósito de assoreamento (induzido) ou sobre horizontes de solo tecnogênico
		Unidades Complexas	Camadas Complexas (unidade indiferenciada)	Aterro alterado por efluentes (depósitos construído e modificado), camadas arqueológicas.

(Fonte: PELOGGIA et al., 2014, p. 36).

Uma proposta de classificação aplicada é apresentada por Mirandola e Macedo (2014) para utilização em áreas de risco de deslizamento (áreas de assentamentos urbanos precários). Os grupos apontados pelos autores são: as feições tecnogênicas; os depósitos tecnogênicos; e os vetores tecnogênicos.

O primeiro grupo identifica as modificações resultantes da ação humana que não propiciam a geração de depósitos (apesar de, indiretamente, a execução de cortes poder gerar depósitos de aterro lançado), mas a geração de uma feição geométrica, o corte ou talude de corte. (p. 69).

O grupo denominado Depósitos Tecnogênicos, foi dividido segundo os tipos de depósitos mais comuns e presentes nos assentamentos precários urbanos, e foram elencados três tipos de depósito: depósito de solo, depósito de lixo e depósito de entulho. [...] O terceiro grupo, Vetores Tecnogênicos, foi criado com a intenção de enfatizar outras ações tecnogênicas que não resultam na geração de depósitos. No caso desta classificação, foram identificadas quatro ações principais, as quais ocorrem em diversos assentamentos urbanos precários e têm grande influência na deflagração de deslizamentos, tanto em cortes como em depósitos. Estas quatro ações estão relacionadas à presença da água e seu comportamento: (1) Concentração de água pluvial e/ou servida em superfície, induzida pela ocupação; (2) Lançamento de água servida em superfície; (3) Vazamentos de tubulações; (4) Presença de fossa. (p. 71).

Godoy Santos et al. (2017) apresentam um quadro-resumo com conceitos básicos para a análise de terrenos tecnogênicos – Figura 36.

CONCEITOS BÁSICOS NA ANÁLISE DE TERRENOS TECNÔGENICOS	
Conceito	Descrição
Geodiversidade tecnogênica	Variedade de tipos de terrenos, constituídos por diversos materiais e ocupando diferentes posições no relevo, que são produzidos direta ou indiretamente pela agência geológica e geomorfológica humana.
Camada tecnogênica	Qualquer tipo de depósito ou horizonte de solo de caráter tecnogênico. São essencialmente formações geológicas de superfícies aflorantes ou quase aflorantes, que mostram uma posição espacial superposta de forma autóctone (solos) ou alóctone (depósitos) em relação ao substrato natural, e frequentemente uma expressão característica de relevo.
Depósito tecnogênico	Formações geológicas superficiais diretamente criadas, acumuladas ou induzidas pela ação humana. Também são chamadas de formações antropogênicas ou antrópicas.
Horizonte de solo tecnogênico	Horizonte formado por modificações <i>in situ</i> do perfil original do solo superficial (pedológico) ou do solo de alteração de rocha (alterita).
Fácies tecnogênica	Constituição, aspecto e forma de ocorrência dos materiais acumulados ou transformados nesses terrenos, sendo uma característica essencial das camadas tecnogênicas, relacionada aos processos de formação.
Superfície geomórfica ou feição tecnogênica	Forma de relevo associada a terreno tecnogênico de agradação ou degradação.
Perfil ou seção tecnogênica	Estratigrafia resultante de um determinado terreno constituído por camadas tecnogênicas.
Ambientes tecnogênicos	Contexto específico em que a formação do terreno tecnogênico ocorre, ou seja, a situação geomorfológica (compartimento de relevo), a constituição original dos terrenos (substrato geológico e formações superficiais) e a posição geográfica (relativa às atividades e assentamentos humanos).
Sistema tecnogênico	Conjunto de processos tecnogênicos associados a ações humanas relacionadas a contextos geográficos (territoriais) específicos.
Processo tecnogênico	Ação efetuada diretamente pela humanidade ou outros fenômenos que decorrem da ação humana e que resultam em mobilização ou modificação de material geológico.

Figura 36. Conceitos básicos para análise de terrenos tecnogênicos (adaptado de Peloggia et al. 2014 a, b; OLIVEIRA) – (Fonte: DE GODOI SANTOS et al. 2017, p. 828).

Em 2018, Peloggia apresentou, no 16º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, uma análise comparativa das diversas classificações, e sistemáticas de mapeamento propostas, até então, para os terrenos tecnogênicos, com o objetivo de verificar a aplicabilidade das mesmas. Neste trabalho, a partir de um mapa com uma situação geológica hipotética, o autor compara cartograficamente as propostas: de

Oliveira (1990) aperfeiçoada por Peloggia (1999); de Mirandola e Macedo (2014), específica para o mapeamento de áreas de risco; de Barros e Peloggia (1993); do Serviço Geológico Britânico (BGS) – McMillian e Powell (1999); e a própria classificação de 2014 (FIGURA 37).

Figura 37. Aplicação da classificação da geodiversidade de terrenos tecnogênicos, segundo Peloggia et al. 2014; Peloggia 2017. (Fonte: Peloggia, 2018, p. 8).

Como conclusão deste trabalho o autor coloca:

1) para trabalhos em escalas de superdetalhe, o método de diferenciação unidades de sobreposição de Barros e Peloggia (1993) parece ser de grande aplicabilidade; 2) para trabalhos regionais, associados a levantamentos geológicos, o método de sobreposição de hachuras do Serviço Geológico Britânico tem aplicação comprovada; 3) para trabalhos desenvolvidos em escalas intermediárias ou de detalhe, a aplicação cartográfica direta das categorias de terrenos tecnogênicos de Peloggia (2017) tem se mostrado de interesse e, por fim; 4) para todas as hipóteses acima, a proposta de Peloggia (2017) pode ser aplicada como base da classificação dos terrenos a serem mapeados. (PELOGGIA, 2018, p. 8).

Também em 2018, Makarov et al. apresentaram uma caracterização e classificação de depósitos tecnogênicos, denominados pelos autores como: “geológico-industriais”, associados: à extração, ao beneficiamento e, à metalurgia de: metais ferrosos, não

ferrosos, e nobres da região dos Urais (TABELA 8).

Tabela 8. Classificação dos depósitos tecnogênicos “geológico-industriais” relacionados aos metais ferrosos, não ferrosos, e nobres. Adaptado de Makarov et al. 2018 – tradução nossa.

Elemento	Tipos de depósitos tecnogênicos
Metais ferrosos	Tailing dumps (pilhas de rejeitos)
	Slag dumps (pilhas de escória)
Metais não ferrosos	Rock dumps (pilhas de bota-foras)
	Sludge dumps (lama)
	Slag dumps (pilhas de escória)
Metais nobres	Dumps of enclosing rocks (pilhas de bota-foras de rochas encaixantes)
	Technogenic placers (depósitos sedimentares induzidos – aluviões)
	Tailings (rejeitos)

Como pode ser observado na tabela, a classificação proposta pelos autores está ancorada em dois parâmetros: (i) o ambiente de formação (industrial/mineração); e (ii) o material constituinte, no caso, o tipo de minério. O trabalho teve por objetivo apresentar o potencial de aproveitamento dos metais pretos/não ferrosos, associados a estes depósitos, como “matéria-prima”. Segundo os autores o aproveitamento deste material levaria à uma significativa melhoria da qualidade ambiental da região.

O crescente número de trabalhos associados, tanto aos impactos ambientais, como ao aproveitamento econômico de pilhas e barragens de rejeitos e estéreis, para consequente melhoria da qualidade ambiental, mostram uma preocupação igualmente crescente com as consequências e riscos associados aos tecnógenos.

Sendo assim, vem se tornando cada vez mais necessária uma classificação desses depósitos/feições/terrenos tecnogênicos que esteja relacionada ao risco ambiental.

4.1.1.1 Classificações para solos antrópicos, tecnológicos, antropossolos...

Os termos: solos antrópicos; solos tecnológicos; solos urbanos; antropossolos; dentre outros, têm sido associados às alterações antrópicas dos solos *in situ*. As classificações encontradas em maior número estão associadas aos materiais constituintes e ambiente.

Curcio et al. (2004) apresentam as seguintes definições para os termos: camadas antrópicas e antropossolos, respectivamente:

É uma camada com menos de 40 cm de espessura, resultante de estruturação induzida, exclusivamente pelo homem, identificada tanto em situação de superfície como de subsuperfície. A natureza dos materiais constituintes pode ser orgânica ou inorgânica, com diferentes percentuais, podendo ser detectada ou não a presença de materiais inertes, e/ou tóxicos e/ou sépticos. Por causa da natureza dos materiais remanescentes e adicionados, além das técnicas e tempo de composição, apresenta grande variação quanto à saturação do complexo sortivo, estrutura, textura, cor e atributos decorrentes. A camada antrópica exclui a fase de soterramento sobre horizontes diagnósticos superficiais, provocada por processos erosivos. A simbologia proposta para camada antrópica é *ant*.

Compreende volume formado por várias ou apenas uma camada antrópica, desde que possua 40 cm ou mais de espessura, constituído por material orgânico e/ou inorgânico, em diferentes proporções, formado exclusivamente por intervenção humana, sobrejacente a qualquer horizonte pedogenético, ou saprólitos de rocha, ou rocha não intemperizada. Constituem volumes com morfologia muito variável em razão da natureza de seus materiais constitutivos, técnicas de composição e tempo de formação. Em geral, apresentam pequeno grau de evolução, caracterizado pela pequena relação pedogenética entre as camadas. A saturação iônica do complexo sortivo é bastante variável e depende, principalmente, do tipo de material utilizado em sua formação, além das características do material de solo remanescente. É muito comum ser identificada a presença de materiais tóxicos e sépticos em sua composição. A drenagem é bastante diversa, e está diretamente relacionada à natureza e a quantidade dos materiais constitutivos, técnica de estruturação para formação do volume, bem como do ambiente de deposição. (CURCIO et al. 2004, p. 20-21; 21).

A classificação proposta pelos autores para a ordem⁵² Antropossolos é ainda subdividida em quatro subordens, quinze grandes grupos e, noventa e quatro subgrupos.

⁵² As ordens de solos são determinadas pelos horizontes diagnósticos.

Pedron et al. (2007, p. 147) apresentam uma revisão sobre os métodos e sistemas existentes para a classificação dos solos urbanos. Os autores sublinham o fato de ser o solo “um dos elementos da paisagem que sofre mais pressão devido aos efeitos da urbanização”. Os autores ainda frisam que um sistema de classificação específico para as terras urbanas é de extrema importância para a implementação do planejamento ambiental urbano.

Segundo os autores, o único sistema de classificação técnica ou interpretativa⁵³ relacionado especificamente aos solos urbanos⁵⁴

Foi o Sistema de Avaliação do Potencial de Uso Urbano das Terras (SAPUT), desenvolvido por Pedron (2005) e aplicado por Pedron et al. (2006a) e Pedron et al. (2006b). Esse sistema propõe a análise e classificação de áreas sob influência urbana quanto à sua capacidade de suportar determinada atividade humana com a degradação mínima das terras. O SAPUT é estruturado em quatro grupos de uso: descarte de resíduos, construções urbanas, agricultura urbana e preservação ambiental, os quais são agrupados em três classes de uso: adequada, restrita e inadequada, considerando as características e propriedades ambientais referentes a cada gleba de terra. (PEDRON et al. 2007, p. 150).

Hollis (2009) apresenta: (i) dezenove potenciais propriedades diagnósticas para a classificação de solos urbanos; (ii) justificativa para a escolha destas propriedades; métodos para a identificação das mesmas e; (iii) possíveis bases para as classes taxonômicas. As propriedades apresentadas são: profundidade do material alterado ou substituído e da camada superficial, que podem ser mensuradas diretamente no campo; profundidade do material intemperizado, que pode ser identificado pela mudança de cor e desenvolvimento estrutural; pH; profundidade do substrato rochoso; cobertura vegetal; matéria orgânica; CaCO_3 ; Fe livre; minerais tóxicos, produtos químicos ou gases; sais solúveis; troca catiônica, saturação por bases; condutividade hidráulica; Oxigênio; densidade aparente seca; disponibilidade de água; índices de plasticidade e contração;

⁵³ Os sistemas de classificação técnica se propõem a determinar o potencial de uso das terras baseados em diferentes informações ambientais, sociais e econômicas para um ou mais tipos de utilização (FAO, 1976 apud PEDRON et al. 2007, p. 149).

⁵⁴ É importante sublinhar que a concepção de “solos urbanos” colocada aqui está relacionada à limitação dada pelo Plano Diretor dos municípios, ou seja, uma concepção atrelada a limites normativos/políticos.

grau de saturação.

Mezzano e Huelmo (2012, p. 4-5) apresentam uma proposta de tipologia e nomenclatura para solos tecnológicos (FIGURA 38):

Duas nomenclaturas e grafias diferentes são indicadas para os "níveis orgânicos", dependendo do desenvolvimento do perfil, podem ser geradas por materiais alóctones e com desenvolvimento radicular, ou podem ser representadas por um nível antrópico que mostra a modificação correspondente aos materiais removidos e retrabalhados in situ, indicando a transição entre o único meio natural e tecnológico. (Tradução nossa).

Figura 38. Proposta de tipologia e nomenclatura para solos tecnológicos (MEZZANO e HUELMO, 2012, p. 5).

Para Naeth et al. (2012, p. 8), “com o aumento da atividade antropogênica relacionada à utilização de recursos, desenvolvimento industrial e urbano, a extensão dos solos perturbados aumentou drasticamente e continua a aumentar”. Sendo assim, os autores propuseram a classificação com relação à composição destes solos, denominados antropossolos, em três grandes grupos: Tecnológico (Technic Anthroposol), Carbônico (Carbic Anthroposol), e o Espólio (do inglês spoil, despojo - Spolic Anthroposol) – Tabela 9. A classificação proposta por estes autores é semelhante à de Fanning e Fanning (1989).

Tabela 9. Grandes Grupos da Ordem Antropossolos. (NAETH et al. 2012, p. 13).

	Antropossolo Artificial/Tecnológico	Antropossolo Espólico	Antropossolo Cárstico
Materiais Antropogênicos	$\geq 10\%$ de volume	$< 10\%$ de volume	$< 10\%$ de volume
Carbono Orgânico	Ausente	$< 17\%$	$\geq 17\%$

Fonte: (NAETH 2012)

Segundo Ladeira (2012) exemplos clássicos de solos efetivamente antropogênicos são: os solos plaggen, comuns na Europa Ocidental, e também as Terras Pretas, comuns na Amazônia. Outro exemplo dado pelo autor são solos cultivados em sistemas de terraços, comuns em áreas de elevada declividade no mundo inteiro.

Para Baggio et al. (2014), no Brasil existem três grupos de antropossolos distribuídos em diferentes regiões do país: as Terras Pretas Antropogênicas (TPAs) relativamente bem estudadas, os solos do litoral brasileiro – Sambaquis, e os solos desenvolvidos em ambientes cársticos.

O termo tecnossolo (technosol) é encontrado na classificação da WRB - World Reference Base for Soil Resources (WRB), sistema internacional de classificação de solos e criação de legendas para mapas de solos.

O RSG Tecnossolo foi introduzido na segunda edição do WRB em 2006. Na versão atual do WRB, de 2015, dois tipos de materiais diagnósticos são definidos para estes solos: artefatos e material rígido técnico. Artefatos são substâncias criadas ou substancialmente modificadas por seres humanos ou trazidas à superfície de profundidade, onde não foram influenciados por processos de superfície. O material rígido técnico é um material consolidado (relativamente) contínuo resultante de um processo industrial. [...]. Um solo é um Tecnossolo se apresentar material técnico, ou geomembrana, dentro de 5 cm; ou uma quantidade significativa de artefatos dentro de 100 cm. [...]. O material natural (solo) transportado pelo homem não se qualifica como Tecnossolo. (SCHAD, 2018, p.138).

Mozhahova e Gol'Tsova (2008) comentam sobre a classificação da WRB

As abordagens desenvolvidas no WRB atualmente são usados por cientistas do solo de França, Alemanha, Inglaterra, Áustria, China e muitos outros países. Abordagens mais especiais também são desenvolvidas. Cientistas alemães do solo usam o conceito de substrato-pai artificial, o que implica formações artificiais superficiais desenvolvidas em depósitos antropogênicos durante

a litogênese antropogênica. Nenhum horizonte de diagnóstico é especificado para esses solos, mas o conceito de depósitos antropogênicos é definido. Eles incluem depósitos naturais, material do solo ou substratos tecnogênicos (resíduos industriais, escória, sedimentos tecnogênicos etc.) transformados pelas atividades humanas. Outros autores alemães definem o termo de substratos tecnogênicos, que é idêntico ao de artefatos na classificação WRB de 2007. (MOZHAHOVA e GOL'TSOVA, 2008, p. 98).

Os autores também apresentam os novos horizontes e índices que refletem a origem antropogênica dos solos desenvolvida pelo Instituto de Ciências do Solo Dokuchaev e pela Universidade de Moscou – Figura 39. Dentre eles

(1) TUR - horizonte “perturbado” a mais de 40 cm, composto por fragmentos de horizontes de solo natural. Este é um horizonte de diagnóstico para um novo tipo de solo, “turbozems”. (2) X - horizonte quimicamente contaminado dentro de uma camada superior de 30 cm de espessura, contendo qualquer substância química (contaminantes em quantidades correspondentes à nível extremamente perigoso de acordo com as normas). Este é um horizonte de diagnóstico para um novo tipo de solo, “chemozems”. (3) RX (índice de diagnóstico) - presença de uma camada de material tóxico com menos de 10 cm de espessura da superfície do solo. Este índice é usado para identificação de subtipos de solo toxistratificados. (4) UR (índice de diagnóstico) - presença de uma camada de material organo-mineral de 10 a 40 cm de espessura, contendo conteúdo significativo de resíduos urbanos e industriais no solo. Este é um índice de diagnóstico para identificar subtipos de solo não urbanizados. (MOZHAHOVA e GOL'TSOVA, 2008, p. 98 – tradução nossa).

Figura 39. Soil layers and horizons in industrial zones of UGSs. (Fonte: MOZHAHOVA e GOL'TSOVA, 2008, p. 100).

Em 2017, Peloggia apresenta uma proposta de correlação entre a sua própria proposta de classificação de 2014, para os terrenos tecnogênicos, com as propostas: do Serviço Geológico Britânico (Figura 40); de Fanning e Fanning (1989); e de Curcio et al. (2004 – Figura 41) – Figura 42.

CLASSES DE TERRENOS	DESCRIÇÃO
Terreno produzido (MADE GROUND)	Áreas em que houve acumulação de material por ação humana sobre a superfície de terreno natural.
Terreno escavado WORKED GROUND	Áreas onde a superfície preexistente foi escavada por ação humana.
Terreno preenchido INFILLED GROUND	Áreas onde a superfície existente foi escavada e posteriormente aterrada parcial ou totalmente por ação humana.
Terreno movimentado DISTURBED GROUND	Áreas de movimentação e subsidência de material relacionada à atividade minerária.
Terreno complexo DSCAPED GROUND	Áreas onde a superfície preexistente foi extensivamente remodelada sendo impraticável mapear as classes anteriores separadamente.

Figura 40. Classes de Terrenos Artificiais do Serviço Geológico Britânico (McMILLAN; POWELL,1999; ROSEMBAUM et al. 2003; PRICE et al. 204; PRICE et al. 2011) – Fonte: Peloggia, 2017, p. 107.

Figura 41. Chave de Classificação dos Antropossolos segundo Curcio et al. (2004). Imagem disponível em: file:///D:/Usu%C3%A1rios/Downloads/49411-232667-2-PB.pdf. Acesso em 07/05/2020.

TERRENOS TECNÔGENICOS (1)	TERRENOS ARTIFICIAIS (ARTIFICIAL GROUND) (2)	MATERIAIS DE SOLO PRODUZIDOS PELO HOMEM (3)	ANTROPOSSOLOS (SUBORDENS) (4)
	Terreno produzido	Made Ground	Material úrbico Material espólico Material dragado
		Material gárbico	Antropossolo sómico Antropossolo móbilico
Depósitos Tecnogênicos	Terreno preenchido	Infilled Ground	
	Terreno tecnogênico sedimentary	-	-
	Terreno tecnogênico de escorregamento	-	-
	Terreno tecnogênico remobilizado	-	-
	Terreno tecnogênico misto	Made Ground	-
Solos Tecnogênicos	Terreno de composição alterada	-	-
	Terreno mecanicamente alterado	-	-
	Terreno erodido	-	-
	Terreno escorregado	-	-
Substrato exposto	Terreno movimentado ou afundado	Disturbed Ground	-
	Terreno escavado	Worked Ground	Superfícies decapadas Antropossolo decapítico
Paisagem tecnogênica	Terreno complexo	Landsaped Ground	-

(1) Modificado de Peloggia et al. (2014), Peloggia (2015) e Vitorino et al. (2016).
 (2) McMillan e Powell (1999), Rosembaum et al. (2003), Price et al. (2004), Price et al. (2011).
 (3) Fanning e Fanning (1989).
 (4) Curcio et al. (2004).

Figura 42. Correlação entre os conceitos de terrenos e solos antropogênicos. (PELOGGIA, 2017, p. 111).

É possível se observar na Figura 42 que as classificações de Peloggia et al. (1) e do Serviço Geológico Britânico (2) se assemelham, pois, contemplam apenas os processos envolvidos na formação dos terrenos tecnogênicos. Já as classificações de Fanning e Fanning (3) e de Curcio et al. (4) são ancoradas tanto nos processos, como na composição dos terrenos.

Oliveira et al. (2018, p. 443) apresentam uma correlação entre os solos para a geologia de engenharia e os solos antropogênicos e; uma classificação para processos e superfícies geotecnogênicas. Esta correlação e classificação foram utilizadas nas tabelas do Capítulo 3 e, foram mostradas nas Figuras 18 e 19 daquele capítulo.

Além das propostas de classificação, uma outra vertente, relacionada ao estudo dos tecnógenos, está ancorada em análises quantitativas e qualitativas associadas aos processos de formação destas feições e depósitos.

Estudos aplicados relacionados aos tecnógenos, para além da representação cartográfica, demandam a utilização de índices e (geo)indicadores.

Sendo assim, o tópico seguinte faz alguns esclarecimentos sobre estas ferramentas.

4.1.2 Os Tecnógenos e os Geoindicadores

As mudanças ambientais globais são transformações no ambiente terrestre - geosfera, e na vida que o habita - biosfera, partes inseparáveis do Sistema Terra. O conceito Sistema Terra propõe a visão integrada dessas mudanças como resultado das interações entre atmosfera, oceanos, gelo e terras emersas, e os sistemas biológicos. (COLTRINARI, 2001, p. 307).

Para avaliar essas mudanças que estão ocorrendo no planeta são utilizados indicadores. E as “evidências geológicas e geomorfológicas dos processos que originam essas mudanças de curto prazo” foram denominadas geoindicadores. (COLTRINARI, 2001, p. 307).

Para Berger (1997, p.37-38) “geoindicadores são medidas utilizadas no monitoramento e avaliação ambiental de processos e fenômenos geológicos recentes (~ 100 anos), que se desenvolvem na superfície, ou próximo a ela”, ou seja, mudanças rápidas no ambiente geológico, mas que podem resultar em perturbações irreversíveis do ecossistema.

O autor acima citado apresenta em seu trabalho 27 geoindicadores, as mudanças ambientais refletidas por eles, e quais podem sofrer influência das atividades antrópicas – Figuras 43 e 44.

Geoindicators	Some environmental changes they reflect
Coral chemistry and growth patterns	Temperature of oceanic and coastal surface water, salinity
Desert surface crusts and fissures	Aridity
Dune formation and reactivation	Wind speed and direction, moisture, aridity, sediment availability
Dust storm magnitude, duration and frequency	Dust transport, aridification, land use
Frozen ground activity	Climate, hydrology, downslope movement - especially in the active layer
Glacier fluctuations	Precipitation, insolation, melt runoff
Groundwater quality	Industrial, agricultural and urban pollution, rock and soil weathering, land use, radioactivity, acid precipitation
Groundwater chemistry in the unsaturated zone	Weathering, climate, land use
Groundwater level	Climate, abstraction and recharge
Karst activity	Groundwater chemistry and flow, climate, vegetation cover, fluvial processes
Lake levels and salinity	Climate, land use, streamflow, groundwater flow
Relative sea level	Coastal subsidence and uplift, climate, fluid withdrawal, sedimentation and compaction
Sediment sequence and composition	Climate, land use, erosion and deposition
Seismicity	Natural & human-induced release of earth stresses
Shoreline position	Coastal erosion, sediment transport and deposition, land use, sea levels, climate
Slope failure (landslides)	Slope stability, slow and rapid mass movement, land use
Soil and sediment erosion	Climate, surface runoff, wind, land use
Soil quality	Chemical, biological and physical soil processes, land use
Streamflow	Climate, precipitation, basin discharge, land use
Stream channel morphology	Sediment load, flow rates, climate, land use, surface displacement
Stream sediment storage and load	Sediment transport, flow rates, basin discharge, land use
Subsurface temperature regime	Climate, heat flow, land use, vegetation cover
Surface displacement	Land uplift and subsidence, faulting, fluid extraction
Surface water quality	Climate, land use, water-soil-rock interactions, flow rates
Volcanic unrest	Near-surface movement of magma, magmatic degassing, heat flow
Wetlands extent, structure, and hydrology	Land use, climate, biological productivity, streamflow
Wind erosion	Climate, land use, vegetation cover

Geoindicator	Natural influence	Human influence
Coral chemistry and growth patterns	■	■
Desert surface crusts and fissures	■	□
Dune formation and reactivation	■	□
Dust storm magnitude, duration and frequency	■	□
Frozen ground activity	■	□
Glacier fluctuations	■	○
Groundwater quality	□	■
Groundwater chemistry in the unsaturated zone	■	■
Groundwater level	□	■
Karst activity	■	□
Lake levels and salinity	■	■
Relative sea level	■	□
Sediment sequence and composition	■	■
Seismicity	■	□
Shoreline position	■	■
Slope failure (landslides)	■	■
Soil and sediment erosion	■	■
Soil quality	□	■
Streamflow	■	■
Stream channel morphology	■	■
Stream sediment storage and load	■	■
Subsurface temperature regime	■	□
Surface displacement	■	□
Surface water quality	■	■
Volcanic unrest	■	○
Wetlands extent, structure, and hydrology	■	■
Wind erosion	■	□

Figuras 43 e 44. Lista de Geoindicadores, e Geoindicadores influenciados pelas atividades antrópicas. (BERGER, 1997, p. 39-40).

Para Gupta (2002, p. 736)

Os geoindicadores foram projetados para avaliar mudanças de curto prazo no ambiente geológico. Tais medidas são significativas para monitorar e realizar avaliações relacionadas ao desenvolvimento sustentável, etc. (Berger 1996). Significativas mudanças ambientais ocorrem com o processo de urbanização, e este, está ocorrendo rapidamente nos países menos desenvolvidos, e quase todos estão localizados nos trópicos e subtropicais. Geoindicadores, portanto, devem ser usados para medir estas alterações ambientais em regiões tropicais. Porém, medições de fatores ambientais, alterados pelo processo de urbanização, estão atreladas às seguintes condições:

1. Os geoindicadores, por definição, são projetados para medir mudanças geológicas.
2. Uma avaliação completa e correta das mudanças levará em conta o meio ambiente urbano.
3. O objetivo básico do exercício é preservar (e, se possível, melhorar) a qualidade do ambiente físico das cidades, tanto quanto possível.

Para o autor, os geoindicadores para áreas urbanas tropicais devem medir: intensidade de inundação e magnitude; exaustão, transferência e recarga das águas subterrâneas; qualidade da água superficial e subsuperficial; características do solo e material intemperizado; instabilidade de taludes; subsidência do solo; modificação dos canais naturais; mudanças de posição da linha de costa e do nível do mar para cidades costeiras; e riscos vulcânicos e de abalos sísmicos para cidades localizadas perto das margens de placas. Estes, segundo o autor,

São indicadores gerais que devem ser medidos para todas as cidades, mas o ritmo acelerado de urbanização e de degradação nos trópicos sublinha a urgência desta tarefa, e informações sobre os seguintes atributos também podem ser necessárias: alterações de temperatura, precipitação e evapotranspiração; mudanças no uso da terra, com ênfase especial em terreno de cobertura; e descarte de efluentes. (GUPTA, 2002, p. 739).

Para Coltrinari (2001),

Outra leitura dos geoindicadores propõe que indicadores e índices de mudanças nos componentes geomorfológicos do ambiente sejam utilizados como instrumentos de avaliação dos impactos durante a implantação dos projetos de planejamento (Rivas et al., 1997). A metodologia considera uma realidade complexa (o ambiente), onde se identificam os elementos ou componentes geomorfológicos significativos e se definem os tipos de interações com as atividades humanas. (COLTRINARI, 2001, p. 309).

A partir desta leitura, Coltrinari aponta alguns geoindicadores para o estudo da evolução das paisagens de áreas tropicais:

- erosão do solo (fluxos superficiais e movimentos de massa); - erosão remontante nas cabeceiras; - expansão das superfícies de solo nu; - mudança de fluxo não concentrado a concentrado; - morfometria e morfologia das vertentes; - movimentos de massa e sinais de movimentos futuros; - morfologia dos canais fluviais vazão e carga sólida dos rios coluvionamento e aluvionamento; - conteúdo de matéria orgânica no solo; volume e área dos depósitos tecnogênicos; - erosão e sedimentação costeiras; - deltas; mudanças qualitativas e quantitativas na cobertura vegetal; poluição/acidificação do ar, a terra e a água. (COLTRINARI, 2001, p. 312).

Os atributos condicionantes relacionados aos geoindicadores propostos acima são:

Erosão (ton./ha/ano); movimento de massa (m^3 /evento x chuva mm acumulada/72 horas); sedimentação (m^3 /ton./ano); colapso cárstico (m^2 /número de ocorrências); colapso de solo (m^2 /número

de ocorrências); expansão de solo ($m^2/\text{número de ocorrências}$); recalque ($m^2/\text{número de ocorrências}$); sismicidade (intensidade MM/número de ocorrências). (COLTRINARI, 2001, p. 312).

Para a autora citada acima, “os geoindicadores e parâmetros considerados referem-se a exemplos e tipos de degradação da paisagem brasileira com a intenção de mostrar as interações entre processos naturais e antropogênicos que podem causar mudanças ambientais de curto prazo”. (COLTRINARI, 2001, p. 312)

Para Sánchez (2008, p. 259) “os indicadores têm uso crescente em planejamento e em gestão ambiental, e são úteis em várias partes dos estudos de impactos: no diagnóstico, na previsão de impactos e no monitoramento”.

É importante sublinhar que todo tecnógeno, direto ou indireto, é um impacto ambiental, ou seja, uma modificação do meio ambiente, no caso, dos meios geológico e geomorfológico. O tecnógeno é o resultado de um processo alterado (FIGURA 45).

Figura 45. Imagem disponível em https://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/estudos_ambientais/ea08.html. Acesso em 09/05/2020.

Este impacto pode ser entendido como positivo (quando relacionado a uma obra civil, considerada necessária, ou que promoverá uma melhoria na qualidade ambiental/vida) ou, negativo (quando relacionado à riscos e à perda da qualidade ambiental/vida).

Sendo assim, ao utilizarmos índices e (geo)indicadores na análise, tanto dos processos formadores dos tecnógenos (modificação, degradação e agradação), quanto na caracterização dos mesmos, é possível se obter um melhor entendimento destes, principalmente, com relação à velocidade de formação, e assim, ter uma maior

visibilidade/controle/monitoramento das condições ambientais e, também, sobre outros impactos indiretos que possam ser gerados.

Após estes esclarecimentos, alguns trabalhos aplicados são apresentados a seguir.

4.1.3 Trabalhos Aplicados

Trabalhos de investigação sobre a gênese, caracterização e, mapeamento de tecnógenos têm sido realizados desde o início dos anos 2000.

Por volta de 2010 começaram a surgir pesquisas sobre os impactos ambientais associados aos diferentes tecnógenos, e quais os fatores ambientais mais afetados.

Um estudo sobre os impactos decorrentes da instalação de depósitos tecnogênicos, na bacia hidrográfica do ribeirão Anicuns – Goiânia/GO, foi realizado por Brito e Zaine em 2010. Neste trabalho os autores, que utilizaram a classificação proposta por Oliveira (1990), elencaram os principais impactos ambientais associados a estes depósitos.

O avanço da urbanização sobre a planície/materiais aluviais da bacia do ribeirão Anicuns alterou e diminuiu significativamente a área original desta unidade. Aqueles que ainda restam encontram-se totalmente descaracterizados pela ação antrópica, onde a presença de rejeitos tecnogênicos associados aos sedimentos favorece o transbordamento do canal e a erosão marginal, uma vez que os rejeitos aumentam o volume dos depósitos, diminuindo a área de fluxo das águas. Como resultado da antropização intensa sobre os depósitos aluviais, os canais estão sendo confinados em faixas estreitas, aumentando seu poder erosivo, uma vez que os locais de transbordamento, fundamentais para a liberação da energia do sistema, estão restritos. Com isso, os diques construídos, a planície de inundação e os depósitos de assoreamento são erodidos, e os sedimentos transportados, depositando-se em outros pontos alterando o traçado do canal, que acaba se adaptando às novas condições, até que obras de engenharia ou a dinâmica fluvial venham a modificar esse comportamento. Nesse contexto, a fauna e a flora associadas aos canais, diques e planícies de inundação, se adaptam ou desaparecem. A presença dos depósitos tecnogênicos ainda pode tornar essas áreas como problemáticas para a saúde pública, uma vez que, nesses rejeitos, há todo tipo de material (plástico, borracha, metal, vidro, remédios, restos da construção civil, lixo orgânico etc.) contaminando os sedimentos, o lençol freático e as águas superficiais. (BRITO e ZAINE, 2010, p. 10-11).

Silva (2013), já mencionada anteriormente, também estudou os impactos ambientais relacionados aos diferentes tipos de tecnógenos (classificação proposta por Fanning e Fanning, 1989).

Campos e Oliveira (2014) apresentaram um estudo sobre a influência dos depósitos tecnogênicos no aumento das inundações do rio Baquirivu-guaçu, nos municípios de Arujá e Guarulhos (SP). O atual modelo de reprodução do espaço urbano é criticado pelos autores, que sugerem medidas preventivas e corretivas para tentar minimizar os problemas, e apontam a ocupação irregular das áreas de várzeas como a principal causa das inundações.

O modelo, entretanto, permanece como determinante na reprodução urbana que reflete o modo de apropriação dos espaços; ou seja, a intervenção antrópica que altera o comportamento fluvial, ocasionando inundações, não mais naturais, mas como problema gerado tecnologicamente, cuja solução distorcida é a execução sequencial de obras cada vez mais onerosas ao poder público. Assim, é estabelecida a seguinte sequência: as inundações, ainda como fenômenos naturais, são consideradas como problemas a serem resolvidos, argumento que, em última instância, serve de subterfúgio para a ocupação das várzeas, destinando espaços para as atividades econômicas. Posteriormente, as inundações tornam-se realmente um problema, pois passam a atingir as ocupações equivocadamente permitidas, justificando a realização de novas obras, que oneram os cofres públicos continuamente. Assim, contrapondo-se ao rito tradicional, este trabalho, ao criticar o modelo vigente, recomenda a aplicação de medidas preventivas, destinadas ao controle das inundações, num quadro tecnogênico que seja mais favorável ao bem-estar humano, preservando os serviços ecossistêmicos que restam na planície e na vertente norte da bacia do rio Baquirivu-Guaçu, ainda sem ocupação. (CAMPOS e OLIVEIRA, 2014, p. 101).

Dias e Baldassarini (2014); Dias e Nunes (2014); e Dias (2015) estudam a degradação ambiental em áreas urbanas, associada aos depósitos tecnogênicos da cidade de Goiânia (GO).

Constatou-se a ocorrência de depósitos de primeira geração (construídos e induzidos), indicativos da modificação dos processos naturais, a exemplo do assoreamento dos corpos d'água por erosão antrópica, somado à presença de materiais úrbicos e gárbicos, tais como fragmentos de tijolos, madeira, vidro, plásticos, tecido, entre outros, incorporados às camadas de deposição, atestando a contribuição das atividades humanas na gênese destes depósitos. Assim, a apropriação dos compartimentos do relevo e dos solos resultou na alteração dos processos ambientais, como aqueles ligados à hidrodinâmica e ao escoamento superficial; e na instalação de um quadro de degradação ambiental. (DIAS, 2015, p.1, grifo nosso).

Em 2016 em um trabalho sobre a geomorfologia dos tecnógenos e o rompimento da barragem do Fundão em Mariana (MG), Mendes e Felipe concluem:

O rompimento da barragem de Fundão é uma das maiores amostras da capacidade do ser humano de modificar os aspectos físicos do planeta. É exemplo da importância do homem como agente geológico-geomorfológico condicionador de processos, formas e gênese de depósitos correlativos. Sendo assim, o acontecimento pode ser considerado um evento tecnogênico. A área estudada foi a que recebeu primeiramente a “avalanche” de rejeitos de minério, causando a devastação de matas, pastos, plantações e do povoado de Bento Rodrigues, gerando um enorme depósito de rejeitos, como mostrado nas imagens. Vislumbra-se uma modificação de toda a dinâmica fluvial da região e de todos os canais afetados, inclusive, alterando a quantidade de sedimentos que o rio transporta, intensificando, portanto, o processo de formação de depósitos ao longo de todo rio Doce. A partir desse acontecimento, é extremamente necessário estudar a nova dinâmica geomorfológica da bacia, principalmente nos cursos d'água atingidos pelos rejeitos de minério, em função da grande magnitude e das inúmeras transformações que ocorreram e que ainda irão ocorrer em decorrência do rompimento da barragem. (MENDES e FELIPPE, 2016, p. 361 – grifo nosso).

Neste ponto, deve ser colocada uma observação com relação ao uso do termo “evento” tecnogênico, utilizado pelos autores acima citados, e associado ao ocorrido em Mariana (MG), pois, “evento” é um termo que deve ser utilizado somente para um fato que já ocorreu e para o qual, não foram registrados impactos, perdas, e consequências socioambientais negativas (PROIN/CAPES e UNESP/IGCE, 1999). Então, é um termo que não se aplica ao caso de Mariana (MG), e mais recentemente, Brumadinho (MG). Os fatos ocorridos em Mariana (MG) e Brumadinho (MG) devem ser classificados como “acidentes tecnogênicos”, pois, estão associados à impactos⁵⁵ e perdas socioambientais de alta magnitude.

Godoy Santos et al. (2017) associaram os terrenos e o relevo tecnogênicos à Equação Universal da Perda de Solos (EUPS) na Área de Proteção Cabuçu-Tanque Grande no município de Guarulhos, estado de São Paulo. Em suas conclusões os autores colocam:

O presente estudo é o primeiro a analisar os processos tecnogênicos na perspectiva da Equação Universal da Perda de Solos (EUPS), em especial, na Área de Proteção Permanente Cabuçu Tanque-Grande (APA-CTG). Nesta última, as classes de terrenos tecnogênicos: mistos, modificados, de degradação e agradativos juntos (697 ha), apresentaram um potencial de perda de solo com cerca de 8.610,3 ton/ano,

⁵⁵Classificação de impactos ambientais: CECA. Deliberação nº 1078/87. Rio de Janeiro: 1987.

correspondendo a um potencial de perda de solo até 12 vezes maior que os terrenos naturais, principalmente nas áreas de escavações para terraplanagem das obras do Rodoanel Metropolitano Trecho Norte (RMTN) e nas cavas de mineração. (GODOY SANTOS et al. 2017, p. 836 – grifo nosso).

4.1.4 O relevo tecnogênico e o uso e ocupação do solo como base para a estruturação de um novo método para a classificação dos tecnógenos

Como já discutido anteriormente, os tecnógenos são feições, depósitos e terrenos, originados por atividades antrópicas, que têm se intensificado e, muitas vezes, se associado a riscos socioambientais.

Waters (2018, p. 1) define “terrenos artificiais⁵⁶” como: “Áreas nas quais atividades antropogênicas modificaram diretamente a paisagem por deposição e escavação associada.”

O terreno artificial geralmente se refere a formas de relevo e sedimentos depositados ou escavados na/ou dentro da superfície do solo raso, mas tais modificações também podem ser criadas em níveis mais profundos na subsuperfície onde eles cortam os estratos geológicos naturais existentes. Esse novo ambiente sedimentar inclui: áreas de escavação, transporte e deposição de materiais geológicos naturais, e a deposição de novos materiais relacionados a atividades como: urbanização, exploração mineral, gerenciamento de resíduos e recuperação de terras. A deposição induzida antropogenicamente de sedimentos naturais, como a montante de barragens, ou erosão, tal como através do desflorestamento, não é considerada como Terreno Artificial. (WATERS, 2018, p. 1) – tradução nossa.

Porém, de modo semelhante aos trabalhos de Oliveira (1990); Peloggia et al. (2014); e Peloggia (2017), na classificação proposta por esta pesquisa, serão considerados, também, como terrenos artificiais/antropogênicos, os de caráter indireto/induzido, e não somente aqueles resultantes de ações antrópicas diretas.

Segundo Peloggia (1997a), tomando como referência estudos de Ab’Saber (1969), as

⁵⁶ “Sinônimos: Terreno artificialmente modificado; Terreno antropogênico (feito pelo homem); Terreno tecnogênico.” (WATERS, 2018 – verbete: artificial ground).

modificações antrópicas, dos meios geológico e geomorfológico, podem ser agrupadas em três níveis: (i) modificações do relevo e alterações fisiográficas da paisagem; (ii) alterações na fisiologia da paisagem (“criação, indução, intensificação ou modificação do comportamento de processos da dinâmica externa”, (p. 258); e (iii) na criação de depósitos superficiais correlativos “comparáveis aos quaternários” (p. 258).

Quanto às modificações do relevo e alterações fisiográficas da paisagem e, a relação das mesmas com os tecnógenos, o autor coloca:

Em relação à classificação taxonômica das formas de relevo estabelecida por Ross (1992), as formas geradas por processos gerados ou induzidos pela atividade humana (processos tecnogênicos) corresponderiam essencialmente ao sexto táxon [...]. No entanto, é possível relacionar as consequências da ação humana ao quinto táxon (formas de vertentes contidas em cada forma do relevo: encostas terraplanadas e mineradas, aterros) e mesmo ao quarto táxon (formas de relevo individualizadas dentro de cada unidade morfológica: é o caso das planícies aluviais aterradas e dos morrotes artificiais, como os grandes aterros sanitários). (PELOGGIA, 1997, p. 258 – grifo nosso). (FIGURA 46).

Segundo a classificação de Ross (1992), o 4º táxon

[...] é representado pelas formas de relevo individualizadas, dentro de cada Unidade de Padrão de Formas Semelhantes. As formas de relevo desta categoria tanto podem ser as de agradação tais como as planícies fluviais, terraços fluviais ou marinhos, planícies marinhas, planícies lacustres entre outros, ou as de denudação resultantes do desgaste erosivo, como colinas, morros, cristas, enfim, formas como topos planos, aguçados ou convexos. Assim uma Unidade de Padrão de Formas Semelhantes, ou Padrões de Tipos de Relevo, onde os processos morfoclimáticos atuais começam a ser mais facilmente notados, constitui-se por grande número de formas de relevo do 4º táxon, todas semelhantes entre si tanto na morfologia quanto na morfometria, ou seja, no formato, no tamanho, bem como na idade. (ROSS, 1992, p. 19-20).

Segundo a mesma classificação,

O 5º táxon na ordem decrescente são as vertentes pertencentes a cada uma das formas individualizadas do relevo. As vertentes de cada tipologia de forma são geneticamente distintas, e cada um dos setores destas vertentes também se mostra diferente. Como exemplo, tomando-se a forma de uma colina, ou de um morro, os diversos setores apresentam características geométricas, genéticas e dinâmicas bem distintas. (p. 20).

O 6º táxon corresponde às formas menores produzidas pelos processos erosivos atuais ou por depósitos atuais. Assim, são exemplos as voçorocas, ravinas, cicatrizes de deslizamento, bancos de sedimentação atual, assoreamentos, terracetes de pisoteio, frutos dos processos morfogenéticos atuais. O autor, ainda cita como exemplos deste táxon as formas antrópicas como corte, aterros, desmontes de morros entre outros. (p. 20).

Essas formas são totalmente induzidas pela interferência da ação humana no ambiente natural gerando absoluto desequilíbrio e tornando o ambiente instável do ponto de vista morfodinâmico. (p. 21-22).

Figura 46. Correlação entre os táxons propostos por Ross (1992), que é uma classificação fisionômica do relevo natural e, o relevo produzido pelo homem (relevo antropogênico) - Modificado de Ross (1992, p. 22).

A relação do relevo antropogênico com os três últimos táxons propostos por Ross (1992) é facilmente visualizada nas imagens abaixo.

Nas fotos 5 e 6 é possível se observar exemplos de “colinas/morros⁵⁷” produzidos pelo homem (pilhas de rejeito da mineração de carvão no município de Siderópolis no estado de Santa Catarina) – Tipos de formas de relevo – 4º táxon de Ross (1992).

Fotos 5 e 6. Pilhas de rejeito de Carvão e lagoas ácidas – Siderópolis (SC) – Fotos da autora (junho/1990).

⁵⁷ **Colina, morro ou cerro** – é caracterizado por pequena elevação de terreno com declive suave. Suas elevações possuem altura inferior a 300 metros, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE). Ex: Mar de Morros, na Serra do Mar em Curitiba e em Minas Gerais. In: Geomorfologia – Formas de relevo. Disponível em: <https://www.ofitexto.com.br/comunitexto/formas-de-relevo-part-1/>.

A Foto 7 representa um processo de erosão induzida pela retirada da vegetação natural – 6º táxon de Ross (1992).

Foto 7. Ravinas – Talude da rodovia Don Pedro I (SP) – Foto da autora: março/2008.

Em 2014 (p.74), Peloggia et al. propuseram uma classificação/nomenclatura para o relevo tecnogênico (FIGURA 47). Os autores dividem o relevo produzido pelo homem em 3 classes: 1) paisagens tecnogênicas; 2) compartimentos de modelados tecnogênicos; e 3) tipos de formas de relevo tecnogênicas e superfícies geomórficas relacionadas. A classe das paisagens tecnogênicas é correlacionada ao 3º táxon de Ross (1992); já a classe dois está associada ao 4º e 5º táxon. Os tipos de formas de relevo e superfícies geomórficas correspondem ao 6º táxon de Ross (1992).

Além da classificação de Ross (1992), os autores também fazem uma comparação do relevo tecnogênico com as classificações propostas pelo Serviço Geológico Britânico (2); Passerini (3); e Banes e Lisle (4) – Figura 48.

Para a proposta de classificação dos tecnógenos feita por esta pesquisa foi utilizada, para efeito de comparação, a classificação de Ross (1992).

TAXON GEOMORFOLÓGICO TECNOGÊNICO	1. PAISAGENS TECNOGÊNICAS	2. COMPARTIMENTOS DE MODELADO TECNOGÊNICO	3. TIPOS DE FORMAS DE RELEVO TECNOGÊNICAS E SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS RELACIONADAS
CONCEITO	Áreas amplas com extenso e típico relevo transformado ou produzido pela ação humana	Conjuntos de formas de relevo tecnogênicas associadas a compartimentos de relevo naturais	Formas de relevo agradacionais, degradacionais ou movimentadas definidas por diferentes tipos genéticos de superfícies tecnogênicas (de escavação, aterramento, sedimentação ou erosão)
EXEMPLOS	Paisagens urbanas, minerárias ou rurais de terrenos artificiais, extensos terrenos ravinados, etc.	Planícies tecnogênicas, topos de colinas ou vertentes modificadas por processos tecnogênicos	Aterros, terraços tecnogênicos, ravinas de induzidas, cavas de mineração
RELAÇÃO COM A CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA DAS FORMAS DE RELEVO (1)	3º taxon de Ross (unidades morfológicas ou padrões de formas)	3º taxon de Demek (tipos de relevos) *** 5º taxon (tipos de vertentes) e 4º taxon (tipos de formas de relevo) de Ross	1º e 2º taxa de Demek (superfícies geneticamente homogêneas e formas de relevo) *** 6º taxon de Ross (formas de processos atuais)
TERRENOS TECNOGÊNICOS (ARTIFICIAIS) ASSOCIADOS (2)	Terrenos de paisagens artificiais que constituem partes do Antropostroma (3)	Conjuntos de terrenos artificiais relacionados a um ou mais tipos de forma de relevo tecnogênica	Categorias específicas de terrenos tecnogênicos agradativos, degradativos, modificados e mistos
ESCALAS DE REFERÊNCIA DE MAPEAMENTO (4)	Mapas regionais (escalas 1:25.000 e maiores)	Mapas de reconhecimento e Mapas regionais (escalas 1:25.000 e maiores)	Mapas de detalhe (1:10.000 ou maiores) e especializados (1:2.500 e maiores)

Figuras 47 e 48. Classificação do relevo tecnogênico. Fonte: Peloggia, 2014, p. 74.

Barbosa (2015, p. 91) propõe uma classificação para os georrelevos⁵⁸ antrópicos, “onde o impacto das ações antrópicas é o aspecto principal”, elencando três variáveis: incidência dos fatores sociorreprodutores; arranjo espacial; e processos dominantes. (FIGURA 49).

Variável	Tipologia	Exemplos de formas*
Incidência dos fatores sociorreprodutores	Direta (formas criadas)	Cortes, aterros
	Indireta (formas induzidas)	Ravinas, voçorocas, bancos fluviais
Arranjo espacial	Pontual	Montículos de rejeitos
	Areolar	Grandes aterros
	Linear	Terraplenos, quebra-mares, diques
Processos dominantes	Erosivos	Ravinas, voçorocas
	Deposicionais	Aterros, lixões
	Escavação	Pedreiras, fossos

Figura 49. Variáveis para identificação e descrição do georrelevo antrópico. (*) os materiais são uma variável contida na descrição e caracterização das formas. Fonte: Barbosa (2015, p. 91).

Miyazaki (2014) apresenta estudos de casos nas cidades de Presidente Prudente (SP) e Marília (SP), onde aponta as relações entre a fragilidade dos compartimentos geomorfológicos e a vulnerabilidade destes, frente à diferentes formas de uso e ocupação, e conseqüentemente, formação de diferentes tipos de depósitos tecnogênicos.

A vulnerabilidade do relevo passa a ser diferenciada de acordo com o grupo social ocupante, pois existe uma diferenciação, tanto na maneira como o relevo foi apropriado pelos agentes de produção do espaço urbano, quanto na implantação do loteamento e da infraestrutura necessária. (Miyazaki, 2014, p. 253).

Sendo assim, a autora (citada acima) concluiu que

[...] os compartimentos geomorfológicos ocupados por grupo social de exclusão, são aqueles que apresentaram impactos ambientais mais intensos que os ocupados por grupos de inclusão ou intermediários. Assim, quando um setor do relevo se encontrava com alta fragilidade e o mesmo fosse ocupado por um grupo social de exclusão a vulnerabilidade do relevo à ocupação foi constada como alta, já que esses grupos se instalavam em áreas frágeis a determinados processos e não possuíam condições de contar com infraestrutura adequada. Diferentemente dos grupos sociais de inclusão e intermediários, mesmo instalando-se em relevos identificados com alta fragilidade, conseguiam diminuir a vulnerabilidade por meio do investimento em infraestrutura. (Miyazaki, 2014, p. 253-254).

⁵⁸ A categoria paisagem é entendida, [...], como unidade fisionômica material e imaterial, de expressão geográfica (a geopaisagem), na qual o georrelevo é um fator integrado à configuração e dinâmica paisagística. (BARBOSA, 2015, p. 75).

4.2 Indicação de base conceitual e proposição de nova classificação para os tecnógenos

De acordo com o demonstrado até aqui, é possível se afirmar que os diferentes usos da terra (atividades/intervenções antrópicas) geram diferentes modificações nos meios geológico e geomorfológico, em diferentes escalas espaciais e temporais.

Fato também apontado por França Jr. e Souza (2014) que, em estudo de depósitos tecnogênicos na região noroeste do estado do Paraná (PR), concluem que estes depósitos

São oriundos das fases de ocupações ocorridas nas áreas rurais e urbanas que transformaram completamente a paisagem natural em neopaisagem. Sendo assim, os depósitos tecnogênicos de diversas gêneses retratam a materialidade do processo de edificação da sociedade sobre a natureza, no qual o homem determina suas características culturais conforme suas necessidades cotidianas. Ainda é necessário evoluir com as pesquisas do Tecnógeno na região Noroeste do Paraná, para a identificação e classificação dos depósitos tecnogênicos, adicionando dados obtidos a partir de datações, análises químicas e polínicas que podem apresentar características minuciosas das diferentes fases de ocupação desenvolvidas na região. (FRANÇA JR. e SOUZA, 2014, p.51-grifo nosso).

A partir disto, senti a necessidade de delinear uma base conceitual que melhor se ajustasse à classificação proposta por esta pesquisa.

4.2.1 Base Conceitual

Então, sob a luz de uma abordagem espacial dos tecnógenos, pode-se afirmar que existam, no mínimo, duas grandes classes: a escala macro (relacionada ao principal tipo de uso e ocupação do compartimento geomorfológico) e a escala micro (que pode ser analisada em escala de detalhe, principalmente com relação: ao estágio evolutivo do processo que gerou a feição e; ao tipo material).

Sendo assim, as extensas áreas de solos modificados por diferentes processos

tecnogênicos serão denominadas, nesta pesquisa, por **campos tecnogênicos ou tecnofields**. Como exemplos: (i) grandes áreas de solos modificados, física e quimicamente, para a produção agropecuária; e áreas de desmatamento (solo exposto); (ii) grandes extensões de solos impermeabilizados para a construção civil (áreas urbanas); (iii) as extensas áreas modificadas pela mineração e indústria através: da extração de recursos; da deposição de rejeitos; grandes áreas atingidas por material proveniente do rompimento de barragens de rejeitos; e também da impermeabilização; e (iv) grandes áreas alagadas (formação de reservatórios).

Os campos tecnogênicos seriam correspondentes às “paisagens tecnogênicas” propostas por Peloggia et al. (2014), e teriam relação com o 3º táxon de Ross (1992).

Como exemplo, a Fazenda São Fernando, em Itumbiara, no estado de Goiás, pertencente à Usina Alvorada Açúcar e Alcool – Figura 50, é formada por uma grande área de solos modificados física e quimicamente para o cultivo de cana-de açúcar, que foi classificada nesta pesquisa como “campo tecnogênico”.

Uma parcela do solo desta fazenda foi “tomada” por um processo de voçorocamento, que teve início em uma área vizinha, utilizada como área de empréstimo para a construção de parte do corpo da barragem da Usina Hidrelétrica de Itumbiara, no Rio Paranaíba, divisa dos estados de Minas Gerais e Goiás. A recuperação desta área de empréstimo não foi realizada simultaneamente à realização da obra, o que acarretou a aceleração do processo erosivo (processo de degradação induzido) - Foto 8.

Desta forma, podem ser observados na área da fazenda: (i) um processo de modificação do solo pela atividade agrícola (cultivo da cana-de açúcar) – escala macro, e posteriormente, (ii) um processo de escavação (para retirada de material de empréstimo) de área no entorno, que gerou (iii) um processo de degradação induzido (aceleração da erosão na área escavada), este que atingiu a área da fazenda (processo tecnogênico indireto mais recente) – escala micro.

Figura 50. Em destaque (em amarelo): a área da Fazenda São Fernando afetada pelo processo erosivo. Mapa fornecido pela Usina Alvorada de Açúcar e Alcool, 2008.

Foto 8. Processo de voçorocamento desenvolvido a partir da escavação do solo para a construção do corpo da barragem da Usina Hidrelétrica de Itumbiara/GO. Foto da autora, 2008.

Outro exemplo, deste tipo de associação de tecnógenos, pode ser observado no trabalho de Amaral et al. (2011, p. 9), sobre a minimização de impactos da mineração de carvão em Santa Catarina. Os autores apresentam uma área (FIGURA 51), antes ocupada pela mineração, e depois urbanizada. Atualmente “apresenta riscos geotécnicos e sociais devido à proximidade entre as edificações e as pilhas de rejeito e as fortes inclinações dos taludes” (FIGURA 52).

Figura 51. Área de mineração agora urbanizada. Fonte: Amaral et al. (2011, p. 9).

Figura 52. Feição erosiva, provocada pelo avanço do processo de urbanização, em pilhas de rejeito de carvão. Fonte: Amaral et al. (2011, p. 10).

Sobre as pilhas de rejeitos, os autores ainda destacam:

Ressalta-se que esta pilha de rejeitos carbonosos teve mais de uma deposição temporal, pois a porção inferior encontra-se muito alterada pela combustão espontânea. A porção mais recente da pilha é composta por rejeitos de beneficiamento bastante preservados, e ainda continua potencialmente reativa, podendo sofrer autocombustão, principalmente devido às diferentes ações antrópicas praticadas nesta área, que tem como objetivo principal movimentar parte desta pilha para preparação do terreno para urbanização. (AMARAL et al., 2011, p.10).

Pela citação anterior, que descreve as pilhas de rejeitos de carvão, é possível notar a complexidade, ainda maior, das relações temporais entre os diversos tecnógenos.

Então, com base nos trabalhos apresentados no Capítulo 4.1 (PELOGGIA et al., 2014; PELOGGIA, 2017) e, já com o objetivo de apoiar a nova proposta de classificação para os tecnógenos, foi indicada a seguinte base conceitual, com relação à espacialidade e à dinâmica do processo de formação destes (TABELA 10):

Tabela 10. Base conceitual simplificada para os tecnógenos, proposta a partir de Peloggia et al., 2014 e Peloggia, 2017.

UNIDADES TECNÔGENICAS	DESCRIÇÃO	ESPACIALIDADE	EXEMPLOS
<p>Conceito geral que abrange todos os tipos de tecnógenos de escala MICRO – de 1 a 4 (equivalente ao termo “terreno” de Peloggia et al. 2014).</p>	<p>Relacionada ao processo de formação, ou seja, à dinâmica de formação</p>	<p>(mapeamento)</p>	
<p>1. FEIÇÃO TECNÔGENICA</p>	<p>Unidade tecnogênica formada a partir de <u>processos</u> de <u>degradação</u>: aceleração de processo natural/erosão (induzido/indireto); e processo antrópico (construído/direto).</p>	<p>Micro</p> <p>Relacionadas ao 4º, 5º, e 6º táxons de Ross (1992)</p>	<p>Ravinas; voçorocas; cicatrizes de erosão gravitacional (rotacionais ou translacionais); taludes de corte (cavas de mineração; cortes para abertura de estradas...); subsidências; dentre outros.</p>
<p>2. DEPÓSITO TECNÔGENICO</p>	<p>Unidade tecnogênica formada a partir de <u>processos</u> de <u>agradiação</u> – aceleração de processo natural/sedimentação (induzido/indireto); e processo antrópico (construído/direto).</p>		<p>Barragens (de terra e enrocamento); lixões; aterros sanitários; assoreamentos (depósitos aluvionares); aterros em geral; depósitos coluvionares; dentre outros.</p>
3. TERRENO	Unidade tecnogênica		Pequenas propriedades

<p>TECNOGÊNICO (equivalente ao “terreno tecnogênico modificado” de Peloggia et al. 2014)</p>	<p>formada a partir de <u>processos de modificação do solo <i>in situ</i></u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Processos físicos/mecânicos; - Lançamento de químicos; - Enterramento de artefatos/resíduos (processo de substituição de material natural por tecnológico). 		<p>agropecuárias; cemitérios; áreas de armazenamento/enterramento de resíduos residenciais/industriais/radioativos subsuperficiais; dentre outros.</p>
<p>4. UNIDADES TECNÔGENICAS COMPLEXAS - (equivalente aos “terrenos tecnogênicos mistos – unidades compostas e complexas” de Peloggia et al. 2014, que englobam as unidades compostas e complexas)</p>	<p>Unidades que podem ser formadas através da <u>combinação e/ou sobreposição de processos</u> que geram feições, depósitos e terrenos.</p>		<p>Uma área escavada por mineração (processo tecnogênico de degradação direto), que após o término da atividade, sofreu um processo de voçorocamento (processo tecnogênico de degradação indireto); um aterro (processo tecnogênico de degradação direto) com processos de ravinamento (processo tecnogênico de degradação indireto)</p>
<p>5. TECNOFIELDS* OU CAMPOS TECNÔGENICOS*</p>	<p><u>Associação de unidades tecnogênicas de escala micro</u> geradas por determinada atividade antrópica predominante, onde pode prevalecer um, ou mais processos tecnogênicos (dependendo da atividade).</p> <p>Os processos podem se combinar e/ou sobrepor em escalas temporais⁵⁹ e espaciais⁶⁰ distintas.</p>	<p>Macro Relacionadas ao 3º táxon de Ross (1992)</p>	<p>Grandes áreas com solos modificados, física e quimicamente, para a produção agropecuária; áreas de desmatamento (solo exposto); grandes extensões de solos impermeabilizados para a construção civil (urbanização); extensas áreas modificadas pela mineração e indústria através: da extração de recursos, da deposição de rejeitos, das grandes áreas atingidas por material proveniente do rompimento de barragens de rejeitos, e impermeabilização; grandes áreas alagadas (formação de reservatórios).</p>

59

No tocante ao tempo, há de se considerar que os depósitos tecnogênicos situam-se no limiar entre dois tempos que fluem em ritmos distintos: o histórico e o geológico. O primeiro remete aos processos e dinâmicas da sociedade, ao desenvolvimento científico e tecnológico, capaz de acelerar a intervenção humana sobre a natureza por meio da técnica. (DIAS, 2015, p. 132).

60

	O mapeamento será realizado através da atividade principal.		
--	---	--	--

Fonte: a autora - * termos propostos por esta pesquisa.

As unidades tecnogênicas, de escala micro (Exemplos: FOTOS 9 e 10, e FIGURA 53), podem ser relacionadas ao conceito de georrelevo, conceito trabalhado por Barbosa (2015, p. 76). Barbosa correlaciona o georrelevo ao 6º táxon de Ross (1992): “formas lineares do relevo (sulcos, ravinas, voçorocas) e morfologias geradas por intervenções antrópicas, ou seja, o georrelevo antrópico.”

Foto 9. Feição Tecnogênica - Voçoroca em área urbana do município de Jaú (SP). Foto da autora (2013).

Quanto à dimensão espacial, deve-se considerar a produção do espaço, seus agentes e as desigualdades inerentes ao espaço produzido. O espaço urbano, em especial, é um exemplo do modo (desigual) como os diferentes agentes se apropriam, modificam e interveem na natureza e suas dinâmicas, considerando o acesso ao conhecimento, às técnicas e os interesses econômicos e políticos. (DIAS, 2015, p.130).

Foto 10. Depósito Tecnogênico - “Praia” tecnogênica formada a partir da aceleração de deposição de sedimentos em rio que corta a área urbana de Rondon do Pará (PA). Fonte: a autora, 2016.

Figura 53. Terreno Tecnogênico – Cemitério da Saudade (Nova Marabá – Marabá/PA). Fonte: Google Earth Pro. 2019.

Na imagem abaixo (FIGURA 54) é apresentado um exemplo de “Campo Tecnogênico” (Tecnofield). Na imagem foi delimitado o bairro Marabá Pioneira no município de Marabá (PA), onde é possível se observar a concentração de áreas impermeabilizadas.

Figura 54. Bairro Marabá Pioneira – Município de Marabá (PA). Fonte: Google Earth.

Então, a partir da base conceitual indicada, serão apresentadas duas formas distintas para a classificação dos tecnógenos: (A) Classificação quanto à escala de mapeamento: macro e micro e, (B) Classificação quanto ao grau de risco e, capacidade de suporte socioambiental (aplicável somente às unidades micro) – Tabela 11.

Esta distinção se faz necessária, pois, cada abordagem espacial possui um diferente objetivo.

A classificação em escala macro tem por objetivos: (i) (re)orientar políticas, planos e programas de zoneamento/uso e ocupação do solo (função de planejamento e de caráter preventivo), e (ii) monitorar as atividades já instaladas com relação aos riscos, conflitos e impactos associados a estas.

Por outro caminho, a classificação das unidades tecnogênicas (escala micro) objetiva: (i) analisar o grau risco e capacidade de suporte ambiental da área; (ii) analisar e indicar a

necessidade de intervenção/recuperação; (iii) criar um banco de dados socioambientais.

Tabela 11. Tipos de Classificações propostas nesta pesquisa para os tecnógenos.

Tipo de Classificação	Objetivos
A. Classificação quanto à escala de mapeamento (espacialidade) – Macro e Micro	<p>Macro – (i) (re)orientar políticas, planos e programas de zoneamento/uso e ocupação do solo (função de planejamento e de caráter preventivo), e (ii) monitorar as atividades já instaladas com relação aos riscos, conflitos e impactos associados a estas.</p> <p>Micro - (i) analisar o grau risco e capacidade de suporte ambiental da área; (ii) analisar e indicar a necessidade de intervenção/recuperação; (iii) criar um banco de dados socioambientais.</p>
B. Classificação quanto ao grau de risco e a capacidade de suporte socioambiental – aplicável somente às unidades micro	<p>- Identificar o grau de risco e da capacidade de suporte ambiental da área (classes: alto, médio ou baixo);</p> <p>- Identificar se a intervenção/recuperação da área deve ser realizada a curto, médio ou, a longo prazo ou, se não há a necessidade de intervenção/recuperação, mas, somente do monitoramento da mesma. Índice de Intervenção (II).</p>

Fonte: a autora.

Para Souza (2000, p. 31), uma conceituação aceita para a capacidade de suporte ambiental é:

A capacidade dos ambientes de acomodar, assimilar e incorporar um conjunto de atividades antrópicas, sem que suas funções naturais sejam fundamentalmente alteradas em termos de produtividade primária propiciada pela biodiversidade e, ainda assim, proporcionar padrões de qualidade de vida aceitáveis às populações que habitam esses ambientes.

É importante destacar, então, que este é um parâmetro inversamente proporcional ao risco:

Os conceitos de risco têm sido utilizados em diversas ciências e ramos do conhecimento e adaptados segundo os casos em questão. Nessas situações, frequentemente, o termo risco é substituído ou associa-se a potencial susceptibilidade, vulnerabilidade, sensibilidade ou danos potenciais. (DAGNINO e CARPI JUNIOR, 2007, p. 52).

O risco associado às unidades tecnogênicas (escala micro) ainda está intrinsicamente relacionado à condição da existência de controle antrópico do processo.

O conceito de risco e suas relações com a justiça ambiental e intergeracional será discutido, posteriormente, no Capítulo 5.

4.2.2 Procedimentos da abordagem geotecnológica

Para a aplicação da classificação proposta nesta pesquisa deverá ser utilizado o método de abordagem geotecnológica sugerido por Oliveira et al. (2018). Os autores apresentam três etapas de trabalho a serem desenvolvidas: a) Etapa Preliminar; b) Etapa de Caracterização da Ação Antrópica; e c) Etapa de Caracterização dos Processos e Condicionantes – Tabela 12.

Tabela 12. Etapas da abordagem geotecnológica (adaptada de OLIVEIRA et al., 2018, p. 445-446).

Etapa	Atividades
Preliminar	- Delimitação da área de estudo. É sugerida a delimitação da bacia hidrográfica, pois, “funciona como geossistema aberto, ou seja, recebe, além da energia do sol, a chuva e exporta água, sedimentos, etc. [...]”. (p. 445).
Caracterização da ação antrópica	- Levantamento: de dados, bibliografias, documentos e entrevistas; e - Interpretação de fotos e imagens aéreas. Estas atividades têm por objetivo principal caracterizar a história do uso da terra.
Caracterização dos processos e condicionantes	- Mapeamento, descrição e interpretação das camadas dos depósitos. A partir da associação desta etapa, com a história do uso da terra, consegue-se “elaborar a história sequenciada de eventos mais importantes, concluindo-se assim o diagnóstico” (p.445).

4.2.3 Classificação quanto à espacialidade (A)

4.2.3.1 Classificação para os Campos Tecnogênicos - Tecnofields

A proposta de classificação para os Campos Tecnogênicos (Tecnofields) – Tabela 13 - foi estruturada a partir dos quatro principais tipos de atividades geradoras de conflitos socioambientais (PORTO e MILANEZ, 2009) e modificadoras de grandes áreas de solos naturais. Desta forma, e como já mencionado, esta classificação objetiva: (i) (re)orientar políticas, planos e programas de zoneamento/uso e ocupação do solo (função de planejamento e de caráter preventivo), e (ii) monitorar as atividades já instaladas com relação aos riscos, conflitos e impactos associados a estas.

Sendo assim, foram definidas quatro classes tecnogênicas de escala macro: (1) solos modificados, física e quimicamente, para a produção agropecuária; extrativismo vegetal; e áreas de desmatamento (solo exposto) – CT(AGROPEC/DESMAT); (2) grandes extensões de solos impermeabilizados para a construção civil (áreas urbanizadas) – CT(URBAN.); (3) as extensas áreas modificadas pela mineração e indústria através: da extração de recursos; da deposição de resíduos/rejeitos/estéreis; de grandes áreas atingidas por material proveniente do rompimento de barragens de rejeitos; e também da impermeabilização – CT(MINER./IND.); e (4) grandes áreas alagadas (formação de reservatórios em hidrelétricas) – CT(RESERV.). Os principais processos, tecnógenos, riscos e conflitos associados a cada uma destas classes podem ser visualizados nas Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6.

Para cada classe definida foram apontados exemplos de instrumentos para o monitoramento/controle e mitigação das modificações antrópicas no meio geológico.

Tabela 13. Classificação dos Campos Tecnogênicos.

Classe Campo Tecnogênico (CT)	Principais processos tecnogênicos relacionados ao Campo Tecnogênico	Classificação da origem dos processos tecnogênicos	Exemplos de instrumentos para monitoramento e mitigação, pelo poder público, das modificações antrópicas associadas
1. CT(AGROPEC./DESMAT.) Áreas: agrícolas, de pastagens, extrativistas, florestas exploradas, solo exposto, dentre outras.	Modificação física e química dos solos – <i>in situ</i> – através da utilização de maquinário agrícola e lançamento de nutrientes/adubo e agrotóxicos.	Direto	Para controle e mitigação da erosão e supercompactação dos solos: (a) implantação de Áreas de Demonstração ⁶¹ (assistência técnica para a implantação de Práticas Conservacionistas ⁶² e Sistemas de Manejo do Solo ⁶³). Para controle e mitigação da poluição/contaminação dos solos: (a) exigência legal de execução e apresentação de análises laboratoriais periódicas da qualidade dos solos, além das já exigidas para a renovação do licenciamento ambiental.
	Degradação – aceleração do processo erosivo pela retirada da vegetação.	Indireto	Práticas conservacionistas e sistemas de manejo dos solos. Revegetação
	Agradação – assoreamentos em rios e fundos de vale por	Indireto	Práticas conservacionistas e sistemas de manejo dos

⁶¹ Área de Demonstração

Áreas de demonstração são conjuntos de propriedades, de preferência cobrindo uma bacia hidrográfica completa, em extensão suficiente para encerrar todos os problemas de mais provável ocorrência na região, nos quais o Governo, a título de exemplo e demonstração, proporcionará aos agricultores todos os meios necessários para a conservação de suas terras de acordo com planos globais traçados para toda a bacia. Em tais áreas, os órgãos especializados do Governo fornecerão aos agricultores toda assistência necessária [...]. (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2005, p. 330-331).

⁶² Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2005, p.94) práticas conservacionistas são “as técnicas utilizadas para aumentar a resistência do solo ou diminuir as forças do processo erosivo [...]”.⁶³ “[...] inovações introduzidas pelo homem no seu desejo de aumentar as colheitas e de cultivar as mais diversas culturas. Vários sistemas de manejo têm sido estudados visando à manutenção da fertilidade do solo, ao controle da erosão e à redução do custo das operações [...]”. (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2005, p. 182).

	sedimentos dos campos de cultivo		solos
2. CT(URBAN.**)	<p>Modificação física e química dos solos – <i>in situ</i>. A impermeabilização e, o lançamento e vazamentos de efluentes nos solos causam, respectivamente: a diminuição da taxa de infiltração e a poluição/contaminação de solos.</p>	Direto	<p>Para promover o aumento da taxa de infiltração: incentivos fiscais para projetos que priorizem; (a) áreas externas permeáveis (áreas verdes); (b) utilizem pavimentos ecológicos (semipermeáveis). Para controle e mitigação da poluição/contaminação: (a) implantação e manutenção de infraestrutura de saneamento básico em toda a malha urbana; (b) fiscalização, e solicitação de monitoramento, de fossas sépticas e estações de tratamento de efluentes.</p>
	<p>Degradação – escavações e aceleração de processos erosivos (cortes de taludes; e construções em encostas que tornam a área instável)</p>	Direto e Indireto	<p>Para controle da erosão: (a) durante a execução de obras públicas: diminuição do tempo de exposição dos solos; (b) incentivos fiscais para projetos que priorizem o máximo possível de áreas verdes e, a não retirada da vegetação; (c) implantação de planos de gestão e monitoramento de áreas com alta declividade ocupadas (encostas).</p>
	<p>Agradação – depósitos de sedimentos (aterros); depósitos de lixo/resíduos; depósitos induzidos em fundos de vale (várzea) devido aos processos de escavação e erosão acelerada/induzida; depósitos em “pés” de encostas/taludes devido aos movimentos de massa acelerados ou lançamento de lixo/resíduos em encostas</p>	Direto e Indireto	<p>Para os depósitos diretos: fiscalização, adequação, e monitoramento dos depósitos construídos sem controle antrópico (sem licença). Para os depósitos indiretos: mapeamento e recuperação das “áreas-fonte” de sedimentos e/ou resíduos.</p>

3. CT(MINER./IND.***)	Degradação – Escavação do solo em superfície e/ou subsuperfície, dependendo do tipo de lavra. Este processo acelera a erosão dos solos (processo tecnogênico indireto). Agradação – Depósitos de rejeitos e estéreis; depósitos sedimentares induzidos em fundos de vales	Direto e Indireto	Para controle da erosão: (a) exigência legal de recuperação ambiental simultânea ao processo de lavra. Atualmente é exigida apenas a recuperação ambiental ao final da atividade; (b) Para melhor controle das barragens de rejeitos: (a) exigência da utilização de processo construtivo mais seguro; (b) alteração no sistema de classificação de risco de barragens de rejeito ⁶⁴ (c) fiscalização mais rígida dos dados obtidos nos poços de monitoramento;
4. CT(RESERV.*)	Agradação – depósitos sedimentares no fundo e margens dos reservatórios.	Indireto	Para controle dos assoreamentos: (a) planos de revegetação de áreas de nascentes e matas ciliares e, controle da retirada da vegetação na bacia hidrográfica em questão.

Fonte: a autora.

As abreviaturas foram definidas a partir de:

(*) http://www.dlpng.ibge.gov.br/APP_DOC/LISTA%20DE%20ABREVIATURAS.pdf;

(**) https://www.academia.edu/4996725/DICION%C3%81RIO_DE_ABREVIATURAS;

(***) file:///C:/Users/User/Downloads/DICIONARIO_DE_ABREVIATURAS.pdf.

Coelho (2008, p. 19), a partir da organização de dados de Cunha (1995), apresenta os seguintes impactos hidrológicos e geomorfológicos no ambiente fluvial associados às barragens – Figura 55:

⁶⁴ Como já citado anteriormente, no Capítulo 2, a classificação do DNPM (Departamento Nacional de Pesquisa Mineral) quanto ao grau de risco, não tem se mostrado eficiente, então, é recomendado por este trabalho que esta classificação seja a mesma do dano potencial associado.

SETOR DA BACIA	PRINCIPAIS IMPACTOS HIDROLÓGICOS	PRINCIPAIS IMPACTOS GEOMORFOLÓGICOS
Montante da Barragem	Deposição de carga sólida; Mudança térmica das águas; Redução da velocidade das águas; Subida do nível das águas.	Assoreamento na desembocadura dos rios principais; Assoreamento no fundo dos vales principais; Assoreamento na desembocadura e no fundo dos vales afluentes; Formação de novas áreas de inundação.
No Reservatório e Periferia	Armazenamento de carga líquida; Armazenamento de carga sólida; Modificação no conteúdo de gases dissolvidos; Elevação do nível piezométrico (compressibilidade dos líquidos); Alteração na taxas de infiltração; Maior disponibilidade de água subterrânea; Ocorrência de Inundações; Assoreamento no reservatório; Redução da vida útil da barragem; Alteração na transparência da água; Alteração na estrutura térmica da água.	Submersão das formas de relevo; Processos de abrasão lacustre; Recuo das margens ou das falésias lacustres; Formação de praias e depósitos de abrasão; Processos de assoreamento; Formação de bancos arenosos emersos ou imersos; Formação de lagoas fechadas; Colmatação da desembocadura dos rios principais; Formação de novas áreas de Inundação.
A Jusante da Barragem	Controle da regularização das descargas; Redução da carga sólida (sedimentos); Sanilização da água; Alteração na estrutura térmica; Redução do nível piezométrico; Alteração nas taxas de infiltração; Menor disponibilidade de água subterrânea.	Entalhe no leito do rio, com conseqüente descida do nível de base local; Descida do nível de base dos afluentes com retomada erosiva (entalhe) dos seus leitos; Processos de erosão nas margens; Alteração nos sedimentos de fundo e das margens; Reajustamento na morfologia do canal pela migração dos setores de erosão e sedimentação; Processos de deposição nas margens e fundo do leito; Modificações na dinâmica da foz.

Fonte: Cunha (1995).
Org.: André Luiz Nascentes Coelho.

Figura 55. Alterações Hidrológicas e Geomorfológicas em Setores de um Rio Represado. Fonte: Coelho (2008, p. 19).

Técnicas para medição de assoreamentos em reservatórios são apresentadas por Carvalho (2008) e Cabral (2005).

[...] método da planimetria das curvas batimétricas descrita em VANONI (1977) e MORRIS & FAN (1997) e através do método proposto por PONÇANO et al. (1981); GIMENEZ et al. (1981); CARLSTRON FILHO et al. (1981), aperfeiçoados por LOPES (1993) no reservatório de Passaúna – PR, mediante estudo realizado com amostrador Piston Core, que obtém testemunhos verticais poucos deformados, demonstrando que é possível correlacionar o material depositado com as área-fonte, sabendo-se também a espessura da camada depositada em cada ponto amostrado. (CABRAL, 2005, p. 66).

Com relação às medidas mitigadoras para os assoreamentos associados às áreas de reservatório e drenagens associadas, Rossato et al. (2002) comentam:

As proposições para minimizar os crescentes processos que alteram a dinâmica do reservatório da Lomba do Sabão, principalmente os de assoreamento que originam os depósitos tecnogênicos, responsáveis pela alteração na qualidade sanitária das águas da barragem, recurso destinado ao abastecimento da população, centram-se num controle mais efetivo da retirada de vegetação nas áreas de preservação, como áreas ribeirinhas e áreas de parque, além de uma fiscalização das ocupações irregulares. Quanto às áreas ocupadas, cabe remover a população, se localizadas em áreas de risco ou de preservação, ou implantar um sistema de tratamento de esgotos nestas habitações, e coleta de lixo, o que já minimizaria a questão dos dejetos lançados nos arroios. É claro que de nada adiantam estas atitudes, se não houver um trabalho de conscientização junto à população local, que vise diminuir o lançamento de lixo nos corpos d'água e a remoção de mata ciliar, bem como disseminar uma preocupação ambiental junto às atividades agrícolas e de criação. É necessário também fornecer informações relevantes de cuidado com o meio ambiente e de como estes cuidados podem trazer benefícios e melhorias à qualidade de vida destas pessoas. A preocupação com a educação sanitária da população também é um ponto a ser destacado. Soluções práticas só são viáveis e dão bons resultados se acompanhadas de um esclarecimento da população, que será a maior responsável pela manutenção dos resultados obtidos. (ROSSATO, et al. 2002, p.14-15 – grifo nosso).

O mapeamento do número de conflitos associado a cada classe de Campo Tecnogênico deve ser definido como um dos critérios fundamentais de avaliação da intensidade dos impactos associados à atividade. Quanto maior o número de conflitos, maior deverá ser o monitoramento/fiscalização e, maior o número de restrições a novos empreendimentos na região. Esta associação gera uma ferramenta de possível utilização em uma Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), tornando-a mais assertiva.

A Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) é o nome que se dá a todas as formas de avaliação de impacto de ações mais amplas que projetos individuais. Tipicamente, a AAE refere-se à avaliação das consequências ambientais de Políticas, Planos e/ou Programas (PPP), em geral no âmbito de iniciativas governamentais, embora possa também ser aplicada em organizações privadas. Trata-se, bem entendido, de avaliação prévia, equivalente, em certa medida, àquela feita para projetos, obras ou atividades. Entretanto, o grande potencial da AAE está em influenciar a própria formulação de PPP, e não em fazer uma avaliação voltada apenas a mitigar alguns efeitos adversos. Não se trata, portanto, de um “teste” para aprovação ou legitimação de PPP, nem da mera verificação de consequências após sua formulação. (SÁNCHEZ, 2017, p. 168)

Atualmente, é de extrema importância que se volte a debater a obrigatoriedade da AAE no Brasil. Existem muitas controvérsias sobre esse assunto, pois, muitos argumentam que, mesmo a obrigatoriedade da entrega do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do seu respectivo RIMA (Relatório de Impacto do Meio Ambiente), por exemplo, não impede que empreendimentos totalmente inviáveis socioambientalmente sejam implantados, como está sendo verificado com a Usina Hidrelétrica de Belo Monte. Sendo assim, o mesmo viria a acontecer com a AAE.

Sobre isso Sánchez (2017) comenta:

Há inúmeros exemplos de decisões governamentais relativas a políticas, planos ou programas que causaram ou têm causado significativos impactos socioambientais (ou mesmo econômicos) adversos. Um caso bem estudado é o das políticas do governo federal brasileiro relativas à ocupação da Amazônia durante as décadas de 1970 e 1980. De acordo com a visão governamental dominante naquela época, importavam pouco os custos e os benefícios da transferência de grandes contingentes populacionais vindos de outras regiões do país. O que determinava essa orientação eram razões de ordem geopolítica fundamentadas na percepção de setores dominantes dentro do aparelho governamental, de que países estrangeiros estariam planejando a ocupação da região. Uma das políticas públicas que fundamentava esta orientação governamental era a concessão de benefícios fiscais para empresas e cidadãos que promovessem a derrubada da floresta. (SÁNCHEZ, 2017, p. 169-170).

Com base no discutido acima, cabe aqui a pergunta: a obrigatoriedade de uma Avaliação Ambiental Estratégia (AAE) traria algum benefício socioambiental na atual conjuntura política brasileira?

A proposição e regulamentação de um instrumento de avaliação ambiental é sempre muito bem-vinda. Mas, com a “atual” política de desenvolvimento posta para a Amazônia, que aliás, segue o mesmo modelo de políticas anteriores, e é ancorada no apoio total e irrestrito aos grandes projetos, talvez, a AAE seria MAIS um instrumento de apoio à instalação destes projetos, do que de avaliação das consequências ambientais deste tipo de política desenvolvimentista. Porém, o que se espera, é que (num futuro não muito distante) os próprios amazônidas possam participar como protagonistas da elaboração destas políticas de “desenvolvimento” para a região. Começando por discutir o que seria esse “desenvolvimento”.

4.2.3.1.1 Representação

Para Oliveira et al. (2018, p. 446),

O mapeamento geológico dos terrenos tecnogênicos, em termos de técnica cartográfica, é um tema em desenvolvimento. Uma das possibilidades é a sua representação integrada em mapas do Quaternário (formações superficiais), outra é a confecção de mapas temáticos de terrenos tecnogênicos sobre substrato natural (Peloggia, 1999) e, ainda, a elaboração de mapas específicos das unidades geotecnogênicas.

Estando a classificação, proposta por esta pesquisa, relacionada às diferentes atividades antrópicas, optou-se pela representação/delimitação destas unidades sobre mapas de uso e ocupação dos solos (mapas temáticos). Na ausência destes, a representação poderá ser realizada através de fotointerpretação⁶⁵, que deverá ser auxiliada por trabalho de campo.

De forma diferente, no trabalho de Godoi Santos et al. (2017) os autores optaram pela representação dos terrenos tecnogênicos por meio de padrões hachurados sobre mapas geológicos convencionais.

4.2.3.1.2 Testagem do Método

A área de testagem foi escolhida a partir de um banco de dados de imagens (mapas de uso e ocupação do solo) de municípios pertencentes à estados da Amazônia Legal.

⁶⁵ Para Fitz (2008, p. 118)

Em termos gerais, pode-se conceituar *fotointerpretação* como a técnica que realiza o estudo de imagens fotográficas, buscando identificar, interpretar e obter informações sobre os fenômenos e objetos nelas contidos. Apesar de, conceitualmente, a fotointerpretação estar tradicionalmente vinculada à aerofotogrametria (aerofotointerpretação), ela pode ser estendida à interpretação de imagens de satélite e radar, ao menos quando trabalhados na forma visível. Em todos os casos, tem-se sempre que a imagem captada deva ser vertical ou próxima disto. A interpretação visual de fotos e, decorrentemente, de imagens de satélite e de radar, baseia-se, portanto, na percepção do intérprete, o qual deverá estar familiarizado com o local de trabalho.

Segundo o autor, alguns aspectos são fundamentais para a utilização da fotointerpretação: o uso da estereoscopia; a forma, o tamanho e a textura apresentados pelos objetos; o padrão apresentado por um ou por vários elementos da superfície; a localização dos objetos de estudo na paisagem analisada; a tonalidade e a coloração dos elementos nas imagens.

Tanto para a testagem da classificação dos tecnógenos de escala macro (Campos Tecnogênicos), como de escala micro (Unidades Tecnogênicas), foram escolhidas áreas no estado do Pará.

Para a aplicação desta primeira proposta é necessário que, após a classificação das unidades, se realize um diagnóstico socioambiental da área.

O levantamento de dados dos meios biótico, abiótico e antrópico foi feito através de pesquisa bibliográfica e documental, e a partir destes dados foi possível se realizar uma análise dos processos tecnogênicos predominantes na área.

Área escolhida: Município de Jacundá (PA)

a) Classificação

A classificação dos Campos Tecnogênicos do município de Jacundá (PA) foi realizada sobre um Mapa de Classificação de Uso e Ocupação do Solo de 2006. O mapa foi retirado do trabalho de Tancredi et al. (2012).

Optou-se por manter as cores do mapa original. As classes “áreas desmatadas” e “florestas exploradas” foram agrupadas ao CT(AGROPEC./DESMAT.), pelo motivo de terem em comum os principais impactos gerados: erosão e modificação *in situ* dos solos. Figura 56.

Figura 56. Classificação das unidades tecnogênicas de escala macro (Campos Tecnogênicos – CT) do Município de Jacundá (PA). Os principais processos tecnogênicos associados às diferentes unidades e, exemplos de instrumentos para monitoramento e mitigação de impactos, podem ser visualizados na Tabela 13. (Fonte: a autora).

b) Diagnóstico da área, Campos e Processos Tecnogênicos relacionados

Sobre a geologia da área, Mendes et al. (2014) comenta:

Na região que está localizado o município de Jacundá, [...], ocorre como principais unidades do cretáceo a Formação Itapecuru e a Formação Codó. A Formação Itapecuru é constituída por arenitos finos, avermelhados, róseos, cinza – argilosos, geralmente com estratificação horizontal e ocasionalmente cruzada, com abundante silicificação na parte superior (ROSSETTI, 2001). Intercalam-se leitos de siltitos e folhelhos cinza – esverdeados e avermelhados. Os estratos arenosos e pelíticos da Formação Itapecuru, de idade Mesoalbioano-Neocretáceo, segundo Rossetti (2001 op.cit.), correspondem a seis ciclos deposicionais atribuídos a sistemas de vales estuarinos incisivos. (MENDES et al., 2014, p. 65).

Segundo o IBGE, o município de Jacundá, no estado do Pará, possuía no último censo, realizado em 2010, uma população de aproximadamente 51 mil pessoas, com rendimento médio de dois salários mínimos.

Na educação, o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica – IDEB (2017), nos anos iniciais, foi de 4,3, deixando o município apenas em 4.698º/5570º lugar, comparado a outros municípios do país, e no 64º/144⁶⁶ lugar, comparado a outros municípios do estado do Pará.

O PIB per capita (IBGE, 2010) era de 8.503,84 e, o IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (2010) de 0,622.

A economia do município é baseada principalmente na extração de madeira, na pecuária e agricultura. Na Figura 58 estas atividades estão associadas ao CT(AGROPEC./DESMAT.), que reuniu as áreas coloridas em rosa (áreas desmatadas) e marrom escuro (florestas exploradas). Este é o maior campo tecnogênico do município, correspondendo a 62% da área total deste.

O município de Jacundá possui área aproximada de 200.600 hectares, ou seja, 2.006 km². [...] pelo menos 60,35% da sua área encontra-se desmatada, caracterizando total desrespeito à legislação ambiental, gerando um passivo ambiental elevadíssimo pelo mau uso dos recursos naturais. O desmatamento neste município está em estágio tão avançado que muitas áreas de preservação permanente estão sendo degradadas, inclusive aquelas situadas às margens do lago de Tucuruí, infringindo gravemente o artigo 2º do Código Florestal Brasileiro que versa sobre áreas de preservação permanente, ao redor de reservatórios naturais ou artificiais. Detectou-se pouco mais de 3.000 hectares de florestas com indícios de exploração seletiva de madeira, representando cerca de 1,6% do município de Jacundá. Este índice deve ser considerado elevado, em virtude do elevado grau de exploração já existente na área. (TANCREDI, et al. 2012, p. 11).

As atividades associadas a este campo indicam, principalmente: (1) processos tecnogênicos indiretos de degradação, ou seja, aceleração dos processos erosivos pela retirada da cobertura vegetal e, (2) processos de modificação física e química dos solos.

Alguns instrumentos para o monitoramento e controle destes processos são indicados na Tabela 13 (item 4.2.3.1).

A área em azul no mapa (água) corresponde a parte do reservatório de Tucuruí, e representa quase 15% da área total do município de Jacundá.

Na segunda metade dos anos 70, com a abertura da Rodovia PA-

⁶⁶ 144 = Número total de municípios do estado do Pará.

150, a região recebeu um grande número de posseiros. O confronto entre invasores e grileiros foi inevitável. A interferência do extinto GETAT (Grupo Executivo de Terras do Araguaia e Tocantins), a partir de 1980 ajudou a serenar os ânimos. O órgão titulou e demarcou inúmeros lotes de terra, mas os novos proprietários rurais continuaram sem infra-estrutura, como escolas, estradas etc. Durante esse período instalaram-se na Vila Arraias várias madeireiras, que deram um novo impulso à economia local. Com a construção da barragem de Tucuruí, foram inundados 900 km² do território de Jacundá, deixando submersas cachoeiras, canais, garimpos de diamantes, além da antiga sede do município e de alguns vilarejos. A sede municipal foi transferida das margens do Rio Tocantins para a Vila Arraias, no km 88 da Rodovia PA-150, com o remanejamento das famílias que moravam na área que foi inundada pelo lago da hidroelétrica. (IBGE, 2010 – grifo nosso).

Esta área foi relacionada ao CT(RESERV.), que é o segundo maior campo tecnogênico do município. A formação deste grande lago deu início a um processo de agradação induzido (processo de assoreamento do fundo do reservatório). Para a contenção deste tipo de processo indireto são necessários planos/programas:

- (i) de revegetação de áreas de nascentes e matas ciliares e,
- (ii) de controle da retirada da vegetação na bacia hidrográfica em questão.

O terceiro, e menor, campo tecnogênico do município corresponde a área urbana, apenas 0,5% da área total – CT(URBAN.).

Segundo o site do IBGE, o município apresenta:

[...] 15.3% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 46.1% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 0.3% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). Quando comparado com os outros municípios do estado, fica na posição 50 de 144, 47 de 144 e 103 de 144, respectivamente. Já quando comparado a outras cidades do Brasil, sua posição é 3964 de 5570, 4275 de 5570 e 4686 de 5570, respectivamente. (IBGE, 2010).

Ou seja, 84,70% dos domicílios de Jacundá (PA) não possuem esgotamento sanitário e, mesmo este número já sendo extremamente alarmante, o município ocupa a 50ª posição no estado do Pará. Ou seja, ainda existem 94 municípios paraenses em uma situação ainda pior com relação a este serviço básico, relacionado à infraestrutura e à qualidade ambiental e de vida.

Na sede do município de Jacundá, no Estado do Pará, o sistema de distribuição de água é feito a partir de fonte superficial, sendo a água, bombeada direto para a rede e atende apenas a área central da cidade, cerca de 20% da área urbana. O fornecimento é intermitente causado pela turbidez, outros materiais em suspensão na água, vazão e problemas operacionais. (MENDES et al., 2014, p. 62-63).

A partir da apresentação destes números é possível se projetar duas situações:

(i) A relação entre a falta de saneamento com o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento diretamente nos solos, causando:

- erosão (processos tecnogênicos indiretos de degradação); e
- modificação química e física (solos poluídos/contaminados) - processos tecnogênicos de modificação.

(ii) A relação entre a falta de vias públicas urbanizadas adequadamente com vias apresentando processos de desenvolvimento de sulcos e ravinas (processos indiretos de degradação). A erosão dos solos pode gerar áreas de assoreamento (processos indiretos de degradação), e conseqüentemente, inundações.

A estrutura escolhida para a classificação dos Campos Tecnogênicos objetivou basicamente iluminar os principais processos tecnogênicos atuantes na área e, possíveis formas de monitoramento/controlar destes.

4.2.3.2 Classificação para as unidades tecnogênicas de escala micro (A) e classificação quanto ao risco e capacidade de suporte ambiental (B)

A classificação proposta para as unidades tecnogênicas - escala micro (equivalentes ao 4º, 5º e 6º táxons de Ross, 1992) objetiva: (i) analisar o grau risco e capacidade de suporte ambiental da área; (ii) analisar a necessidade de intervenção/recuperação; e (iii) alimentar bancos de dados socioambientais.

Para esta segunda classificação foi escolhido o formato de “protocolo”, pois, este formato facilita a coleta de dados pontuais e consegue realizar uma avaliação rápida da qualidade

ambiental da área. Sobre este tipo de formato, Krupek (2010) comenta:

Os procedimentos de avaliação rápida têm como principal objetivo a redução de custos na avaliação ambiental de um local ou grupos de locais, sem, no entanto, privar os estudos de rigor técnico-científico (SILVEIRA, 2004). Além disso, eles podem ser aplicados em pesquisas onde existe a necessidade de resultados rápidos, tais como em decisões de gerenciamento e no desenvolvimento de metodologias em prol da conservação ambiental. (KRUPEK, 2010, p. 148).

Um Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) analisa um conjunto de fatores, divididos em classes, estas que são descritas e valoradas. Esta valoração é atribuída a cada fator com base na observação das condições ambientais da área. O valor final do protocolo de avaliação é obtido a partir da somatória dos valores atribuídos a cada fator separadamente. As pontuações finais irão refletir, no caso desta pesquisa, o grau de risco associado à possíveis meios receptores e, a capacidade de suporte ambiental da área.

A escolha dos fatores percorreu as seguintes etapas: (1) análise e escolha dos fatores estruturantes; (2) determinação das classes mais relevantes para cada fator; e (3) atribuição de valores para as diferentes classes de cada fator.

Os critérios utilizados para esta escolha serão discutidos posteriormente.

Etapa 1. Escolha dos Fatores Estruturantes

Foram definidos dois grupos de fatores/parâmetros estruturantes – Figura 57:

a) Fatores de caracterização geral das unidades tecnogênicas – F (CG): I. Tipo de processo atuante; II. Origem do processo; e III. Atividade antrópica

Os fatores de caracterização geral foram escolhidos com o objetivo de se realizar uma análise preliminar da unidade tecnogênica com relação: ao tipo e à origem do processo tecnogênico atuante; e à atividade que o gerou.

b) Fatores relacionados ao risco e a capacidade de suporte socioambientais – F (R)(CSA).

Este segundo grupo foi subdividido em dois subgrupos: b.1) Fatores gerais – F(G) e, b.2) Fatores específicos (relacionados aos processos tecnogênicos) – F(P).

Figura 57. Grupos de Fatores Estruturantes: (a) Caracterização Geral – F(CG) e, (b) Fatores relacionados ao Risco e à Capacidade de Suporte Ambiental – F(R)(CSA). Fonte: a autora.

Para o primeiro subgrupo – Fatores Gerais (b.1) - foram determinados seis fatores: I. Controle antrópico; II. Estágio evolutivo do processo tecnogênico; III. Tipo de uso da área (fator relacionado à existência, ou não, de restrições legais); IV. Tipo de ambiente do entorno; V. Existência de conflitos associados à atividade antrópica geradora do tecnógeno; e VI. Existência de relação entre a unidade tecnogênica e alteração do modo de vida local – Figura 58.

Figura 58. Fatores Gerais – F(G). Fonte: a autora.

Para o segundo subgrupo (b.2) foram escolhidos fatores intrinsecamente relacionados aos processos tecnogênicos e, aos impactos e riscos socioambientais.

Os critérios utilizados para a escolha dos fatores de caracterização geral e dos fatores relacionados à capacidade de suporte e riscos, foram, respectivamente: (i) a associação da atividade geradora da unidade tecnogênica à conflitos socioambientais; e (ii) os impactos socioambientais negativos associados, ou que possam vir a se associar, à estas unidades. Ou seja, critérios que relacionem a unidade tecnogênicas diretamente à qualidade ambiental e de vida.

Este sistema de classificação pode ser considerado: (i) morfogenético, pois, agrega fatores relacionados aos processos da dinâmica externa e (ii) técnico, pois, associa às novas classes um grau de risco e, um índice de intervenção, ou seja, elementos de caráter interpretativo e de aplicabilidade em ações de planejamento ambiental.

Etapa 2. Determinação das classes mais relevantes para cada fator

a) Fatores de Caracterização Geral – F(CG) – Figura 59:

I. Tipo de processo atuante (X)

Quanto aos tipos de processos que dão origem aos tecnógenos, a classificação proposta é: processos de degradação (**D**); processos de agradação (**A**); processos de modificação física/mecânica (**MF**) e processos de modificação química (**MQ**) e; processos combinados (**PC**). Um exemplo de processos combinados pode ser: um aterro (agração) que apresenta feições erosivas (degradação).

Em algumas situações, o processo de modificação é resultante da combinação de dois outros processos simultâneos: o processo de degradação/escavação e o processo de substituição, como no caso de aterros subterrâneos e cemitérios.

II. Origem do processo atuante (Y)

Quanto à origem, os processos acima citados podem estar relacionados às seguintes classes: Processos Naturais Acelerados/Induzidos (**PNA**); Processos Antrópicos (de

construção) – **(PA)**; ou origens combinadas **(OC)**. Seguindo o mesmo exemplo acima: um aterro (processo antrópico) que começa a apresentar feições erosivas (processo natural ou natural acelerado).

III. Atividade(s) antrópica(s) relacionada(s) (causa) - (Z)

A tipologia escolhida é a apresentada por Porto e Milanez (2009), que destacam as principais atividades responsáveis por conflitos socioambientais: Agropecuária (**AGROPEC.**); Urbanização (**URBAN.**); grandes obras de Infraestrutura (**INFRAEST.**); Mineração/Indústria (**MINER.**); e Não Identificável (**NI**), quando a atividade que deu origem ao processo não pode ser identificada.

Para as unidades tecnogênicas complexas, para os três fatores de caracterização geral, deverá ser registrada a sequência “histórica”, com a utilização do símbolo “→”.

Figura 59. Fatores de Caracterização Geral. Fonte: A autora.

b) Fatores relacionados ao Risco (R) e à Capacidade de Suporte Ambiental (CSA) – F(R)(CSA):

Os F(R)(CSA) foram divididos em dois grupos: os Fatores Gerais (G) e os Fatores relacionados aos Processos (P).

b.1 Fatores Gerais – F (G)

Os fatores gerais, associados ao risco e à capacidade de suporte ambiental, foram escolhidos por se associarem a todos os tipos de processos tecnogênicos: de degradação, de agradação e, de modificação: I. Controle antrópico; II. Estágio evolutivo do processo; III. Tipo de uso da área; IV. Tipo de ambiente do entorno; V. Existência de conflitos associados à atividade antrópica que gerou a unidade tecnogênica; e VI. Existência de relação entre a unidade tecnogênica e alterações no modo de vida do local.

O controle antrópico e o estágio evolutivo do processo foram definidos como fatores limitadores da necessidade da continuidade da classificação.

Os depósitos construídos com controle, como os aterros de estradas e de barragens de terra, apresentam comportamentos geotécnicos conhecidos porque estes são objetivamente determinados pelos critérios de projeto que orientam sua execução, envolvendo compactação e drenagem e outras medidas que assegurem a estabilidade do empreendimento [...]. Neste tipo de depósitos podem também ser considerados os aterros sanitários que vem sendo objeto de pesquisas do comportamento geotécnico, tendo por fundamento a instrumentação do maciço com medidores de deslocamentos, de piezômetros etc. [...].

Os depósitos de rejeitos de mineração [...] e os depósitos de bota-foras e suas eventuais barragens de contenção constituem um amplo conjunto de maciços com grande diversidade de composição, estruturas e organização que condicionam comportamentos também extremamente diversos. (OLIVEIRA et al., 2018, p. 449).

É importante ressaltar que a existência do controle antrópico está relacionada ao atendimento à legislação vigente.

Sendo assim, a classificação, para este primeiro grupo de fatores, será realizada através da resposta a seis perguntas:

I. Existe controle antrópico do(s) processo(s)?

Para este fator podemos citar: os lixões, como exemplo da inexistência de controle

antrópico e, os aterros sanitários (construídos dentro das normas exigidas por lei) como exemplo de feições com controle antrópico.

Esta informação pode ser obtida junto aos órgãos de licenciamento ambiental ou no local.

Sim	Não
------------	------------

II. Qual é o estágio evolutivo do(s) processo(s)?

O objetivo da caracterização deste fator é determinar se o processo tecnogênico está ativo, ou não. Esse diagnóstico pode ser realizado através:

(i) do uso de indicadores visuais (ALVES et al. 2007; ARAUJO et al. 2010; FENDRICH, 1991; dentre outros).

Para a análise de feições erosivas causadas pelas águas das chuvas, que evoluem de sulcos a voçorocas, é possível se identificar visualmente algumas características que apontam para a estabilidade, ou atividade, do processo. Processos de voçorocamento ativos apresentam: paredes (taludes) subverticais a verticais (de 60° a 90°) com trincas; ausência de vegetação no interior; e presença de água (em hierarquia de drenagem natural).

(ii) da comparação de imagens atuais e históricas (RUBIN et al., 2008), que também é uma forma de utilização de indicadores, só que de maneira comparativa, e utilizando o sensoriamento remoto. Exemplo: nas Figuras 60, 61, 62, 63, 64 e 65, que apresentam um processo erosivo que se iniciou com a implantação de um loteamento entre 2011 e 2012 e não se concretizou, pode-se observar que, após uma aceleração do processo que ocorreu até 2017, o desenvolvimento da vegetação do entorno, entre 2017 e 2019, está contribuindo para estabilização desse. Esta estabilização pode ser verificada, na imagem de 2019, pelo nível de menor entalhamento das vertentes (abrandamento da inclinação dos taludes) e maior porcentagem de vegetação (FENDRICH, 1991).

Figuras 60, 61, 62, 63, 64, e 65. Fonte: Google Earth Pro.

A comparação de imagens para a identificação de tecnógenos foi utilizada por Machado (2014) em um estudo de caso no município de Araguaína (TO):

[...] a localização dos Depósitos Tecnológicos foi possível através da análise de fotografias aéreas do INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) de 1969, comparadas com as

imagens do satélite SPOT em diferentes escalas de 2005 e 2011 disponíveis no Google Earth. (MACHADO, 2014, p. 9).

(iii) de ensaios diretos. Exemplos: estaqueamento (GUERRA, 2005); vibro-testemunhador (RUBIN et al. 2008).

A partir da escolha de, pelo menos, um destes instrumentos, a área deverá ser adequada, segundo o estágio evolutivo do processo, a uma das seguintes classes:

Estabilizado	Em estabilização	Ativo
---------------------	-------------------------	--------------

Sendo o processo ativo o de maior risco ambiental.

III. Qual é o tipo predominante de uso permitido para as áreas do entorno?

As classes escolhidas para este fator foram: área de uso livre; área de uso restrito (ex.: APA – Área de Proteção Ambiental); ou área com uso proibido (ex.: Área de Proteção Permanente).

Área de uso livre	Área de uso restrito	Área de uso proibido
--------------------------	-----------------------------	-----------------------------

Esta informação pode ser obtida junto aos órgãos ambientais.

IV. Qual é o principal tipo de ambiente do entorno?

Este fator foi relacionado à presença, ou não, de vegetação no entorno da unidade tecnogênica.

As classes escolhidas, com relação à presença de vegetação na área, foram as mesmas apresentadas por Krupek (2010) no Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em segmentos de bacias hidrográficas (modificado do protocolo proposto pela Agência de Proteção Ambiental de Ohio, EUA - EPA 1987): vegetação natural; campos de pastagem, agricultura, reflorestamento; e residencial, comercial, industrial. Esta classificação foi escolhida, pois, agrega cobertura vegetal, e tipo de uso e ocupação do entorno.

O método a ser utilizado para a definição deste fator é a identificação visual em campo ou, através de imagens e fotografias aéreas.

Vegetação natural	Campos de pastagem, agricultura, reflorestamento	Residencial, comercial, industrial
--------------------------	---	---

V. Existem conflitos (sociais) relacionados à atividade que originou o tecnógeno?

Não	Sim
------------	------------

Esta informação deverá ser obtida através: de entrevistas com moradores, em órgãos públicos, da imprensa, de documentos técnicos e científicos, dentre outros.

VI. O tecnógeno está relacionado à alteração do modo de vida local, ou seja, da produção e reprodução social do espaço?

Não	Sim
------------	------------

Esta pergunta deverá ser respondida mediante informações: de moradores, de órgãos públicos, imprensa, documentos técnicos e científicos, dentre outros.

b.2 Fatores relacionados aos processos tecnogênicos – F(P)

Na utilização desta metodologia, para os processos combinados (PC), a partir desta etapa, deve-se aplicar a classificação para os diferentes processos que dão origem às unidades tecnogênicas e, optar pelo de maior risco.

Como exemplos de processos combinados: áreas onde a superfície foi escavada e, posteriormente, preenchida; depósitos retrabalhados; dentre outros.

b.2.1 Degradação (D)

Os processos de degradação estão relacionados à remoção dos solos. Esta remoção pode ocorrer de forma: natural (erosão); natural acelerada (erosão acelerada por atividades

antrópicas) ou; antrópica (por escavação mecânica ou manual, superficial ou subterrânea). Os agentes erosivos naturais (águas, gravidade, vento e geleiras) dão origem a diferentes tipos de feições erosivas.

As **feições tecnogênicas** (denominação apresentada pela Tabela 10) podem ser originadas tanto: (a) pela aceleração do processo natural, também denominado processo induzido ou, indireto (conforme classificações já apresentadas anteriormente) como, (b) por processos de construção (escavações).

Em áreas urbanizadas, os restos de artefatos, resíduos e entulho que compõem os materiais escorregados podem favorecer ou não a estabilidade. De forma desfavorável condicionam movimentos de massa sobre superfícies de artefatos inclinadas para fora dos taludes. De forma favorável, os materiais podem conferir ao depósito um comportamento de terra-armada. Entretanto, tais comportamentos são locais e se distribuem de forma heterogênea na massa do depósito. De forma geral tratam-se, portanto, de maciços instáveis, com movimentos semelhantes aos tálus, em função das chuvas e descalçamento. (OLIVEIRA et al. 2018, p. 449).

A indução dos movimentos de massa (Figura 66), tipo de erosão onde o agente de transporte principal é a gravidade, pode ter sua origem associada às seguintes ações antrópicas: (a) cortes em pés de taludes; (b) cortes em taludes que aumentem sua inclinação (retaludamento); (c) construções ou deposição de resíduos sobre taludes; (d) escavações na subsuperfície que acarretem movimentos de subsidência ou desabamento (colapso) da superfície; dentre outras – Figura 67.

Figura 66. Classificação dos Movimentos de Massa de acordo com a variação do teor de umidade e velocidade. Fonte: modificado de Carson e Kirkby (1972). (FLORENZANO, 2008, p. 160).

Figura 67. Exemplo de solo colapsado por atividade de mineração de carvão em subsuperfície. (RUIZ et al. 2014, p.140).

Já a aceleração da erosão pluvial/laminar/difusa pode estar associada a: (a) pontos de lançamentos de efluentes; (b) ocupação, remoção da vegetação, e impermeabilização da área; (c) escavação da área erodida naturalmente; dentre outras ações.

Sendo assim, a partir do que foi discutido e, da análise dos principais fatores naturais intervenientes na evolução dos processos erosivos apresentados, foram escolhidos três fatores para a classificação destes processos tecnogênicos de degradação quanto à sua relação com possíveis impactos socioambientais: I. o tipo de solo, II. a declividade e, III. a presença, ou não, de pontos de descarte de efluentes e/ou resíduos no entorno da área. O tipo de solo, a declividade e o lançamento de efluentes influenciam diretamente na velocidade de evolução do processo e poluição/contaminação dos solos e recursos hídricos, enquanto que, a presença de pontos de descarte de resíduos e entulhos pode influenciar, tanto a estabilidade dos taludes, como acelerar os processos de poluição e/ou contaminação da área.

I. Tipo de solo – Diagnóstico do solo da unidade tecnogênica

A proposição é que o solo da unidade seja classificado segundo sua granulometria, sendo assim, as categorias indicadas nesta pesquisa seguem a classificação granulométrica (textura) para os solos proposta pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) 6502/1995: pedregulhos (entre 60,0 e 2,0mm); areias (entre 2,0 e 0,06mm); siltes (0,06 e 0,002mm); e argilas (< 0,002mm).

A granulometria é uma das propriedades-índice dos solos, e está intrinsecamente relacionada à porosidade e, permeabilidade dos mesmos.

Para a associação da textura dos solos a maior, ou menor, susceptibilidade aos impactos ambientais, foram considerados os processos: de erosão e/ou, poluição/contaminação. Sendo assim, as argilas foram classificadas como solos de menor vulnerabilidade ambiental, e as areias e pedregulhos como os materiais mais vulneráveis. Hierarquia semelhante foi apresentada por Santos et al. (2007).

Esta informação poderá ser obtida em laboratório, através de ensaio de granulometria ou, em campo, através de testes visuais e táteis⁶⁷.

As classes propostas são:

Argilas	Siltes	Areias	Pedregulhos
----------------	---------------	---------------	--------------------

II. Declividade.

Segundo Tagliani (2003, p. 1659):

Embora o processo erosivo dependa de uma série de fatores conjugados, a declividade é um dos mais importantes no processo de escoamento superficial (Pejon, 1992), e essencial para uma avaliação de risco a erosão. Assim, pode-se estabelecer que, para esse fator, quanto maior a declividade da área maior a vulnerabilidade ambiental.

As classes de declividade adotadas seguem a proposta De Biasi (1977), porém, foi modificado o limite inferior. De Biasi propõe o limite inferior <5%, nesta pesquisa este

⁶⁷ Disponível em: <http://www.sgs.eesc.usp.br/images/MecSolosPos/ENSAIOS.pdf>.

limite foi modificado para $<3\%$, pois, segundo Araújo et al. (2010, p. 55):

No topo das chapadas, com superfície quase planas, predominam os processos de infiltração de água, que podem alimentar mananciais nas suas vertentes. O risco de erosão é muito pequeno no topo das chapadas, mas aumenta muito à medida que nos aproximamos da borda das chapadas. Quando o topo das chapadas possui declividade superior a 3% , já é o suficiente para produzir voçorocas, às vezes com mais de um quilômetro de comprimento e vários metros de largura, possuindo um até mais de dez metros de profundidade, desde que haja solo suficiente.

Sendo assim as classes definidas foram: $<3\%$; 3-12%; 12-30%; 30-47%; $>47\%$.

$<3\%$	3 - 12%	12 - 30%	30 - 47%	$>47\%$
-----------------------------	----------------	-----------------	-----------------	------------------------------

Esta informação poderá ser obtida através: de mapas topográficos, mapas de declividade, de imagens da área (exemplo: com ferramenta “perfil de elevação” do Google Earth Pro), ou; ensaios de campo, como o método dos pontaletes.

III. Presença de pontos de descarte irregular de resíduos, efluentes, ou águas de chuva, no local, ou no entorno.

Descartes irregulares estão intrinsecamente relacionados à poluição/contaminação dos solos e/ou recursos hídricos; e à aceleração dos processos de erosão e assoreamento.

Ausentes	Presentes
-----------------	------------------

Esta informação poderá ser obtida em campo, através de observação visual.

b.2.2 Agradação Induzido (A - Agradação/PNA – Processo Natural Acelerado ou Induzido)

Os processos de agradação, como os de degradação, também podem ser classificados como: naturais, naturais acelerados (induzidos), e construídos. Os depósitos: resultantes dos processos naturais acelerados e, os construídos serão tratados como *depósitos tecnológicos*.

Os depósitos induzidos são formados a partir da instabilização antrópica, remoção, e acúmulo de sedimentos. A remoção destes sedimentos é realizada basicamente: (a) pelas

águas, dando origem aos depósitos aluvionares ou, (b) pela gravidade, dando origem aos depósitos coluvionares. Os depósitos coluvionares, resultantes dos movimentos de massa, tendem a ser mais heterogêneos quanto à sua composição e, sem estrutura característica.

Estas características também são destacadas por Oliveira et al. (2018, p. 449):

Os **depósitos induzidos de massa**, gerados por escorregamentos, comuns na região sudeste do Brasil, ou seja, em regiões de relevo acentuado, no domínio tropical ou subtropical úmido e da Mata Atlântica, são em geral constituídos por diferentes misturas de materiais naturais (solos, rochas e restos vegetais), podendo conter materiais artificiais (resíduos domésticos e entulhos) em diversas proporções quando ocorrem em áreas urbanizadas. Além da massa se apresentar desorganizada pelo processo de escorregamento, sem estratificação, sua composição variada, confere ao depósito um comportamento geotécnico extremamente heterogêneo, do qual se destaca a possibilidade de movimento com a persistência das chuvas e falta de drenagem, devido a sua baixa coesão e baixa resistência ao cisalhamento. Geotecnicamente, portanto, estes depósitos se assemelham a massa de tálus [...], de ocorrência frequente em meias-encostas e pés de serras na referida região, que colocam em risco obras que não se previnem de seu comportamento, caracterizado como rastejo que pode atingir maiores velocidades. (OLIVEIRA et al., 2018, p. 449 – negrito dos autores).

Por outro lado,

Os **depósitos induzidos sedimentares** quando aluvionares, ocorrendo nos fundos dos vales, possuem características semelhantes aos depósitos naturais, porém, com estratificações que representam fases temporais de deposição relativamente muito mais curtas que as geológicas. (OLIVEIRA et al., 2018, p. 449 – negrito do autor).

Com relação aos processos de agração induzidos, Rubin et al. (2008, p. 12), comentam:

Os depósitos tecnogênicos induzidos são formados pelo processo de sedimentação natural que constrói os depósitos de barra de meandro e das planícies de inundação, seguindo a dinâmica do sistema fluvial, mas trazem na sua composição artefatos ou restos tecnogênicos que denunciam a ação do homem interferindo nesta dinâmica. Esses indicadores, ou marcadores, que permitem a identificação dos depósitos como tecnogênicos induzidos, podem constituir uma referência para datações e, assim, possibilitar o cálculo de taxas de produção de sedimentos.

Desta maneira, os fatores escolhidos para a classificação desses depósitos tecnogênicos, quanto ao risco e à capacidade de suporte socioambiental, foram:

I. Heterogeneidade do material constituinte

As classes definidas para este fator foram: baixa, média e alta, sendo a alta heterogeneidade associada a maiores riscos socioambientais, como: desestabilização, poluição/contaminação, novos escorregamentos, dentre outros.

A heterogeneidade deve ser analisada quanto à presença de materiais/resíduos antrópicos e, quanto à textura do material natural presente. No caso de um material com baixa heterogeneidade textural mas, com alta quantidade de materiais antrópicos, ou vice-versa, deve-se classificar como alta heterogeneidade.

Baixa	Média	Alta
-------	-------	------

Esta informação deverá ser obtida visualmente para os materiais antrópicos e, através de testes visuais e táteis para os solos (materiais naturais).

II. Ocupação do entorno

Os fenômenos: (a) das enchentes e alagamentos, muitas vezes associados aos depósitos aluvionares, ou, (b) dos escorregamentos, associados aos depósitos coluvionares, se tornam fenômenos de risco, quando relacionados à altos índices de ocupação.

Para a definição de valores para as classes deste fator, foi escolhida como referência a classificação do IBGE (2017) para a porcentagem de população nas áreas de ocupação densas em relação a Grande Região em áreas (unidades populacionais) com: alto, médio e baixo grau de urbanização.

Sendo assim, foram definidas as seguintes classes para a ocupação no entorno da unidade tecnogênica:

Baixa (0-10%)	Média (10-70%)	Alta (>70%)
---------------	----------------	-------------

Esta informação poderá ser obtida através de documentos de órgãos públicos; imagens, mapas e cartas existentes para a área ou; na inexistência destes, por identificação visual.

III. Registro de acidentes associados à unidade tecnogênica

Nenhum	≥ 1
--------	----------

Esta informação poderá ser obtida junto aos órgãos públicos, imprensa ou moradores.

b.2.3 Agradação Construído (A - Agradação/PA – Processo Antrópico) e Modificação Antrópica Física e/ou Química (MF e MQ/PA – Processos Antrópicos)

Os **depósitos construídos** são muito diversificados tendo em vista que as formas de construção podem ter sido realizadas com ou sem controle de compactação, sendo ou não dotados de medidas estabilizadoras, com drenagem subterrânea e de superfície. (OLIVEIRA et al., 2018, p. 449 – negrito dos autores).

Para os autores (OLIVEIRA et al., 2018, p. 449), “os depósitos tecnogênicos lançados que ocorrem sem qualquer controle”, muito comuns em áreas periféricas urbanas, podem ser de três tipos:

(i) há os depósitos lançados, de grande porte, constituídos por aterros correspondentes a intensas terraplenagens executadas por máquinas, para a implantação de loteamentos ou outros usos, sem qualquer controle, que acabam sujeitos a intensos processos erosivos. (ii) Há os depósitos de “bota-fora”, usualmente clandestinos, em que se acumulam progressivamente materiais diversos (solos, entulhos, lixo) em encostas ou várzeas localizadas nas frentes de expansão urbanas. Tais materiais, nas encostas, frequentemente, sofrem movimentações secundárias que levam à formação de camadas contínuas ao longo dos declives, constituindo um tipo específico de depósito tecnogênico denominada cobertura remobilizada. (PELOGGIA et al., 1992; PELOGGIA, 1994). (iii) E, finalmente, nas áreas de ocupação irregular, há os pequenos depósitos lançados, correspondentes aos cortes executados manualmente, em colinas ou morros, para o assentamento precário de habitações, que também constituem coberturas remobilizadas. (OLIVEIRA et al., 2018, p. 4490).

Da mesma maneira que os depósitos construídos, os depósitos modificados, física e quimicamente, podem, ou não, ter controle antrópico, fator que os associa a um baixo, ou alto grau de risco.

Por este motivo, o controle antrópico foi relacionado como um dos fatores de risco e de

capacidade de suporte ambiental limitantes à continuidade da classificação, da mesma forma que o estágio evolutivo do processo. Caso o depósito tenha esse controle construtivo não há, teoricamente, a necessidade de se utilizar essa classificação, visto que estes seguem normas técnicas e regulamentações.

I. Tipo do material do tecnógeno, com relação ao potencial de poluição (material com o qual está se modificando o terreno natural ou construído).

As classes definidas para este fator foram: Materiais Naturais (MN); Materiais Naturais modificados Fisicamente (MNmodF); Materiais Naturais modificados Quimicamente (MNmodQ); Materiais Naturais modificados Física e Quimicamente (MNmodFQ); Materiais Naturais associados a Resíduos não Perigosos⁶⁸ (MN+RnãP); Materiais Naturais associados a Resíduos Perigosos (MN+RP); Resíduos não Perigosos (RnãP); Resíduos Perigosos (RP).

As subclasses descritas foram agrupadas da seguinte forma:

MN	MNmodF	MNmodFQ	RP
	MN+RnãP	MNmodQ	
	RnãP	MN+RP	

Os materiais foram agrupados de acordo com o potencial de poluição, do menor potencial poluidor (MN) para o maior (RP).

Segundo o site da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), o potencial de poluição da água subterrânea depende:

- 1) Das características, da quantidade e da forma de lançamento do poluente no solo.

⁶⁸ Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) a classificação dos resíduos sólidos quanto a periculosidade é:

a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica; b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea “a”.

Quanto maior a persistência ou menor capacidade de degradação e maior sua mobilidade no meio solo e água subterrânea, maior o potencial de poluição. Aliado a isso, uma pequena quantidade de poluentes em regiões muito chuvosas, pode transportar rapidamente as substâncias para as águas subterrâneas, mesmo considerando a capacidade do solo em atenuar os efeitos; e

- 2) Da vulnerabilidade intrínseca do aquífero. A vulnerabilidade de um aquífero pode ser entendida como o conjunto de características que determinam o quanto ele poderá ser afetado pela carga de poluentes. São considerados aspectos fundamentais da vulnerabilidade: o tipo de aquífero (livre a confinado), a profundidade do nível d'água, e as características dos estratos acima da zona saturada, em termos de grau de consolidação e litologia (CETESB, 2020).

Esta informação poderá ser obtida através: (a) de ensaios de campo: identificação visual, tátil, de odores presentes no material, dentre outros e; (b) ensaios de laboratório.

II. Profundidade do aquífero não confinado

Este fator foi escolhido por estar intrinsicamente relacionado à vulnerabilidade dos aquíferos subterrâneos não confinados (livres). Intervalos: >100m; entre 50 e 100m; entre 20 e 50m; entre 10 e 20m; entre 5 e 10m; entre 2 e 5m; e < que 2m. Os intervalos escolhidos foram os propostos por Foster e Hirata (1988) quando da apresentação da metodologia GOD (**G**roundwater occurrence - **O**verall lithology - **D**epth to groundwater), para diagnóstico da vulnerabilidade de aquíferos. Quanto mais próximo da superfície está o nível freático, mais vulnerável à poluição.

Esta informação poderá ser obtida através de mapas piezométricos ou, de dados de poços no entorno. Os dados de poços podem ser obtidos nos órgãos públicos responsáveis pelas outorgas de perfuração e uso ou, diretamente com as empresas perfuradoras.

>100m ou aquíferos confinados	100 – 20m	20 – 5m	< 5m
---	------------------	----------------	----------------

III. Distância de corpos d'água

As classes escolhidas para este fator, também, com base nos impactos que os tecnógenos possam vir a causar nos corpos d'água, foram adaptadas do Código Florestal (Lei 12.727/2012):

> 200m	200 – 100m	100-50m	< 50m
--------	------------	---------	-------

Quanto maior a distância dos tecnógenos dos rios, menor o risco ambiental associado.

Esta informação pode ser obtida com a utilização: de um equipamento GPS (Global Positioning System), de mapas e, de imagens.

Etapas 3. Atribuição de valores para as classes de Fatores relacionados ao Risco (R) e à Capacidade de Suporte Ambiental (CSA)

Foram atribuídos os valores: 1, 3 e 5 para as classes de: 4 fatores gerais – F(G) e, para 3 fatores relacionados aos processos tecnogênicos – F(P), subgrupos 1 e 2.

Todos os valores atribuídos a cada classe devem ser somados, para que o grau de risco, e de capacidade de suporte ambiental, sejam conhecidos.

$$\text{Grau de Risco} = \sum [F(G) + F(P)]$$

À esta classificação de risco foi associado um Índice de Intervenção (II), que representa a **necessidade e a relevância** da recuperação da área.

A segunda etapa da classificação, relacionada aos fatores de risco e de capacidade de suporte ambiental, não é necessária para as unidades tecnogênicas (escala micro), que tenham controle antrópico e/ou já possuam classificação de risco.

Tabela 1. Classificação das Unidades Tecnogênicas.

CLASSIFICAÇÃO PARA UNIDADES TECNOGÊNICAS - ESCALA MICRO
Fatores de Caracterização Geral – F(CG)
<p><u>Tipo de processo atual, ou mais recente - X</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Processos de degradação (D), - Processos de degradação (A), - Processos de modificação física/mecânica (MF), - Processos de modificação química (MQ), e - Combinação de processos (CP) <p><u>Origem do processo atual, ou mais recente – Y</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Processos Naturais Acelerados/Induzidos (PNA); - Processos Antrópicos (de construção) – (PA); ou - Processos Combinados (PC)

Atividade antrópica relacionada (causa) – Z - Agropecuária (AGROPEC.); - Urbanização (URBAN.); - Grandes obras de Infraestrutura (INFRAEST.); e Mineração/Indústria (MINER.). Exemplo de classe XYZ formada: (D)(PA)(INFRAEST.)		
↓		
Fatores relacionados ao Risco (R) e à Capacidade de Suporte Ambiental (CSA) – F(R)(CSA)		
Fatores Gerais – F(G) – Subgrupo 1		
I. Existe controle antrópico do processo?		
Sim – Com controle (CC)	Não – Sem controle (SC)	
Fiscalização de Licenciamento Ambiental Plano de Monitoramento	Seguir processo de classificação	
←		
II. Qual é o estágio evolutivo do processo?		
Estabilizado/Inativo	Em estabilização (natural)	Ativo
Elaboração de Plano de Monitoramento	Elaboração de Plano de Monitoramento	Seguir processo de classificação com atribuição de valores
←		
III. Qual é o tipo predominante de uso permitido para as áreas do entorno?		
Área de uso livre	Área de uso restrito	Área de uso proibido (Área de Proteção Permanente)
1	3	5
IV. Qual é o tipo de ambiente predominante do entorno?		
Vegetação natural (rural)	Campos de pastagem, agricultura, e reflorestamento (rural)	Residencial, comercial, e industrial (urbano)
1	3	5
V. Existem conflitos relacionados à atividade que originou o tecnógeno?		
Não	Sim	

1	5
VI. O tecnógeno está relacionado à alteração do modo de vida local, ou seja, da produção e reprodução social do espaço?	
Não	Sim
1	5
	Pontuação Máxima da Tabela = 20 Pontuação Mínima da Tabela = 4 Pontuação da Unidade Tecnológica =

Fonte: a autora

Ir para a Tabela 2a, 2b, OU 2c, dependendo da classificação do processo: quanto ao tipo e, origem

Tabela 2a

2.2.1 Fatores relacionados aos processos tecnogênicos – F(P):				
Degradação (D)				
I. Tipo de Solo				
Argilas	Siltes	Areias	Pedregulhos	
1	3	5	5	
II. Declividade				
< 3%	3-12%	12-30%	30-47%	>47%
1	3	3	5	5
III. Presença de, no mínimo, um ponto de descarte irregular de: resíduos, efluentes, ou águas de chuva, no local, ou no entorno				
Não		Sim		
1		5		
		Pontuação Máxima da Tabela = 15 Pontuação Mínima da Tabela = 3 Pontuação da Unidade Tecnogênica =		

Fonte: a autora.

Tabela 2b.

2.2.2 Fatores relacionados aos processos tecnogênicos – F(P):		
Agradação Induzido (A - Agradação/PNA – Processo Natural Acelerado/Induzido)		
I. Heterogeneidade do material constituinte		
Baixa	Média	Alta
1	3	5
II. Ocupação do entorno		
Baixa (0-10%)	Média (10-70%)	Alta (>70%)
1	3	5
III. Registro de acidentes associados ao depósito tecnogênico		
Nenhum	≥ 1	
1	5	
	Pontuação Máxima da Tabela = 15 Pontuação Mínima da Tabela = 3 Pontuação da Unidade Tecnológica =	

Fonte: a autora.

Tabela 2c.

2.2.3 Fatores relacionados aos processos tecnogênicos – F(P): Agradação Construído (A - Agradação/PA – Processo Antrópico) e Modificação Antrópica Física e/ou Química (MF e MQ/PA – Processo Antrópico)			
I. Tipo do material do tecnógeno, com relação ao potencial de poluição (material com o qual está se modificando o solo natural, ou construindo)			
MN	MNmodF MN+Rnãop Rnãop	MNmodFQ MNmodQ MN+RP	RP
1	3	5	5
II. Profundidade do aquífero não confinado (livre)			
>100m ou aquíferos confinados	100 - 20m	20 – 5m	< 5m
1	3	5	5
III. Distância de corpos d'água			
> 200m	200 – 100m	100 – 50m	< 50m
1	3	5	5
		Pontuação Máxima da Tabela = 15 Pontuação Mínima da Tabela = 3 Pontuação da Unidade Tecnogênica =	

Fonte: a autora.

Após a aplicação da classificação, deve-se seguir para o cálculo e, classificação do Risco e Capacidade de Suporte Ambiental da área (unidade tecnogênica) – FIGURA 68

Associado às classes de risco e capacidade de suporte foi proposto um índice de intervenção (II), que indica a necessidade de urgência de recuperação da área.

Figura 68. Cálculo, Classificação do Risco, da Capacidade de Suporte Ambiental e Índice de Intervenção. Fonte: a autora.

O Modelo de Ficha de Campo encontra-se em anexo – ANEXO I.

4.2.3.2.1 Identificação e Representação

Segundo Machado (2014):

A localização dos depósitos tecnogênicos por imagens de satélite é difícil devido ao fato dos materiais geralmente estarem cobertos por aterros sanitários, vegetação e construção civil. Para fazer uma identificação mais fácil dessas áreas, alguns fatores indiretos devem ser considerados, tais como: as mudanças no sistema de drenagem, depósitos fluviais, mudanças nas características geomorfológicas e diferenças na densidade e tipo de vegetação. (MACHADO, 2014, p. 9 – tradução nossa).

A classificação e o mapeamento de unidades tecnogênicas (escala micro), objetivam, principalmente, orientar o monitoramento e ações de recuperação de áreas degradadas, sendo assim, a escala de mapeamento para estas áreas é a mesma indicada para áreas de risco em áreas urbanas (Figura 69), pois, a classificação proposta por esta pesquisa pretende associar este fator às distintas unidades.

Com relação às cartas de riscos geológicos Sobreira e Souza (2012) comentam:

As cartas de risco geológico são instrumentos que apresentam a distribuição, o tipo e o grau dos riscos geológicos, visando à definição de ações de prevenção de acidentes (Cerri & Amaral 1998). De uma forma mais ampla, são produtos da análise da ocupação territorial e as zonas de suscetibilidade à ocorrência de processos geológicos. As cartas de risco em áreas urbanas avaliam os danos potenciais à ocupação decorrentes de fenômenos naturais ou induzidos pelo uso do solo, hierarquizando unidades, setores e pontos quanto ao grau ou iminência de perda, buscando a proposição de medidas corretivas e erradicadoras das situações de risco. (SOBREIRA e SOUZA, 2012, p. 91).

Produto	Escalas de Mapeamento	Processos Geodinâmicos passíveis de identificação
Cartas de Suscetibilidade	1:25.000 ou maiores	movimentos gravitacionais de massa, inundações/enchentes, corridas, erosões, assoreamento, processos costeiros, sismos induzidos.
Carta de Aptidão à Urbanização	1:10.000, 1:5.000 ou maiores	movimentos gravitacionais de massa translacionais, inundações/enchentes/alagamentos, corridas, erosões lineares de grande porte (ravinas), assoreamento, subsidências e colapsos, queda e rolamento de blocos rochosos, processos costeiro.
Cartas de Riscos Geológicos	1:2.000 ou maiores	movimentos gravitacionais de massa - translacionais, rotacionais, em cunha, inundações/enchentes/alagamentos, corridas de lama e detritos, rastejos, erosões lineares (sulcos, ravinas e voçorocas), solapamentos de margem, assoreamento, subsidências e colapsos, expansão de terrenos, queda e rolamento de blocos rochosos, processos costeiros.

Figura 69. Níveis de cartas geotécnicas no planejamento urbano – escalas e processos mapeáveis. (SOBREIRA e SOUZA, 2012, p. 84).

4.2.3.2.2 Testagem do Método

Área: Serra do Índio – Santarém (PA)

Diagnóstico da área

O “Morro do Índio” ou “Serra do Índio” fica localizado no município de Santarém (PA) Figura 70.

Santarém está localizado na Mesorregião do Baixo Amazonas, na margem direita do Rio Tapajós, estado do Pará, norte do Brasil. A extensão territorial da cidade é de aproximadamente 23.000.000 km² (IBGE 2010) [...]. Existem, no município, várias áreas naturais modificadas com a exploração de materiais utilizados na construção civil. A Serra do Índio [...] tem uma altura estimada de 90 m e, está localizada no distrito de Santarenzinho, parte centro-sul de Santarém. (Da Silva et al., p. 3 – tradução nossa) – Figura 72.

Figura 70. Localização do Município de Santarém (PA) – modificado de De Silva et al. (2018, p. 2).

As áreas de exploração destes materiais estão concentradas na porção central da Bacia do Amazonas, no estado do Pará, Brasil. São, aproximadamente, 500.000 km² de bacia intracratônica com 5.000 m de sedimentação (Cunha et al. 1994, 2007). Na sequência estratigráfica da bacia, existem quatro sequências deposicionais de segunda ordem da era paleozóica e, uma megasequência da era mesoceno-zóica, representada pelo grupo Javari, constituído pelas formações Alter do Chão e Solimões (Vasquez e Rosa-Costa 2008). Na área urbana de Santarém, surgem os depósitos da Formação Alter do Chão. Os depósitos foram descritos, pela primeira vez, por Kistler (1954), que definiu que a unidade é composta por arenitos avermelhados, arenitos, conglomerados e brechas intraformacionais atribuídos aos sistemas fluviais e lacustres / deltaicos (Daemon 1975), rios sinuosos (Mendes et al. 2012), sistemas fuvial-lacustre a deltaico (Mendes 2015) e sistemas deltaico influenciados por ondas (Rossetti e Netto 2006). (Da Silva et al., p. 3 – tradução e grifo nosso). Figura 71.

Abaixo, Figura 72, uma imagem da área de 2002 (Google Earth Pro), quando a atividade mineradora estava ativa e, em seguida, uma imagem de 2019 – Figura 73.

Figuras 72 e 73. Serra da Índio 2002 e 2019. Fonte: Google Earth Pro.

Ainda segundo Da Silva et al. (2018, p.1),

A mineração de areia na cidade de Santarém, no Pará, está sendo desenvolvida em rochas siliciclásticas da Formação Alter do Chão. Essa exploração carece de suporte técnico, conhecimento e normas, não levando em consideração os impactos ambientais.

Aplicação da proposta metodológica

Ficha de Campo – ANEXO I

Nome/Identificação da Área: Serra do Índio

Município/Estado: Santarém/PA

Coordenadas: S 2°27'34,04724"; W 54°44'34,04724"

Histórico:

Entre 2002 e 2014 foi realizada, na área de estudo, a extração de areia por desmonte mecânico.

Ao término da atividade de mineração não houve o desenvolvimento de projeto de recuperação de área degradada, o que acarretou a aceleração de processos erosivos no local.

Atualmente, o transporte destes sedimentos pelas águas de chuva causa: 1) assoreamento nos córregos vizinhos e, conseqüentemente, pontos de inundação; 2) erosão nas vias não pavimentadas do entorno da área – Foto 1; e 3) “sujeira” em residências e vias pavimentadas no entorno da serra – Foto 2.

Foto 1. Erosão de via não pavimentada no pé da serra, onde é possível se observar resíduos de construção civil que são lançados irregularmente - Fonte: a autora (fevereiro de 2020).

Foto 2. Rua asfaltada e calçadas, no bairro Amparo do município de Santarém (PA), cobertas por sedimentos transportados pelas águas de chuva da Serra do Índio (ao fundo) – Fonte: a autora (fevereiro de 2020).

CLASSIFICAÇÃO PARA UNIDADES TECNOGÊNICAS - ESCALA MICRO

Fatores de Caracterização Geral – F(CG)

I. Tipo de processo atual, ou mais recente - X

- **Processos de degradação (D) – (X)**
- Processos de aggradação (A) – ()
- Processos de modificação física/mecânica (MF) – ()
- Processos de modificação química (MQ) – ()
- Combinação de processos (CP) – ()

Observação:

II. Origem do processo atual, ou mais recente – Y

- **Processos Naturais Acelerados/Induzidos (PNA) – (X)**
- Processos Antrópicos (de construção) – (PA) – ()
- Processos Combinados (PC) – ()

Observação:

O processo de escavação (processo antrópico) foi interrompido em 2014, porém, a área não foi recuperada, o que causou a aceleração do processo erosivo natural (processo natural acelerado).

III. Atividade(s) antrópica(s) relacionada(s) (causas) – Z

- Agropecuária (AGROPEC.) – ()
- **Urbanização (URBAN.) – (X)**
- Grandes obras de infraestrutura (INFRAEST.) – ()
- **Mineração/Indústria (MINER.) – (X)**

Observação:

Terminada a atividade de mineração, o processo de urbanização e a continuidade da retirada da vegetação, aceleraram o processo de erosão natural.

Classe XYZ formada: (D→D)(PA→PNA)(MINER→URBAN)

Fatores relacionados ao Risco (R) e à Capacidade de Suporte Ambiental (CSA) – F(R)(CSA)		
Fatores Gerais – F(G) – Subgrupo 1		
I. Existe controle antrópico do processo?		
Sim – Com controle (CC) – ()	Não – Sem controle (SC) – (X)	
Fiscalização de Licenciamento Ambiental Plano de Monitoramento	Seguir processo de classificação

II. Qual é o estágio evolutivo do processo?		
Estabilizado/Inativo ()	Em estabilização (natural) ()	Ativo (X)
Elaboração de Plano de Monitoramento	Elaboração de Plano de Monitoramento	Seguir processo de classificação com atribuição de valores
Método de identificação utilizado: observação visual (taludes íngremes, presença de trincas de alívio de tensão, ausência de vegetação, dentre outras características de processos erosivos ativos); e por comparação de imagens obtidas do Google Earth Pro. * somente prosseguir a classificação para processos ativos		
III. Qual é o tipo predominante de uso permitido para as áreas do entorno?		
Área de uso livre	Área de uso restrito	Área de uso proibido (Área de Proteção Permanente)
1 (X)	3 ()	5 ()
Fonte(s) da informação: observação de imagens, documentos e campo.		
IV. Qual é o tipo de ambiente predominante do entorno?		
Vegetação natural (rural)	Campos de pastagem, agricultura, e reflorestamento (rural)	Residencial, comercial, e industrial (urbano)
1 ()	3 ()	5 (X)
Método: identificação visual em campo, imagens e fotografias.		

V. Existem conflitos relacionados à atividade que originou o tecnógeno?	
Não	Sim
1 ()	5 (X)
Fonte(s) da informação: entrevistas com moradoras e matérias de jornais (exemplo: https://g1.globo.com/pa/santarem-regiao/noticia/serra-do-indio-apodreceu-diz-defesa-civil-em-visita-tecnica-a-area-de-risco-em-santarem.ghtml).	
VI. O tecnógeno está relacionado à alteração do modo de vida local, ou seja, da produção e reprodução social do espaço?	
Não	Sim
1 ()	5 (X)
Fonte(s) da informação: entrevistas com moradores que relatam ter de mudar o trajeto para a casa (devido ao excesso de lama nas vias), ou o aumento do tempo e dinheiro gastos com limpeza das moradias.	
	Pontuação Máxima da Tabela = 20 Pontuação Mínima da Tabela = 4 Pontuação da Unidade Tecnogênica = 16

Fonte: a autora

Ir para a Tabela 2a, 2b, OU 2c, dependendo da classificação do processo: quanto ao tipo e, origem

Tabela 2a

2.2.1 Fatores relacionados aos processos tecnogênicos – F(P):				
Degradação (D) – diretos (PA – Processo Antrópico) ou indiretos (PNA – Processo Natural Acelerado)				
I. Tipo de Solo				
Argilas	Siltes	Areias	Pedregulhos	
1 ()	3 ()	5 (X)	5 ()	
Método: identificação visual-táctil e mapas geológicos				
II. Declividade				
< 3%	3-12%	12-30%	30-47%	>47%
1 ()	3 ()	3 ()	5 (X)	5 ()
Método: a declividade média foi calculada a partir de perfis de elevação criados no Google Earth Pro.				
III. Presença de, no mínimo, um ponto de descarte irregular de: resíduos, efluentes, ou águas de chuva, no local ou, no entorno				
Não		Sim		
1 ()		5 (X)		

Método: identificação visual (campo)

Pontuação Máxima da Tabela = 15
 Pontuação Mínima da Tabela = 3
 Pontuação da Unidade Tecnológica = 15

Fonte: a autora.

Cálculo e Classificação do Risco:

Após a aplicação da classificação deve-se seguir para o cálculo e, classificação do Risco e Capacidade de Suporte Ambiental da área (unidade tecnológica):

- Cálculo do Grau de Risco = $\sum [F (G) + F (P)] = \sum (\text{pontuação da Tabela 1} + \text{pontuação da Tabela 2a, 2b, OU 2c})$

$$\text{Cálculo do Risco} = 16 + 15 = 31$$

- Classificação do Risco (FIGURA 74)

Classificação do Risco e da Capacidade de Suporte Ambiental			
7	15	27	35
Baixo Risco (BR)	Médio Risco (MR)	Alto Risco (AR)	
Alta Capacidade de Suporte Ambiental	Média Capacidade de Suporte Ambiental	Baixa Capacidade de Suporte Ambiental	
Sem necessidade de urgência na intervenção (recuperação) da área	A necessidade de urgência na intervenção (recuperação) da área deve ser analisada caso a caso	Necessidade de urgência na intervenção (recuperação) da área	

Figura 74. Classificação do Risco. Fonte: a autora.

Classificação do risco = *alto risco; baixa capacidade de suporte ambiental; e urgência de medidas de intervenção*

Esses dados devem ser apensados à classe gerada pela análise dos Fatores de Classificação Geral (Classe XYZ)

Classificação integrada final = $(D \rightarrow D)(PA \rightarrow PNA)(MINER \rightarrow URBAN)(AR) \rightarrow$
UNIDADE TECNOLÓGICA COMPLEXA

Análise

A classificação se mostrou eficiente pelo resultado apresentado. A Serra do Índio vem sendo objeto de estudo de trabalhos científicos e reportagens que apontam uma urgência na sua recuperação. Para esta recuperação, Da Silva et al. (2018) propõem a revegetação da área e, a instalação de gabiões no “pé” da serra, para contenção do material até que a vegetação se desenvolva – FIGURA 75.

Figura 75. Proposta para a recuperação para a Serra do Índio de Da Silva et al. 2018, p. 11.

Pelo tipo do material predominante na área (solo arenoso), para que a revegetação aconteça, o projeto deverá conter etapas como: (i) instalação de biomanta – FIGURA 76; (ii) lançamento de camada de solo orgânico; e (iii) instalação de nova camada de

biomanta. A partir desta estrutura deverá ser realizada a hidro-semeadura com espécies nativas.

A cerca de gabiões tipo caixa – FIGURA 77, em toda a base da serra, tem a função de conter o material até a revegetação completa da área.

Figuras 76 e 77. Biomanta (Fonte da imagem: <http://www.saaevicosa.mg.gov.br/noticias/item/272-saae-recompoe-taludes-em-obras-de-ampliacao-na-eta-ii-violeira-e-do-novo-reservatorio-de-3-milhoes-de-litros>). Gabiões tipo caixa. (Fonte da imagem: https://www.researchgate.net/figure/Figura-5-Colocacao-dos-gabioes-tipo-caixa-Fonte-Gabionorte-Minas-Arquitetura-e_fig2_323342721)

5 REFLEXÕES SOBRE GLOBALIZAÇÃO, TECNÓGENOS, RISCO, INJUSTIÇA AMBIENTAL E INTERGERACIONAL NA AMAZÔNIA DO ANTROPOCENO.

Como já discutido ao longo deste trabalho, o Antropoceno é um tempo de intensas transformações planetárias e, a grande maioria das assinaturas desse novo tempo, agregam, de alguma forma e intensidade, o risco socioambiental.

Atualmente, só a percepção deste risco não é suficiente. É necessário o mapeamento de todos os fatores (bióticos, abióticos e antrópicos), dos diversos sistemas ambientais, sujeitos a estes riscos, e a quantificação desses.

O processo de globalização, que segundo Ianni (1966, p. 11), é compreendido como um processo que expressa um “novo ciclo de expansão do capitalismo, como modo de produção e processo civilizatório de alcance mundial”, elevou o grau de risco associado aos impactos socioambientais, produzidos pelos grandes empreendimentos em todos os sistemas naturais.

Somente nos sistemas antrópicos, a globalização tem gerado inúmeros processos associados ao risco: (i) expropriação e transformação de comunidades tradicionais (IANNI, 1996); (ii) a ruptura de muitas identidades ocupacionais devido à perda da referência espacial (HUWS, 2006) e à precarização do trabalho (ALVES, 2018); (iii) a terceirização da mão-de-obra (PIQUET, 2000) e, conseqüentemente, perda de direitos trabalhistas; (iv) a perda da função social do espaço; (v) a manutenção, ou retorno de alguns países para uma situação colonial, “Neocolonialismo” (BRAGA, 2000); e (vi) perdas econômicas e endividamento, devido a dependência do consumo excessivo “do não necessário”. Consumismo este, considerado por Alavina (2018) um “Novo Fascismo”.

A globalização destrói e recria, subordina e integra, subsumindo formal ou realmente as mais diversas formas sociais e técnicas de organização do trabalho. Revolucionaria relações de produção e modos de vida em todos os lugares, próximos e remotos. (IANNI, 1996, p. 44).

Para Sposati (1997, p. 43) quando o processo de globalização “se manifesta na desregulamentação da força de trabalho, do achatamento de salários e no aumento do

desemprego, ele se torna extremamente perverso, porquanto ao invés de traduzir a busca da igualdade, ele retrata, isso sim, a globalização da diferença”.

Sendo assim, esse momento de produção capitalista, que insere, ou melhor, mantém países periféricos como meros produtores de commodities do setor primário, aprofunda o modelo colonial e traz consigo, também, uma aceleração da degradação ambiental e a geração de inúmeras áreas de risco.

Mas, para Vilches e Pérez (2011, p. 394) o Antropoceno “não deve ser visto unicamente como um tempo de risco, mas como uma oportunidade para mudanças no comportamento humano que levaram a uma situação de emergência planetária. ”

Para estes autores essa “emergência planetária” está relacionada aos seguintes fatores:

- 1) Contaminação multiforme e sem fronteiras que envenena os solos, rios e mares, com consequências como: chuva ácida; destruição da camada de ozônio ou aumento do efeito estufa, o que indica uma perigosa mudança climática global [...].
- 2) Esgotamento e destruição (devido, em grande parte, a poluição) de todos os tipos de recursos, desde fontes de energia até peixes, florestas, reservas de água doce ... e o próprio solo arável, levando ao aumento da desertificação e perda de diversidade biológica (Duarte Santos, 2007; Bovet et al., 2008). [...].
- 3) Uma urbanização acelerada e desordenada que acelera os efeitos da contaminação (gerada por transporte, aquecimento, etc.) e esgotamento de recursos (com a destruição de terras agrícolas, a tempos de viagem aumentados e consequente consumo de recursos energéticos) (Girardet, 2001; Worldwatch Institute, 2007; Burdet e Sudjic, 2008; Hayden, 2008).
- 4) A degradação geral dos ecossistemas (florestas, pastagens, glaciares e calotas polares, zonas húmidas, recifes de coral ...), devido à poluição e aumento do efeito estufa, exploração intensivo, incêndios, urbanização descontrolada ... (Worldwatch Institute, 1984-2010; Delibes e Delibes, 2005; Duarte Santos, 2007; Bovet et al., 2008). Uma degradação que é acompanhada por um aumento na frequência e intensidade de eventos extremos (secas, furacões, inundações, deslizamentos de terra ...), perda de biodiversidade e desertificação crescente e que afeta particularmente os milhões de seres humanos vítimas de extrema pobreza. [...].
- 5) A essas mudanças no ambiente físico são adicionados desequilíbrios insustentáveis entre um quinto da humanidade que consome incontrolavelmente e milhares de milhões de pessoas que sofrem de fome e condições de vida insuportável (prefeito Zaragoza, 2000; Sachs, 2005 e 2008; Sen e Kliksberg, 2007; Worldwatch Institute, 2010). E esses desequilíbrios são acompanhados por conflitos de todos os tipos, desde guerras devastadoras até frequentemente associado ao desejo de

controlar matérias-primas - a atividades de máfias e empresas transnacionais (que impõem seus interesses indivíduos que escapam a todo controle democrático), terrorismo, “limpeza étnica” e destruição da diversidade cultural. (VILCHES E PÉREZ, 2011, p. 396-397 tradução e grifo nosso).

É impossível conciliarmos esse modelo capitalista globalizado a qualquer um dos dezessete objetivos para o desenvolvimento sustentável, propostos pela ONU (Organização das Nações Unidas) na Agenda 2030⁶⁹, lançada em 2015, que prioriza a equidade em todos os níveis: social, econômico e político.

Então, se analisarmos o risco da degradação dos meios abiótico, biótico e antrópico, dentro do processo de globalização, é extremamente necessário que sejam implementadas novas medidas normativas (preventivas e corretivas) para a mitigação destes riscos e impactos, primeiro, e de forma urgente, em escala local.

Para Vilches e Pérez (2011, p. 407) é importante “desenvolver uma visão holística e dinâmica da situação, mostrando a ligação entre os problemas locais e seu caráter global.”

A implementação e o sucesso da Agenda dependerão de políticas, planos e programas de desenvolvimento, os quais serão de responsabilidade dos países e guiados por eles. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) servirão como guia para alinhar os planos dos países aos seus compromissos globais. Estratégias de desenvolvimento sustentável, nacionalmente apropriadas, e conduzidas pelos próprios países em âmbito nacional exigirão mobilização de recursos e estratégias de financiamento. Espera-se a contribuição de todos os grupos interessados: governos, sociedade civil, setor privado, entre outros, para o alcance da nova Agenda. (ONU, 2015).

Segundo Souza (2000, p.), o processo de globalização, para o desenvolvimento sustentável, tem sido extremamente negativo.

Atualmente, a questão ambiental, como valor da sociedade, passa pela articulação da cidadania, sociedade civil e globalização, entendendo que o atual processo de globalização implica muito mais cidadania planetária que municipal ou regional. Isso faz com que as questões ambientais se desloquem da esfera local para um patamar global, o que é nefasto para a participação da sociedade e, por conseguinte, contrário à implementação do desenvolvimento sustentável. (SOUZA, 2000, p. 96).

⁶⁹ Os 193 países-membros das Nações Unidas adotaram oficialmente a nova agenda de desenvolvimento sustentável, intitulada “Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, na Cúpula de Desenvolvimento Sustentável, realizada na sede da ONU em Nova York, em setembro de 2015. Essa agenda contém 17 Objetivos e 169 metas [...]. (ONU, 2015).

Sendo assim, é extremamente necessário para este desenvolvimento, que os impactos locais voltem a ser objeto principal da nossa preocupação.

E, nesse sentido, a participação social é um instrumento de gestão ambiental decisivo para que consigamos reverter UMA PARCELA das intensas mudanças planetárias já ocorridas, pois, muitas dessas mudanças já são irreversíveis.

A justiça ambiental, os tecnógenos e o risco ambiental na Amazônia do Antropoceno

A globalização une os diferentes modos de produção dos diferentes países. Dentro desse processo global, o Brasil cumpre o papel de país periférico, porque daqui saem predominantemente recursos primários, não industrializados, que alimentam e ligam o país à economia dos países industrializados. Esse modo de produção, não dominante globalmente (mas igualmente capitalista), gera: degradação; riscos; injustiça ambiental e intergeracional.

A Amazônia é uma porção periférica deste país periférico, que hoje sofre uma intensa pressão a favor do seu “desenvolvimento” e, conseqüentemente, que coloca em risco a existência de práticas espaciais “tradicionais” (não dominantes). Desenvolvimento este, traduzido como: produção de *commodities*, principalmente, minérios e soja. O modelo hegemônico coloca em xeque a reprodução econômica, política, social e cultural de populações ancestrais e ameaça um bioma vital ao planeta.

Neste contexto, os setores do agronegócio e o mineral, produtores das principais *commodities* do país, tendem a exercer forte pressão pela apropriação e o uso da terra, do subsolo e dos recursos que os agregam. E, por consequência, demandam grandes obras de infraestrutura. Este conjunto tende a dinamizar intensas situações de conflitos de toda natureza e ordem, e a acelerar a degradação social e ambiental.

E, essa pressão pela apropriação e uso do recurso natural: pela produção agrícola, pela mineração e pela implantação de grandes obras de infraestrutura de suporte a estas

atividades, tem gerado intensos conflitos ambientais e uma degradação acelerada da região Amazônica.

[...] o antropólogo Paul Little (2001) propõe uma classificação desses conflitos ambientais por três perspectivas, quais sejam: a) aqueles relacionados com o controle e a disputa sobre os recursos naturais, como o uso dos recursos florestais; b) os conflitos que estão relacionados com os impactos socioambientais provocados pela ação humana sobre a natureza, ou seja, como a construção de barragens para a geração de energia hidrelétrica; e, c) os conflitos que envolvem elementos culturais e impactam os modos de vidas das populações envolvidas, ou seja, o embate de valores ou ideologias. Compreender essa tipologia dos conflitos ambientais pode contribuir para entendê-los em sua essência e, até mesmo, mitigá-los. (SANTOS e OLIVEIRA, 2017, p. 1062).

O quadro de conflitos socioambientais existente na Amazônia do Antropoceno aponta uma situação de grande injustiça ambiental. Injustiça essa...

[...] entendida [...] como sendo um mecanismo sociopolítico característico das sociedades marcadas pela desigualdade, o que faz com que os segmentos sociais mais vulneráveis arquem com a maior parte das consequências dos danos ambientais provenientes do chamado desenvolvimento. (SANTOS e OLIVEIRA, 2017, p. 1063).

Os tecnógenos são produtos de diferentes práticas espaciais, porém, o “tecnógeno de risco” está frequentemente associado às práticas dominantes (capitalistas). E, como já discutido anteriormente, o risco apresentado por estas práticas capitalistas não se associa apenas às modificações geológicas e geomorfológicas da superfície.

Como exemplos: as barragens de rejeitos da Vale S.A e da anglo-australiana BHP Billiton, que romperam nos municípios de Mariana e Brumadinho⁷⁰ (MG) e mataram centenas de pessoas.

70

O rompimento da barragem de resíduos da mineradora Vale S.A. em **Brumadinho**, Minas Gerais, trouxe uma triste sensação de déjà vu para os brasileiros. Em 5 de novembro de 2015 uma tragédia semelhante em Mariana, no mesmo Estado, deixou 19 mortos e um rastro de devastação no ecossistema e nas vilas da região. Parte da lama que arrasou casas e plantações foi parar no oceano Atlântico depois de envenenar o rio Doce, naquele que até hoje é considerado o pior desastre ambiental do país. Estima-se que 39 milhões de metros cúbicos de lama tenham vazado após o colapso da barragem de Fundão. Os dois casos têm em comum um nome: Vale S.A., multinacional brasileira que operava a barragem de Brumadinho e a de Mariana - esta última via Samarco Mineração S.A., uma *joint venture* com a BHP Biliton, anglo-australiana. (ALESSI, 2019).

A barragem de rejeitos da Imerys Rio Campim⁷¹, no município de Barcarena (PA), que vem causando impactos ambientais há mais de uma década.

Mas, o avanço destas práticas capitalistas coloca em risco, também, os diferentes “modos de viver”. Na Amazônia, à entrada de cada novo “grande” empreendimento pode-se associar:

- (i) Conflitos e expropriação de várias comunidades tradicionais: pequenos grupos de agricultores e extrativistas, ribeirinhos, quilombolas, povos da floresta;
- (ii) Inúmeros impactos ambientais negativos, irreversíveis e de risco; e
- (iii) Apropriação dos recursos do território.

Sendo assim, tanto os empreendimentos associados à produção de *commodities*, quanto os que dão suporte a esta produção, geram injustiça ambiental por dois caminhos:

- (i) Colocam em confronto (conflito) grupos em condições econômicas, sociais e políticas extremamente desiguais e;
- (ii) Geram impactos e riscos que afetam, a curto e médio prazo, apenas os que ocupam as áreas de influência direta e indireta destes empreendimentos, geralmente, pessoas de baixa renda. Mas, é bom ressaltar que, à longo prazo, esses impactos têm efeito global.

Ou seja, o desenvolvimento desigual e combinado se dá a nível global, regional (Brasil) e, local (Amazônia).

Para agravar, ainda mais, esta situação de injustiça ambiental, quatro fatores podem ser apensados:

71

No dia 11 de junho de 2007, ocorreu um vazamento na bacia de rejeitos nº. 3 (BC 3) da Imerys Rio Capim Caulim, que causou derramamento de grande quantidade de rejeitos de caulim nos igarapés Curupeté e Dendê, atingindo também o rio Pará. Foram mais de 200 mil m³ de caulim, que percorreram 19 Km, comprometendo poços artesanais dos moradores e tornando a água imprópria para o consumo humano e para o banho, de acordo com resultados da perícia divulgados quatro meses após o acidente. Em decorrência dos riscos de rompimento da barragem de rejeitos, 73 pessoas foram obrigadas a deixarem suas casas. O abastecimento de água passou a ser feito por caminhões pipa, devido à falta de sistema de saneamento básico no bairro (NASCIMENTO, 2010; SANTOS, 2014; FIOCRUZ, 2014). (CETEM, 2016).

- (i) Conselhos de política ambientais⁷² pouco democráticos e representativos. Para Zhouiri (2008, p. 100), devido ao “[...] controle do ingresso de novos membros e pela concentração do poder decisório nas mãos de uma minoria”, estes espaços se tornam apenas ferramentas facilitadoras da “[...] apropriação capitalista da natureza;
- (ii) Com isso, as medidas mitigadoras e compensatórias para os impactos socioambientais e riscos gerados, exigidas por lei, não têm se mostrado eficientes, pois, “esbarram”: na falta de representatividade dos conselhos ambientais; na pouca, ou inexistente, fiscalização dos órgãos competentes e, principalmente, na corrupção;
- (iii) A falta (intencional) de investimento em educação básica, que produz uma sociedade apática, não participativa socialmente e, conseqüentemente, incapaz de perceber: os impactos e riscos aos quais ela está sendo exposta e a injustiça ambiental que está sendo praticada. A consulta pública (FIGURA 78) faz parte do processo decisório, pois, todos os pontos de vista das partes interessadas devem ser registrados e considerados com equidade para que a decisão seja justa. A baixa participação da sociedade no processo de licenciamento ambiental, que tem início na análise do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) promove, ainda mais, a degradação e a injustiça ambiental na região.
- (iv) As áreas afetadas pelos empreendimentos são, frequentemente, as de menor valor de indenização e de menor relevância ambiental (esta última na teoria). Sendo assim, no primeiro caso, os valores de indenização já apontam qual a classe social que será afetada pelo empreendimento, ou seja, a população de baixa renda. Para esta população restará aceitar a indenização e se mudar para um local ainda mais periférico ou, caso não seja “contemplada” pela indenização, conviver com os riscos associados às fases de implantação e operação do empreendimento. Isto, indica a total falta de equidade na

⁷² Órgãos que realizam a análise dos Estudos de Impactos Ambientais (EIA) e seus respectivos Relatórios de Impacto do Meio Ambiente (RIMA). “Os conselhos de política ambiental são as instâncias institucionais que decidem sobre o modo de apropriação do meio ambiente pelos empreendimentos legalmente obrigados a requerer uma licença ambiental” (ZHOURI, 2008, p. 99).

distribuição dos riscos entre as classes sociais, ou seja, indica injustiça ambiental.

Sendo assim, a injustiça ambiental na Amazônia hoje, promovida pelo confronto entre práticas espaciais muito distintas (FIGURA 79), é aprofundada pela baixa participação social, principalmente, em processos de licenciamento de grandes empreendimentos. Além da falta de investimento em educação básica, outro fator que afeta esta participação está relacionado ao formato das audiências públicas.

A linguagem utilizada nas audiências não é adequada, apesar da legislação assim exigir (RESOLUÇÃO CONAMA 001/1986):

Parágrafo único - O RIMA deve ser apresentado de forma objetiva e adequada a sua compreensão. As informações devem ser traduzidas em linguagem acessível, ilustradas por mapas, cartas, quadros, gráficos e demais técnicas de comunicação visual, de modo que se possam entender as vantagens e desvantagens do projeto, bem como todas as consequências ambientais de sua implementação.

O RIMA é o documento apresentado nas audiências públicas, porém, frequentemente, a linguagem utilizada na apresentação dos impactos não é adequada ao público em geral, tornando a participação deste no processo mais difícil.

A linguagem hermética, o espaço, muitas das vezes cheio de pompa e circunstância, a cooptação realizada pela empresa interessada - ou uma terceirizada - das autoridades onde se pleiteia instalar o projeto, tornam a audiência um instrumento de mera formalidade para a aprovação do licenciamento. É recorrente o assédio de quem se manifesta publicamente. Tem sido comum, também, a empresa interessada pagar “informalmente” pela revisão de Plano Diretor, e direcionar o mesmo para que os interesses desta sejam garantidos.

Exemplos deste “fenômeno” (ilegalidade) têm ocorrido no complexo portuário em Itaituba e na cidade de Santarém (complexo portuário do Lago Maicá). Ambas do Baixo Amazonas paraense.

Figura 78. Processo de Avaliação de Impacto Ambiental. Modificado de Sánchez (2008, p. 96).

Figura 79. A produção contínua da injustiça ambiental na Amazônia do Antropoceno. (Fonte: a autora).

“A percepção do risco é considerada um fator fundamental na composição da vulnerabilidade, uma vez que as características sociodemográficas e culturais interferem nessa percepção, e essas, afetam diretamente a capacidade de resposta aos perigos.” (SANTOS e MIRANDOLA JR., 2016, p. 1).

“As populações de baixa renda também acabam por assumir o risco mais frequentemente em seus hábitos, desde sua atividade remuneradora até a localidade de sua moradia”. (BERRÊDO VIANA, 2010, p. 9).

Ainda é necessário destacar a existência da vulnerabilidade individual dentro de determinada população ou comunidade.

A Análise de Riscos Ambientais "corresponde a uma estimativa prévia da probabilidade de ocorrência de um acidente e a avaliação das suas consequências sociais, econômicas e ambientais" (BITAR e ORTEGA, 1998 apud UNESP, 2001). Segundo os autores, este instrumento de gestão ambiental é classificado como objetivo, ou seja, se baseia em ferramentas normativas – Figura 80.

Com isso, é importante salientar que, se esta normatização não for elaborada por uma equipe técnica, também, democrática e representativa, não atingirá seu objetivo principal: a minimização dos riscos.

ASPECTOS GERAIS DOS INSTRUMENTOS	SITUAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	
	A INSTALAR	INSTALADO
Quanto ao caráter	Preventivo	Corretivo; manutenção
Quanto aos objetivos	Prever e prevenir alterações ambientais	Minimizar alterações ambientais; melhorar imagem e relacionamento com a comunidade
Quanto ao critério na interpretação das alterações ambientais	Subjetivo (depende de julgamento de valor)	Objetivo (baseia-se em normas, exigências ou padrões legais estabelecidos).
Quanto aos tipos adequados	- Avaliação de Impacto Ambiental; - Plano de Recuperação de Áreas Degradadas	- Recuperação de Áreas Degradadas; - Monitoramento Ambiental; - Auditoria Ambiental; - Análise de Riscos Ambientais; - Investigação do Passivo Ambiental; - Seguro Ambiental.
	Sistema de Gerenciamento Ambiental	

Figura 80. Classificação dos instrumentos de gestão ambiental (BITAR e ORTEGA, 1998 apud UNESP, 2001)

O instrumento de Análise de Riscos Ambientais tem sido empregado principalmente em instalações industriais, barragens, hidrelétricas e disposição de resíduos urbanos e industriais, incluindo barramentos em projetos de retenção de rejeitos de mineração (BITAR e Ortega, 1998). [...]. Como exemplo podemos citar a cidade de Cubatão (SP) que, devido a sua proximidade com as encostas íngremes da Serra do Mar, apresenta risco de ocorrência de escorregamentos. Com o processo de concessão de rodovias, esse instrumento também vem sendo largamente utilizado, embora de modo mais dirigido às condições de segurança de tráfego. (UNESP, 2001).

Sendo assim, a partir do que foi apresentado, é possível se pensar em dois caminhos para a minimização das injustiças e riscos socioambientais na Amazônia do Antropoceno:

- (i) Uma descentralização do poder na formação dos conselhos de políticas ambientais, tornando-os mais representativos e democráticos; e
- (ii) Desenvolvimento e normatização de instrumentos de análise de riscos que possam vir a ser utilizados por representantes de todas as partes interessadas (empreendimento, sociedade, e poder público) durante toda a operação da atividade. Com relação ao objeto de estudo deste trabalho: instrumentos para a análise de risco associado aos tecnógenos.

Sendo assim, o parâmetro: “controle antrópico”, utilizado como fator limitante para a aplicação do método proposto por esta pesquisa, poderia ser aplicado por todos os atores (atividade, sociedade, e poder público).

A Injustiça Ambiental e Injustiça Intergeracional

Os confrontos desiguais na Amazônia do Antropoceno, que ocorrem entre as comunidades tradicionais e os grandes empreendimentos, se relacionam tanto com a injustiça intrageracional (gerações presentes) como com a injustiça intergeracional (gerações futuras – Art. 225 da CF).

Porém, é importante sublinhar que a injustiça intergeracional também pode ser cometida com gerações passadas. No caso da Amazônia, o desmatamento da floresta está desconstruindo os modos de produção não capitalistas que a formaram. Ou seja, se está

apagando uma paisagem que vinha sendo construída há mais de 11.000 anos por povos ancestrais. Talvez, a Floresta Amazônica, uma paisagem tecnogênica do Quaternário, seja um dos exemplos mais bonitos do espaço geográfico Miltoniano: uma acumulação desigual de tempos.

Ainda existem muitas discussões jurídicas e éticas sobre os direitos das futuras gerações (justiça intergeracional). Afinal, pessoas ainda não nascidas possuem direitos?

Porém, se iluminarmos o fato de que a “[...] justiça intergeracional é um princípio assegurado constitucionalmente⁷³, ele passa a figurar como limite legítimo às decisões das gerações atuais.” (CONSANI e XAVIER, 2016, p. 162 – grifo nosso).

Por outro lado, a questão que se coloca é como impedir que a geração atual se beneficie, por exemplo, das receitas econômicas provenientes da exploração dos hidrocarbonetos, as quais, uma vez revertidas em políticas públicas, podem contribuir para o desenvolvimento humano e social? (CONSANI e XAVIER, 2016, p. 146).

Para Jesus e Guimarães (2017, p. 259) “a justiça intergeracional se fundamenta em princípios, destacados por Christoph Lumer (2006, p. 39-45)”:

a) **Hedonismo ético**, orientação de bem-estar: esse princípio determina o que traz um valor moral intrínseco ou de valor moral em si (que é independente das suas consequências) e que pode ser considerado como um objetivo moral final. [...] b) **Universalismo beneficiário**: todos os seres humanos devem ser iguais beneficiários da moralidade de um assunto. Uma razão muito formal para o universalismo beneficiário é que, na verdade, constitui uma condição para uma cooperação global e intemporal, a fim de realizar os objetivos morais. c) **Prioritarianismo** (ou vista prioritária): o hedonismo determina o que tem um valor moral intrínseco, ou seja, o bem-estar, enquanto o prioritarianismo diz como esse bem-estar deve ser avaliado. Mudanças no bem-estar de pessoas em pior situação são sempre mais consideradas. Isso é um princípio da justiça distributiva. As pessoas em pior situação têm prioridade nesse assunto. [...] d) **Princípio de compromisso limitado**: o compromisso moral deve alcançar pelo menos um pouco além dos deveres morais socialmente válidos, que são suportados por sanções formais (legalmente sancionados) ou informais. [...] e) **Princípio da eficiência ou da economia**: o compromisso moral deve ser eficiente e empregado onde a razão do custo por benefício moral for mais favorável. O princípio da eficiência

⁷³ **Art. 225.** Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (BRASIL, 1988 – grifo nosso).

deve determinar a utilização do compromisso moral individual (cumprindo com as normas morais válidas), determinando, também, o tipo de novas normas morais a serem implementadas e a melhoria de normas morais já válidas. [...]. (JESUS e GUIMARÃES, 2017, p. 259-260).

Dentro deste contexto, é importante se colocar outra questão muito importante: como um modelo de desenvolvimento que não atende as gerações atuais, pode atender às futuras?

Refletir sobre a justiça intergeracional e sua interseção com a sustentabilidade ambiental dá azo para que se reconsidere o modelo de desenvolvimento adotado por vários governos e empresas ao redor do mundo que, por vezes, tem sido responsável pela degradação do meio ambiente e provocado desastres com perdas humanas e patrimoniais. (JESUS e GUIMARÃES, 2017, p. 260).

Sobre isso, um primeiro passo, com relação a instrumentos normativos de gestão ambiental, que minimize a injustiça e o racismo ambiental, seria: atrelar o licenciamento ambiental de grandes empreendimentos a políticas públicas socioambientais, elaboradas especificamente para cada região e setor da economia, e que possuam ferramenta de análise preliminar sobre a **necessidade** do empreendimento.

E com isso, associado à premissa que o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) tem por objetivo analisar a **viabilidade ambiental** (nos meios biótico, abiótico e social) do empreendimento e não a necessidade do mesmo, conseguiria-se minimizar a injustiça intrageracional, e se começar a praticar a justiça intergeracional.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As diversas transformações da natureza pelos seres humanos, desde o seu surgimento no planeta, iluminaram e, ainda iluminam, diferentes formas de pensar esta relação.

Sobre isto, Caseti (1991, p. 13) comenta:

A visão de natureza externa à sociedade, o objeto totalmente alheio ao sujeito, constitui-se em argumento puramente ideológico, rigorosamente não dialético. Trata-se do ocultamento da própria relação entre o homem e a natureza. Ao mesmo tempo em que externaliza a natureza, o homem apropria-se dela, produzindo uma relação contraditória: a natureza é considerada externa, mas feita como interna. Ou ainda, conforme Burgess (1978), a natureza não permanece muito tempo externa, tornando-se cada vez mais difícil de se conceber sua externalidade: "a produção dos solos deficientes e a degradação geral de muitas terras agrícolas; a produção de paisagens culturalmente deficientes; a poluição e a erradicação da disponibilidade de recursos [...]". (CASSETI, 1991, p.13).

O ser humano se apropria e usa dos recursos naturais para sobreviver e se transformar (desenvolver?). Porém, as ações humanas, que visam não só a sobrevivência da espécie, mas também o seu “desenvolvimento”, têm afetado intensamente os ciclos biogeoquímicos e, com isso, toda a vida do planeta.

A velocidade e intensidade com que o homem vem transformando a natureza, através do modo de produção capitalista, fez surgir em alguns pesquisadores a necessidade da formalização de um novo tempo geológico, o Antropoceno.

Porém, a sociedade que “percebeu” o Antropoceno (Sociedade Pós-Industrial ou do Risco) continua utilizando práticas predatórias que alimentam o modo de produção capitalista, mas, desenvolveu, e continua desenvolvendo, instrumentos técnicos e normativos com a finalidade de minimizar impactos, riscos e legitimar estas práticas.

As profundas “marcas”, ou mudanças, deixadas em todos os sistemas naturais por este modo de produção têm se mostrado irreversíveis e de alto risco, e são as assinaturas do Antropoceno. E, as modificações nos meios geológico e geomorfológico, as assinaturas estratigráficas deste novo tempo, são denominadas tecnógenos.

Mas, além do grande volume de solo movimentado pelas atividades antrópicas e das mudanças causadas nos demais sistemas naturais, a elevada quantidade e a base

energética utilizadas na produção destas modificações (combustíveis fósseis), e o risco associado a elas, também são marcadores deste novo tempo.

Algumas das atividades que mais geram mudanças nos sistemas naturais foram classificadas e analisadas, neste trabalho, com relação aos riscos socioambientais e aos tecnógenos gerados.

As atividades foram divididas em quatro eixos: as atividades agropecuárias; as atividades minerárias; as intervenções associadas ao processo de urbanização; e às obras de infraestrutura (hidrelétricas, rodovias e ferrovias).

Pelas tabelas e redes construídas (Capítulo 3), para esta classificação e análise, foi possível se concluir que, com relação às **atividades agropecuárias** (Tabela 2 e Figura 20), os impactos socioambientais⁷⁴ negativos mais significativos estão associados, basicamente, às fases: (i) de “aquisição” das terras; (ii) de supressão da vegetação (desmatamento) e, (iii) de operação.

A fase de aquisição de terras, ou melhor, a forma como estas terras são “adquiridas”, é a primeira ação relacionada às atividades agropecuárias que pode vir a gerar intensos impactos sociais irreversíveis, como a expropriação de comunidades tradicionais, e consequentemente, a perda da diversidade cultural (CAMACHO, 2012, p. 3) e do modo de produção relacionados à estas comunidades.

A partir da análise de vários processos de licenciamento ambiental, é possível afirmar que apenas o “anúncio” do início deste processo já é fator gerador de tensão entre: sociedade local, órgãos públicos, e empreendedor. Especulação imobiliária, grilagem de terras, expropriação, cooptação/assédio de funcionários públicos e parlamentares, dinamização da migração, e em alguns casos, assassinatos.

A segunda ação, relacionada a este tipo de atividade, e que causa impactos negativos, também, irreversíveis, é a supressão da vegetação (desmatamento).

⁷⁴ É importante esclarecer que, ao longo deste trabalho o termo “impacto socioambiental” foi utilizado para iluminar a dimensão social do mesmo. Porém, a autora defende que “impacto socioambiental” é sinônimo de “impacto ambiental”, sejam eles positivos ou negativos. Porém, não foram elencados, ou discutidos, neste trabalho, os impactos ambientais, ou socioambientais, positivos, pois estes, “teoricamente”, não se associam à perda da qualidade ambiental. Também, não foi objetivo deste estudo discutir o que são impactos positivos, ou para quem são positivos.

As redes de interação geradas pelas atividades agropecuárias estão diretamente relacionados a quatro fatores: (i) aos tipos de ocupações já existentes (no entorno), ou vestígios de ocupações anteriores (sítios arqueológicos); (ii) aos diferentes tipos de atividades agrícolas (formas de cultivo e espécies cultivadas; utilização, ou não, de práticas conservacionistas; tipos de adubos e agrotóxicos utilizados; dentre outros) e pecuárias (principalmente, com relação à espécie e forma de criação/reprodução animal); (iii) a geologia/geomorfologia local; e (iv) ao(s) bioma(s) e ecossistemas afetados.

Os principais tecnógenos diretos formados pelas atividades agropecuárias são as extensas áreas de solos, modificadas física e quimicamente (poluição/contaminação).

Estes tecnógenos, através do processo erosivo, se tornam fontes difusas de poluição, contaminação e assoreamento dos rios e córregos, incorporando, assim, os maiores riscos. A poluição dos aquíferos subterrâneos, por infiltração das águas das chuvas, também está associada a estes tecnógenos. Esse maior grau de risco foi avaliado a partir da análise de documentos elaborados para o licenciamento das atividades; artigos científicos; e observações de campo.

Como no caso dos empreendimentos agropecuários, a etapa inicial do licenciamento ambiental das **atividades minerárias**, também, é o primeiro fator gerador de conflitos.

Os impactos socioambientais negativos relacionados à mineração, basicamente, são gerados nas fases de implantação e operação do empreendimento (Tabela 3 e Figura 22): (i) expropriação de comunidades tradicionais (perda de diversidade cultural e modos de produção); (ii) mudanças na paisagem, que têm início com a supressão da vegetação; (iii) perda da biodiversidade; (iv) aumento na demanda e poluição/contaminação dos recursos hídricos; (v) poluição/contaminação dos solos; (vi) poluição sonora e atmosférica; dentre outros

Porém, é importante sublinhar, que tanto o diagnóstico de impactos da atividade mineradora, quanto a proposição de ações mitigadoras para fins de licenciamento ambiental, devem estar associados a todas as etapas do empreendimento: etapa de pesquisa; etapa de implantação; etapa de operação/lavra/beneficiamento; e etapa de encerramento.

Além das fases do empreendimento, os impactos causados pela atividade mineradora variam com: o tipo de mineração (industrial ou garimpeira); o tipo de lavra (a céu aberto

ou subterrânea); o tipo do minério lavrado; e a forma de beneficiamento do mesmo (e se este é realizado, ou não, na mesma área da lavra).

Os principais tecnógenos diretos estão associados aos processos de lavra e de produção de rejeitos (ambos da fase de operação). Através da análise da classificação de impactos (realizada por meio de documentos referentes ao licenciamento ambiental, observações de campo e levantamento de número de acidentes), é possível se relacionar às barragens de rejeitos (tecnógenos diretos de agradação) os maiores riscos socioambientais.

De forma indireta (através do processo erosivo), tanto os tecnógenos diretos de agradação, com os de degradação, geram assoreamento e poluição/contaminação dos recursos hídricos. É importante salientar que novos tecnógenos, diretos e indiretos, também são formados na fase de encerramento da atividade e recuperação da área degradada.

Os principais impactos relacionados ao processo de **urbanização** estão relacionados à basicamente doze ações: (1) desmatamento; (2) impermeabilização dos solos; (3) construção civil (todas as fases das obras); (4) abastecimento público de água e energia; (5) geração de efluentes (domésticos e industriais); (6) alterações nos canais fluviais (retificações, canalizações); (7) emissões atmosféricas; (8) geração de resíduos sólidos (residenciais, industriais, de serviços de saúde, de construção civil); (9) emissões sonoras; e (10) especulação imobiliária.

Os tecnógenos diretos formados estão associados, basicamente: às atividades de escavação; à construção de aterros; e às modificações nos solos (*in situ* – principalmente através do processo de impermeabilização). E, de forma diferente das atividades minerárias, são os tecnógenos indiretos, estes relacionados aos assoreamentos de corpos d'água e movimentos de massa (escorregamentos, corridas de lama, dentre outros), que se associam de forma mais frequente aos altos riscos socioambientais.

Com relação às **hidrelétricas** as ações principais geradoras de impactos e conflitos são: (1) desapropriação de áreas que serão alagadas; (2) desmatamento; (3) retirada de material para a construção do corpo da barragem; (3) construção da barragem e lago; e (4) operação da hidrelétrica para geração de energia.

Os principais tecnógenos diretos gerados pelas hidrelétricas estão associados à fase de construção do empreendimento. São eles: (i) as áreas escavadas para a retirada de material para a construção do corpo da barragem, e (ii) o próprio corpo da barragem, ao qual se

associa, geralmente, os maiores riscos. Porém, como nas atividades agropecuárias e minerárias, os conflitos têm início no momento em que começam a correr “notícias” sobre uma possível localização do empreendimento. Isto, se deve ao fato dos inúmeros, e já conhecidos, impactos socioambientais causados pelas hidrelétricas. Impactos estes, causados, tanto no corpo d’água, como em todo o seu entorno.

Para o escoamento da produção, a construção de **rodovias e ferrovias** somam às atividades já citadas, as seguintes ações geradoras de impactos: (1) desapropriação de áreas; (2) desmatamento; (3) impermeabilização do solo (rodovias); e (4) operação das vias.

Ainda com relação às rodovias e ferrovias, é na fase de implantação dos empreendimentos que são gerados os tecnógenos diretos. Os tecnógenos relacionados a escavação, corte e retaludamento dos terrenos são as feições predominantes. Porém, tecnógenos diretos, relacionados a superfícies aterradas, também podem ocorrer.

Já na fase de operação, os tecnógenos principais são os de origem indireta, e estão relacionados à aceleração de processos erosivos, associados ao aumento no escoamento superficial e a drenagem pluvial.

Como exposto ao longo do trabalho, são inúmeras e complexas as redes de impactos ambientais e conflitos gerados por estas atividades. E, neste ponto, cabe colocar e **expandir** para todas as atividades apresentadas, o apontado por Palheta e Neto (2017, p. 355)

A questão posta agora é tentar entender qual é o verdadeiro custo socioambiental envolvido na atividade mineradora e se esta conta está sendo ou se poderá um dia ser paga em sua justa medida, principalmente considerando que diversos elementos que são impactados diretamente pela mineração não podem ser, por um lado, monetizáveis e, por outro, não afetam apenas as gerações atuais, mas também as anteriores (quando se perde a história e a memória dos lugares) e as futuras.

As relações apresentadas por esta pesquisa entre as diferentes atividades antrópicas, riscos, conflitos, e os tecnógenos gerados, expõem o viés sociológico do estudo destes tecnógenos.

Este viés sociológico “desgeologiza” o tecnógeno e mostra, que este, também, é um

objeto de pesquisa das ciências humanas. O próprio Tecnógeno/Quinário/Antropoceno (tempo) é fruto da aceleração do processo de globalização, e o estudo da globalização é geopolítica.

Sendo assim, era necessária uma proposta de classificação que integrasse, também, parâmetros sociais, tornando a leitura deste objeto mais holística e integrada aos demais sistemas naturais, que foi objetivo desta pesquisa.

Até o momento, os tecnógenos estavam sendo classificados pelo ambiente de formação, pelos materiais constituintes, estrutura, pelos processos atuantes na formação dos mesmos (gênese) e formas de ocorrência.

Então, por um caminho diverso das propostas já feitas, esta pesquisa apresentou dois tipos de classificação para os tecnógenos:

1. Classificação quanto à escala de mapeamento (espacialidade) – Macro (i) e Micro (ii). Que possuem por objetivos, respectivamente: (i) (re)orientar políticas, planos e programas de zoneamento/uso e ocupação do solo (função de planejamento e de caráter preventivo); e monitorar as atividades já instaladas com relação aos riscos, conflitos e impactos associados a estas; e (ii) analisar o grau risco e capacidade de suporte ambiental da área; analisar a necessidade de intervenção/recuperação; e coletar dados que possam alimentar bancos de dados socioambientais.

2. Classificação quanto ao grau de risco e a capacidade de suporte socioambiental – aplicável somente às unidades tecnogênicas (escala micro). Esta classificação apresentou os seguintes objetivos: identificar o grau de risco e da capacidade de suporte ambiental da área (classes: alto, médio ou baixo); e identificar se a intervenção/recuperação da área deve ser realizada a curto, a médio ou, a longo prazo ou, se não há a necessidade de intervenção/recuperação, mas, somente o monitoramento da mesma. Índice de Intervenção (II).

A estrutura escolhida para a classificação dos Campos Tecnogênicos (escala macro) objetivou, basicamente: iluminar os principais processos tecnogênicos ativos nas extensas áreas onde atuam os grandes empreendimentos; e indicar possíveis formas de monitoramento/controle destes.

Já a estrutura escolhida para a classificação das Unidades Tecnogênicas (escala micro)

seguiu o modelo de um PAR (Protocolo de Avaliação Rápida) e mostrou ser um instrumento eficaz na leitura preliminar da qualidade ambiental e relação com o risco.

Nesta pesquisa também foi sugerida uma proposta de ação para uma gestão mais sustentável, e conseqüentemente, mais justa ambientalmente da Amazônia do Antropoceno, com relação aos **instrumentos de gestão normativos**: atrelar o licenciamento ambiental de grandes empreendimentos às políticas públicas socioambientais, elaboradas especificamente para cada região e setor da economia, e que possuam ferramenta de análise preliminar sobre a **necessidade** do empreendimento.

A associação desta nova ferramenta à premissa de que o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) tem por objetivo analisar apenas a **viabilidade ambiental** (nos meios biótico, abiótico e social) do empreendimento, e não a necessidade do mesmo, minimizaria a injustiça intrageracional e intergeracional.

O Antropoceno define uma AMAZÔNIA DE RISCO, que necessita de políticas públicas específicas. As principais demandas desta Amazônia são: reforma agrária; matriz energética mais híbrida e sustentável; maior discussão e planejamento para a implantação de novos empreendimentos e fiscalização mais efetiva dos já existentes; e a proteção urgente de comunidades tradicionais.

O desmatamento é a ação, associada à TODAS as atividades antrópicas apresentadas, causadora dos mais significativos impactos socioambientais: “a cobertura florestal (na Amazônia Brasileira) perdeu 473.000 km² entre 1985 e 2018, e a área agrícola ganhou 448.000 km²”. (ANSART e RIO, 2019).

Esta situação ainda foi exposta a dois fatores de aceleração. O primeiro, foi a posse, em 2 de janeiro de 2019, do atual Ministro do Meio Ambiente Ricardo Salles que, alinhado à política do governo Bolsonaro, é favorável a uma maior flexibilização na regulamentação/licenciamento de determinadas atividades na Amazônia, como a agropecuária e a mineração. Dentre as várias propostas do atual ministro estão: “a liberação de exportações de madeira nativa sem autorização do Ibama e a reestruturação do ICMBio, órgão de fiscalização”. (O GLOBO, 2020).

As taxas de desmatamento no início de 2020, antes de surgir o alarme em torno da Covid-19, já indicavam uma atividade expressiva das motosserras. Segundo o DETER, sistema de alerta de desmatamento do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

(INPE), em janeiro deste ano houve um aumento de 52% na área sob alertas de desmatamento em relação ao mesmo mês do ano anterior; em fevereiro, foi 25% superior ao mesmo mês de 2019. A crise dos incêndios de 2019, com repercussão mundial, estava ligada ao aumento do desmatamento e ainda está clara na memória. (GUIMARÃES et al. 2020).

Um segundo fator foi o início da pandemia da COVID-19. Momento em que organismos públicos e privados, interessados na preservação da Amazônia, e contra as medidas de afrouxamento da fiscalização e simplificação do licenciamento, de atividades, que COMPROVADAMENTE causam significativos impactos socioambientais negativos e irreversíveis, dentre eles a expropriação de comunidades tradicionais e o desmatamento, estão com as suas atenções voltadas à preservação de vidas, estas, dependentes de um sistema de saúde que, apesar de público, é bastante frágil.

Em meio à pandemia da Covid-19, o desmatamento na Amazônia brasileira também ganhou evidência. Segundo Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM), o desmatamento de 2020 pode alimentar uma nova estação intensa de fogo na Amazônia, especialmente em terras públicas que estão sob a guarda da União e dos Estados. No primeiro trimestre deste ano, 50% do desmatamento registrado pelo sistema Deter (INPE), ocorreu nessas áreas. O desmatamento no primeiro trimestre deste ano foi 51% maior que o mesmo período do ano passado. Ane Alencar, autora do estudo, alerta “Quando a estação seca chegar à Amazônia, essas árvores derrubadas vão virar combustível para queimadas. Esse foi o ingrediente principal da temporada de fogo de 2019, uma história que pode se repetir em 2020”. (INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL, 2020).

A pandemia da COVID-19⁷⁵, que teve início em Wuhan na China em dezembro de 2019 e, em fevereiro de 2020, no Brasil, mostrou ao mundo, o que pesquisadores das mais diversas áreas já vêm alertando desde a década de 70: o modo capitalista de uso e apropriação da natureza tem que mudar para que o Sistema Terra não entre em MODO “colapso” (ou já entrou?).

⁷⁵ COVID-19

Coronavírus é uma família de vírus que causam infecções respiratórias. O novo agente do coronavírus foi descoberto em 31/12/19 após casos registrados na China. Provoca a doença chamada de coronavírus (COVID-19). Os primeiros coronavírus humanos foram isolados pela primeira vez em 1937. No entanto, foi em 1965 que o vírus foi descrito como coronavírus, em decorrência do perfil na microscopia, parecendo uma coroa. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020).

O desmatamento ao redor do planeta já deu início a diversas doenças infecciosas, “antes confinadas à vida selvagem” (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2019).

Nas últimas duas décadas, cada vez mais evidências científicas sugerem que o desmatamento, ao dar início a uma complexa cadeia de acontecimentos, cria condições para que se espalhe entre os humanos uma vasta gama de patógenos mortais — como os vírus Nipah e Lassa, e os parasitas causadores da malária⁷⁶ e da doença de Lyme. (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2019).

Ou seja, o atual desmatamento na Amazônia pode vir a causar a próxima pandemia.

Com as ações compulsórias de isolamento social e a desaceleração e interrupção de algumas atividades econômicas: as águas se tornaram mais limpas, o ar menos poluído, algumas espécies retomaram seus lugares de procriação. Enfim, a qualidade ambiental do planeta melhorou, o que indica que existem caminhos para se reverter inúmeros impactos ambientais.

E, estes caminhos, mais assertivos, têm sido apontados para o Antropoceno, pelas mais diversas áreas das ciências:

- O deslocamento do debate sobre as questões ambientais da esfera global para a local (SOUZA, 2000);

76

Há suspeitas de que a malária — que mata mais de um milhão de pessoas por ano pela infecção causada pelo parasita *Plasmodium*, transmitido por mosquitos — ande de braços dados com o desmatamento. No Brasil, embora os esforços de controle tenham reduzido drasticamente a transmissão de malária no passado — de 6 milhões de casos por ano na década de 1940 para apenas 50 mil até a década de 1960 —, há novamente um aumento constante nos casos, simultâneo ao rápido desmatamento e à expansão agrícola. Na virada do século, havia mais de 600 mil casos por ano na bacia amazônica. Um trabalho realizado no fim da década de 1990 por Amy Vittor, epidemiologista do Instituto de Patógenos Emergentes da Universidade da Flórida, e outros, sugeria um motivo. A retirada de partes da mata parece criar um *habitat* ideal nas bordas da floresta para a proliferação do *Anopheles darlingi* — o mais importante transmissor de malária na Amazônia. Após cuidadosas pesquisas na Amazônia peruana, ela descobriu a existência de números maiores de larvas em poças d'água morna parcialmente abrigadas do sol, como as que se formam na beira de estradas abertas no meio da mata, e em água acumulada em meio a detritos, que não é consumida pelas árvores. (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2019).

- O aproveitamento da riqueza da biodiversidade dos países de clima tropical para a produção de biomassa (VASCONCELLOS e VIDAL, 1998; SACHS, 2002; PORTO-GONÇALVES, 2017) - relação com o conceito de “biorregionalismo” (autossuficiência);
- Reorientação e reestruturação de organizações nacionais e internacionais que visem um sistema de governança mais efetivo (BIERMANN et al., 2012);
- Políticas públicas que incentivem a Educação Ambiental, a Participação Social e as Tecnologias Sociais;
- Políticas públicas que respeitem a sociodiversidade e favoreçam a autogestão de comunidades tradicionais – regionalização de baixo para cima; valorização de outros sujeitos e saberes (HAESBAERT, 2020 – informação verbal) – conceito de região trabalhado sob a perspectiva da prática e normativa; e
- Políticas que tragam instrumentos normativos mais restritivos, relacionados à estabilidade ambiental do uso de água doce (um dos nove Limites Planetários).

Pesquisas futuras

Como **pesquisas futuras**, que possam dar continuidade a este trabalho, espera-se desenvolver uma classificação socioambiental específica para tecnógenos diretos e indiretos, relacionados a CADA uma das diferentes atividades antrópicas geradoras de conflitos na Amazônia. Classificações que levem em conta, tanto as particularidades das diferentes comunidades tradicionais, como dos recursos naturais envolvidos.

É muito importante salientar que este tipo de ferramenta, coletora de dados, é de EXTREMA importância na região amazônica, bem como um modelo de banco de dados específico para a região (outro tema para pesquisa futura).

Com relação aos impactos socioambientais e tecnógenos que vêm se acumulando desde as décadas de 60 e 70 na Amazônia, com as primeiras políticas desenvolvimentistas IMPOSTAS para a região, uma das maiores determinações deixadas por esta pesquisa foi

mapear as redes de interação de impactos do eixo que contempla as principais cidades polos do estado do Pará, municípios de médio porte, com população estimada em 300 mil habitantes - Marabá (sudeste), Altamira (sudoeste) e Santarém (oeste). Este eixo é entrecortado pelas rodovias Transamazônica (BR-230) e a BR 163 (Cuiabá-Santarém), e por importantes bacias hidrográficas Tocantins-Araguaia, Xingu e Amazonas-Tapajós, e nesta região, constam pautas de grandes projetos, alguns já implantados ou em encaminhamentos.

No caso no sudeste paraense, além da expansão da mineração, inúmeras obras de infraestrutura estão em andamento, a exemplo da duplicação da ferrovia de Carajás, e projetos de hidrovias. Já no caso de Altamira, tem-se a hidrelétrica de Belo Monte, enquanto na região do Baixo Amazonas, tem-se um cipoal de obras de infraestrutura⁷⁷, este voltado a dinamizar o mercado de *commodities* produzidas no Centro-Oeste do Brasil.

Esta pesquisa teve início em 2017. Porém, uma política estruturada no enfrentamento constante, discursos caóticos, ralos e agressivos se implantou no Brasil em 2019, com o início do governo de Jair Bolsonaro. Uma eleição que foi resultado de um golpe dado em 2016, na então presidenta Dilma Rousseff.

A política praticada por Jair Bolsonaro tem se mostrado exclusivamente focada no favorecimento das grandes corporações, e totalmente contra: os povos indígenas e seus territórios, as comunidades tradicionais, e as unidades de conservação da Amazônia.

E com apenas um ano sob esse sistema político perverso e negacionista, aconteceu a pandemia da COVID-19, o que implantou no Brasil uma situação de caos e deixou o país à deriva, sob um governo avesso à ciência, à cultura, ao conhecimento, e fundamentado em princípios de ordem reacionária.

Então, muito do que foi proposto aqui, talvez não faça sentido nesse momento, pois, o trabalho cria e sugere ferramentas que podem ser utilizadas em políticas públicas

⁷⁷ Arco Norte é a denominação dada ao pacote de projetos, que intenta consolidar a região como um grande corredor de exportação, onde podemos sublinhar: complexos portuários, hidroelétricas de diferentes portes, hidrovias, ferrovia. A região abriga mais de 30 unidades de conservação, inúmeros projetos de assentamentos da reforma agrária, territórios indígenas e quilombolas.

inclusivas, conservacionistas e preservacionistas (na medida do possível), num ambiente de respeito às diferenças, de forma minimamente civilizada.

Mas, vai passar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A

ACSELRAD, H. 2018 – Informação verbal. Disponível em: <https://www.congeo2018.org/videos>.

ADORO CINEMA. O dia depois de amanhã. 2020(?). Disponível em: <http://www.adorocinema.com/filmes/filme-45361/>. Acesso em: 12/04/2020.

ALAVINA, F. Fascismo, teu nome é consumismo. <https://outraspalavras.net/brasil/fascismo-teu-novo-nome-e-consumismo/2018>. Acesso em 12/04/2020.

ALESSI, G. Três anos depois, vítimas de Mariana ainda esperam ter casas reconstruídas. El País. 2019. Disponível em: https://brasil.elpais.com/brasil/2019/01/25/politica/1548443780_104893.html. Acesso em 17/05/2020.

ALMEIDA, R. H. Pistolagem no Pará: o grileiro Rafael Saldanha foi o responsável pelo ataque contra o MST em Marabá, no acampamento Hugo Chavez. 30 de julho de 2018. Disponível em: <https://rogerioalmeidafuro.blogspot.com/2018/07/pistolagem-no-para-o-grileiro-rafael.html>). Acesso em 21/04/2020

ALISSON, E. Custos sociais e ambientais de usinas hidrelétricas são subestimados, aponta estudo. Agência FAPESP, 07/11/2018. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/print/custos-sociais-e-ambientais-de-usinas-hidreletricas-sao-subestimados-aponta-estudo/29147/>. Acesso em: 18/12/2018.

ALVES, G. Debatedora na Mesa 4: Pensar e Agir na Cidade em Tempos de Emergência. Seminário Internacional: Os Caminhos e os Desafios da Construção de uma Teoria Urbana Crítica. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados/USP. De 01 a 03/10/2018.

ALVES, M. C. et al. Recuperação em área de empréstimo usada para construção de usina hidrelétrica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, p. 887-893, 2012.

ALVES, R. R. et al. Monitoramento dos processos erosivos e da dinâmica hidrológica e de sedimento de uma voçoroca: estudo de caso na Fazenda do Glória na zona rural de Uberlândia-MG. 2007.

AMARAL, J. E. do et al. Mitigação Ambiental de Áreas Degradadas pela Mineração de Carvão de Santa Catarina. 2011. Disponível em: http://www.ufrgs.br/rede-carvao/Sess%C3%B5es_A1_A2_A3/A1_ARTIGO_02.pdf. Acesso em 02/06/2018.

ANM – AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. DNPM (Departamento Nacional de Pesquisa Mineral). 2020. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens>. Acesso em: 25/04/2020.

ANJOS, J. B. dos et al. EMBRAPA Semiárido. Sistemas de Produção, 6. 2010. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducao>

[Melancia/solos.htm](#). Acesso em 23/04/2020.

ANSART, T. e RIO, A. Le long de la route BR-163. Un axe de la déforestation en Amazonie brésilienne. 2019. Disponível em: <https://ateliercartographie.github.io/BR163/>. Acesso em 28/04/2020.

ARAÚJO, C. B. C; NETO, S. A. D. Caracterização de Solos Lateríticos para Utilização em Pavimentos de Baixo Custo na Cidade de Canindé/CE. COBRAMSEG, 2014.

ARAÚJO, G. H. de S; ALMEIDA, J. R. de; GUERRA, A. J. T. Gestão Ambiental de Áreas Degradadas. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

ARELLANES, J. Outras Palavras: A um passo da grande crise do petróleo. Disponível em: https://outraspalavras.net/crise-civilizatoria/a-um-passo-da-grande-crise-do-petroleo/?fbclid=IwAR2M-s5TtpSM2pdcgZ_xZ1BaNlNZK3ddrCo65aBbdVrzUa-uhA2uCaMUo. Publicado em 24/06/2020.

ARTAXO, P. Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno? Revista USP, n. 103, p. 13-24, 2014.

ARTAXO, P. Amazônia e Mudanças Climáticas: O Estado da Arte da Ciência. Conferência de encerramento do I Seminário de Pesquisa – Amazônia Contemporâneas: Conflitos e Perspectivas. Programa de Pós-Graduação em Geografia Humana – DINTER FFLCH-USP/Unifesspa. Outubro/2018. Informação Verbal.

B

BAGGIO, H.; HORN, H. A.; DA COSTA, T. M. Análise Geoquímica de Superfície Aplicada em Áreas de Sepultamentos Pré-Históricos: Sítio Arqueológico Cemitério da Caixa D'Água – Buritizeiro (MG). Caminhos de Geografia, v. 14, n. 48, 2014.

BANDEIRA DE MELLO, O. J. Revista Realidade: Edição Especial Amazônia. São Paulo: Editora Abril. Outubro/1971.

BARBOSA, E. J. da S. Formação de georrelevos antrópicos na Amazônia: estudo de caso na rodovia Belém-Brasília (BR-010), Estado do Pará. 2015. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

BENNETT, C. E. et al. The broiler chicken as a signal of a human reconfigured biosphere. Royal Society Open Science, v. 5, n. 12, p. 180325, 2018.

BERGER, A. R. Assessing rapid environmental change using geoindicators. Environmental Geology, v. 32, n. 1, p. 36-44, 1997.

BERRÊDO VIANA, D. de. Avaliação de riscos ambientais em áreas contaminadas: uma proposta metodológica. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2010.

BERTONI, José; LOMBARDI, Francisco. Conservação do solo. São Paulo: Ícone, 2005.

5ª edição.

BIERMANN, F. et al. Navigating the anthropocene: the Earth System Governance Project strategy paper. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 2, n. 3, p. 202-208, 2010.

BRAGA, R. Globalização ou neocolonialismo? O FMI e a armadilha do ajuste. *Revista Outubro*, Edição, v. 4, p. 55-69, 2000.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 001/1986. 1986. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em 15/05/2019.

_____. CONSTITUIÇÃO FEDERAL. 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em 15/05/2019.

_____. LEI FEDERAL 6.938/1981. 1981. POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm. Acesso em 27/04/2020.

_____. LEI FEDERAL 12.305/2010. 2010. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADuos-s%C3%B3lidos>. Acesso em 16/05/2020.

BRITO, G. S. de; ZAINE, J. E. Alterações ambientais decorrentes da instalação de depósitos tecnogênicos na bacia do Ribeirão Anicuns em Goiânia, GO. VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2010. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/8/1/7.pdf>. Acesso em 05/11/2019.

C

CABRAL, J. B. P. Estudo do processo de assoreamento em reservatórios. *Caminhos de Geografia*, v. 6, n. 14, 2005.

CAIADO, M. C. S. O padrão de urbanização brasileiro e a segregação espacial da população na Região de Campinas: o papel dos instrumentos de gestão urbana. *Anais*, p. 457-488, 2016.

CAMACHO, R. S. A insustentabilidade social e ambiental do agronegócio: a territorialização do complexo celulose-papel na região leste de Mato Grosso do Sul. *Revista Científica ANAP Brasil*, v. 5, n. 6, 2012.

CAMARGO, A. Governança para o Século 21. In: TRIGUEIRO, A. (Coord.). *Meio Ambiente no Século 21*. Campinas (SP): Armazém do Ipê (Autores Associados). 2005

CAMPOS, D. C de; OLIVEIRA, A. M. dos S. O quadro tecnogênico das inundações do rio Baquirivu-guaçu, Arujá e Guarulhos, SP. *Quaternary and Environmental Geosciences*. 2014.

CARITAS. CÁRITAS BRASILEIRA. Organismo da CNBB. 2018. Disponível em: <http://caritas.org.br/cpt-divulga-novos-dados-sobre-violencia-no-campo-e-denuncia-ataques-hackers/38404>.

CAROMANO, C. F. Curso Livre de Arqueologia Amazônica – UFAM. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?time_continue=2&v=Y0mqoLKOILM&feature=emb_logo. 2020.

CARVALHO, C. R. de. Globalização. In: SPOSITO, Eliseu Savério (Org.). Glossário de Geografia Humana e Econômica. São Paulo: Editora Unesp, 2017.

CARVALHO, M. B. Política: Significados restritos e ampliados e exemplos Latino Americanos. *Crítica Urbana*, v. 1, p. 9-14, 2018.

CARVALHO, N. de O. Hidrossedimentologia Prática. 2ª edição. Rio de Janeiro: Interciência. 2008.

CASSETI, V. Ambiente e apropriação do relevo. São Paulo (SP): Contexto, 1991.

CEARÁ DO PARÁ. Destruição da Amazônia. Livro de Cordel. 2018.

CECA. Deliberação nº 1078/87. Rio de Janeiro: 1987.

CETEM – CENTRO de TECNOLOGIA MINERAL. 2016. Disponível em: <http://verbetes.cetem.gov.br/verbetes/ExibeVerbete.aspx?verid=210>. Acesso em: 26/03/2020.

CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DE SÃO PAULO. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 2020. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/informacoes-basicas/poluicao-das-aguas-subterraneas/>

CIVITA, V. Revista Realidade: Edição Especial Amazônia. São Paulo: Editora Abril. Outubro/1971.

CODONHO, M. L.; PEIXOTO, B. T. Desmatamento e coronavírus: lições para o Direito Ambiental JOTA. 2020. Disponível em: <https://www.jota.info/opiniao-e-analise/artigos/desmatamento-e-coronavirus-lico-es-para-o-direito-ambiental-30032020>. Acesso em 12/04/2020.

COELHO, A. L. N. Geomorfologia fluvial de rios impactados por barragens (Fluvial Geomorphology of Rivers Impacted from Dams). *Caminhos de Geografia*, v. 9, n. 26, 2008.

COLTRINARI, L. Mudanças ambientais globais e geoindicadores. *Pesquisas em Geociências*, v. 28, n. 2, p. 307-314, 2001.

CONSANI, C. F.; XAVIER, Y. M. de A. Considerações a respeito da relação entre justiça intergeracional, democracia e sustentabilidade. *Nomos*, v. 36, n. 1. 2016.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. *Acta botânica brasílica*, v. 20, n. 1, p. 13-23, 2006.

CRUTZEN, P. J.; STOERMER, E. F. The “Anthropocene.” Global Change Newsletter 41, 17–18. International Geosphere–Biosphere Programme (IGBP), 2000.

CURCIO, G. R.; LIMA, V. C.; GIAROLA, N. F. B. Documentos 101 - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Antropossolos: Proposta de Ordem (1ª Aproximação). Colombo: EMBRAPA Florestas, 2004, 49 p.

D

DA SILVA, E. F. et al. Environmental impacts of sand mining in the city of Santarém, Amazon region, Northern Brazil. Environment, Development and Sustainability, p. 1-14, 2018.

DAGNINO, R. de S.; CARPI JUNIOR, S. Risco ambiental: conceitos e aplicações. CLIMEP - Climatologia e Estudos da Paisagem, v. 2, n. 2, 2007.

DE BIASI, M. 1977. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. Revista do Departamento de Geografia da USP, 06:45-61.

DIAS, M. B. G. Depósitos tecnogênicos na região noroeste de Goiânia (GO). 2015. 138 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/127689>>.

DIAS, M. B. G.; BALDASSARINI, J. de S. Ordenamento Territorial e Problemas Socioambientais Urbanos: análise em ambiente metropolitano. VI Congresso Iberoamericano de Estudios Territoriales y Ambientales. 2014. Disponível em: <http://6cieta.org>.

DIAS, M. B. G.; NUNES, J. O. R. Depósitos Tecnogênicos como Indicadores da Degradação Ambiental em Áreas Urbanas. Anais do VII Congresso Brasileiro de Geografia. 2014. Disponível em: <http://docplayer.com.br/131489500-Depositos-tecnogenicos-como-indicadores-da-degradacao-ambiental-em-areas-urbanas-marcel-bordin-galvao-dias-programa-de-pos-graduacao-em-geografia-fac.html>. Acesso em 18/10/2019.

DOMINGUES, T. C. de G. Teor de metais pesados em solo contaminado com resíduo de sucata metálica, em função de sua acidificação. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) – Instituto Agrônomo. Campinas, 2009.

E

EMANUEL, B.; MONAT, A. S. Google Ngram Viewer como ferramenta para a pesquisa em Design. Disponível em: <http://www.educacaoografica.inf.br/artigos/google-ngram-viewer-como-ferramenta-para-a-pesquisa-em-design-google-ngram-viewer-as-a-tool-for-design-research>. Acesso em: 06/05/2020.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Antropossolos: Proposta de Ordem (1ª Aproximação). Colombo: EMBRAPA Florestas, 2004, 49 p.

ENRÍQUEZ, M. A. R. da S. Mineração e desenvolvimento sustentável – é possível conciliar? Revista Iberoamericana de Economía Ecológica. Vol. 12. 2008.

F

FANNING, D. S.; FANNING, M. C. B. (1989). Soil morphology, genesis and classification. John Wiley and Sons Inc. 1989.

FARIAS, V. Álbum Cantoria 1: Elomar, Geraldo Azevedo, Vital Farias, Xangai. 1984. <https://www.youtube.com/watch?v=HnX4VFz4EOs.1982>.

FENDRICH, R.; OBLADEN, N. L.; AISSE, M. M.; GARCIA, C. M. Drenagem e controle da erosão urbana. 3. ed. São Paulo: IBRASA. Curitiba: Ed. Universitária Champagnat, 1991. 442 p.

FISH, S. K. et al. Eventos incrementais na construção de sambaquis, litoral sul do estado de Santa Catarina. Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia, n. 10, p. 69-87, 2000.

FITZ, P. R. Geoprocessamento sem complicação. São Paulo. Oficina de Textos. 2008.

FLORENZANO, T. G. (Org.). Geomorfologia – Conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A. Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data. WHO-PAHO-CEPIS Technical Report (Lima-Peru). 1988.

FRANÇA JR. P.; SOUZA, M. L. Tecnógeno em ambientes fluviais: noroeste do Paraná, Brasil. Quaternary and Environmental Geosciences. 2014.

G

G1. Jornal Nacional. Acampamento de grileiros em parque nacional de Rondônia é desmontado: Instituto Chico Mendes estima que nos dois últimos anos, no Parque Nacional do Picaás, mais de dois mil hectares viraram capim para o gado. 28/07/2018. Disponível em: <http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2018/07/acampamento-de-grileiros-em-parque-nacional-de-rondonia-e-desmontado.html>. Acesso em: 22/04/2020.

GODOI SANTOS, E. Q. et al. Terrenos e processos tecnogênicos na área de proteção ambiental Cabuçu-Tanque Grande, Guarulhos (SP): análise, mapeamento e quantificação. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 18, n. 4, 2017.

GOUDIE. A. S. The Human Impact on the Natural Environment: Past, Present and Future. Wiley-Blackwell. 2013.

GUERRA, A. J. T. Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos. *Revista do Departamento de geografia*, v. 16, p. 32-37, 2005.

GUIMARÃES, André; AZEVEDO-RAMOS, Claudia; MOUTINHO, Paulo. Covid-19 e o desmatamento amazônico. *El País. Opinião*. 2020. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/opiniao/2020-03-31/covid-19-e-o-desmatamento-amazonico.html>. Acesso em 12/04/2020.

GUPTA, A. Geoindicators for tropical urbanization. *Environmental Geology*, v. 42, n. 7, p. 736-742, 2002.

H

HARAWAY, D. Antropoceno, Capitaloceno, Plantationceno, Chthuluceno: fazendo parentes. *ClimaCom*, ano, v. 3, p. 139-148, 2016.

HARVEY, D. *Condição Pós-Moderna*. São Paulo: Editora Loyola. 1992.

HAESBAERT, R. Revendo questões regionais: por uma de(s)colonização da região em Geografia. 29/06/2020. Diálogos online em tempos de Covid-19: PETGEO – UFGD. 2020.

HERCULANO, S. Riscos e desigualdade social: a temática da Justiça Ambiental e sua construção no Brasil. *Encontro da ANPPAS*, v. 1, p. 1-15, 2002.

_____. O clamor por justiça ambiental e contra o racismo ambiental. *Revista de gestão integrada em saúde do trabalho e meio ambiente*, v. 3, n. 1, p. 01-20, 2008.

HOLLIS, J. M. The classification of soils in urban areas. In: BULLOCK, P; GREGORY, P. J. (Ed.). *Soils in the urban environment*. John Wiley & Sons, 2009.

HUWS, U. Fixo, volátil ou dividido: O trabalho, a identidade e a divisão espacial do trabalho no séc. XXI. *Resistir*. 2006. Disponível em: http://resistir.info/mreview/fixo_volatil.html. Acesso em 13/07/2018 às 12h39min.

I

IANNI, O. *A Era do Globalismo*. 2ª edição. Rio de Janeiro (RJ): Civilização Brasileira. 1996.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2010. Disponível em: <https://www.jacunda.pa.gov.br/index.php/o-municipio/historia-do-municipio>).

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2017. *Classificação e Caracterização dos Espaços Rurais e Urbanos do Brasil*. Estudos e Pesquisas – Informação Geográfica número 11. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível

em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100643.pdf>. Acesso em: 14/01/2020.

IHU – INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS. Agronegócio na Amazônia: logística e tecnologia sustentam modelo colonialista. 14/01/2017. Disponível em: <http://www.ihu.unisinos.br/186-noticias/noticias-2017/563946-agronegocio-na-amazonia-logistica-e-tecnologia-sustentam-modelo-colonialista>. Acesso em: 27/04/2020.

IHU - INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS. Belo Monte: Drama e Tragédia. 21/11/2019. Disponível em: <http://www.ihu.unisinos.br/78-noticias/594506-belo-monte-drama-e-tragedia>. Acesso em 26/04/2020.

INCRA. INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. Perguntas Frequentes: O que é Grilagem? 2020. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/pt/perguntas-frequentes-roda-pe.html>. Acesso em 21/04/2020.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. Na Amazônia, soam alarmes do fogo e devastação. 2020. Disponível em: https://outraspalavras.net/outrasmidias/na-amazonia-soam-alarmes-do-fogo-e-devastacao/?fbclid=IwAR2owHFvLJuh3WJpsk3beHeIVlHaxQWxLvzHssPw7yFqVMZWXAv9_efmZd4. Acesso em 05/05/2020.

J

JESUS, M. M. G. de; GUIMARÃES, P. B. V. A justiça intergeracional ambiental na produção minerária brasileira. Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável, v. 14, n. 30, p. 243-268, 2017.

K

KRUPEK, R. A. Análise comparativa entre duas bacias hidrográficas utilizando um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats Comparative analysis between two hydrographic basin using a rapid habitats diversity evaluation protocol. Ambiência, v. 6, n. 1, p. 147-158, 2010.

L

LA SANTA SEDE. VATICAN. 2015. Laudato Si´2015, § 108, p.36. Disponível em: <http://w2.vatican.va/content/vatican/it.html>. Acesso em 12/04/2020).

LACORTE, A. C.; BARBOSA, N. P. Contradições e limites dos métodos de avaliação

de impactos em grandes projetos: uma contribuição para o debate. Cadernos do IPPUR/UFRJ, p. 29-38, 1995.

LADEIRA, F. S. B. A ação antrópica sobre os solos nos diferentes biomas brasileiros—terras indígenas e solos urbanos. ENTRE-LUGAR, v. 3, n. 6, p. 127-139, 2012.

LAMIM-GUEDES, V.; MOL, M. P. G. Água e resíduos sólidos: Ambiente, Saúde e Bem-Estar Humano no Contexto do Antropoceno. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marcos_Mol2/publication/327350695_Agua_e_Residuos_Solidos_Ambiente_Saude_e_BemEstar_Humano_no_Contexto_do_Antropoceno/links/5b89a53fa6fdcc5f8b75b9c4/Agua-e-Residuos-Solidos-Ambiente-Saude-e-Bem-Estar-Humano-no-Contexto-do-Antropoceno.pdf. Acesso em 10/04/2020.

LATOUR, B. Para distinguir amigos e inimigos no tempo do Antropoceno. Revista de Antropologia, v. 57, n. 1, p. 11-31, 2014.

LENZI, C. L. Sociologia Ambiental. Bauru, SP. Edusc, 2006.

LIMA, J. A. G. et al. Energias alternativas no Brasil: contradições da nova matriz elétrica e recursos naturais. In: PALHETA, J. M et al. Grandes Empreendimentos e Impactos Territoriais no Brasil. Belém (PA): GAPTA/UFPA, 2017.

M

MACEDO, R. K. de. A Importância da Avaliação Ambiental. In: TAUKE, S. M. Análise Ambiental: Uma visão Multidisciplinar. São Paulo: Editora UNESP, 1991.

MACHADO, C. A. Urban expansion and the formation of technogenic deposits in tropical areas: The case of Araguaína city. Investigaciones Geográficas, n. 47, p. 3-18, 2014.

_____. Dinâmica de Depósitos Tecnogênicos na área urbana de Araguaína (TO). Anais da ABEQUA, p. 16. 2015.

MAKAROV, A. B.; TALALAY, A. G.; KHASANOVA, G. G. About Geological-Industrial Types of Technogenic Deposits. Vestnik IG Komi SC UB RAS, August, 2018, No. 8. Disponível em: <https://geo.komisc.ru/images/stories/vestnik/2018/284/39-45.pdf>.

MARQUES DA SILVA, C. Antropocénico: Época Nova ou Polêmica Antiga? Associação Portuguesa de Geólogos: Geonovas, nº 30: 29-39. 2017.

MENDES, L. C.; FELIPPE, M. F. A geomorfologia do Tecnógeno e suas relações com o rompimento da barragem Fundão (Mariana, Minas Gerais). Revista de Geografia-PPGEO-UFJF, v. 6, n. 4, 2016.

MENDES, M. F.; ALVES, J. G. das V.; SILVA, M. W. C. Prospecção Geofísica para Identificação de Zonas Aquíferas na Formação Codó em Jacundá/PA. Águas Subterrâneas. 2014.

MEZZANO, A.; HUELMO, S. Typology and nomenclature proposal for technological soil. The III working days of the Cenozoic, (p. 565Mb). Uruguay. 2012.

MILANEZ, B. Mineração, ambiente e sociedade: impactos complexos e simplificação da legislação. Boletim regional, urbano e ambiental. V. 16. 2017.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (BRASIL). Coronavírus – COVID-19 – O que você precisa saber. 2020. Disponível em: <https://coronavirus.saude.gov.br/>. Acesso em 18/05/2020.

MIRANDOLA, F. A.; DE MACEDO, E. S. Proposta de classificação do tecnógeno para uso no mapeamento de áreas de risco de deslizamento. Quaternary and Environmental Geosciences, v. 5, n. 1. 2014.

MIRRA, A. L. V. Impacto Ambiental: Aspectos da Legislação Brasileira. 3ª edição. São Paulo: Editora Juarez de Oliveira, 2006.

MIYAZAKI, L. C. P. Dinâmicas de apropriação e ocupação em diferentes formas de relevo: impactos e vulnerabilidades em ambientes urbanos. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/132172>.

MMA. Ministério do Meio Ambiente
Secretaria de Biodiversidade e Florestas
Departamento de Áreas Protegidas
Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. 2020. Disponível em: <http://sistemas.mma.gov.br/cnuc/index.php?ido=relatorioparametrizado.exibeRelatorio&relatorioPadrao=true&idUc=163>). Acesso em: 21/04/2020.

MODELLI, L. Funai edita medida que permite ocupação e venda de terras indígenas sem homologação. 27/04/2020. Portal G1: Natureza. Disponível em: <https://g1.globo.com/natureza/noticia/2020/04/27/funai-edita-medida-que-permite-ocupacao-e-venda-de-terras-indigenas-sem-homologacao.ghtml>. Acesso em 28/04/2020.

MOORE, J. W. The Capitalocene, Part I: on the nature and origins of our ecological crisis. The Journal of Peasant Studies, v. 44, n. 3, p. 594-630, 2017.

MOREIRA, A. C. M. L. Conceitos de ambiente e de impacto ambiental aplicáveis ao meio urbano. São Paulo, 1999. Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/spm/usu_doc/moreira6conceito_impacto_urbano.pdf. Acesso em 15/05/2019.

MOURÃO FILHO, O. Revista Realidade: Edição Especial Amazônia. São Paulo: Editora Abril. Outubro/1971.

MOZHAROVA, N. V.; GOL'TSOVA, T. V. Some features of technogenic soil layers and horizons in the zones of underground gas storages. Moscow University Soil Science Bulletin, 63(3), 97–103. Disponível em: sci-hub.tw/10.3103/S0147687408030010.

MPF – MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL (PARÁ) - Procuradoria da República no Pará. MPF em Marabá (PA) pede suspensão urgente das atividades de empresa de segurança que atua como milícia em fazendas na cidade de Marabá e região. 07/10/2019. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/pa/sala-de-imprensa/noticias-pa/mpf-em-maraba->

[pa-pede-suspensao-urgente-das-atividades-de-empresa-de-seguranca-que-atua-como-milicia-em-fazendas-na-cidade-de-maraba-e-regiao](#). Acesso em 21/04/2020.

MUSEU GOELDI. Em Carajás, estudos comprovam a origem antrópica da Amazônia. 2018. Disponível em: <https://www.museu-goeldi.br/em-carajas-estudos-comprovam-a-origem-anthropica-da-floresta-amazonica> – Acesso em 11/04/2020.

N

NAETH, M. A., ARCHIBALD, H. A., NEMIRSKY, C. L., LESKIW, L. A., ANTHONY BRIERLEY, J., BOCK, M. D., BOCK, M. D.; A. J. VANDENBYGAART; AND CHANASYK, D. S. Proposed classification for human modified soils in Canada: Anthroposolic order. Canadian Journal of Soil Science, 92(1), 7-18, 2012.

NASCIMENTO, E. P. do. Globalização e Exclusão Social: Fenômenos de uma Crise da Modernidade?. In: DOWBOR, Ladislau; IANNI, Octavio; RESENDE, Paulo-Edgar A. (Org.). Desafios da Globalização. Rio de Janeiro: Editora Vozes Ltda. 1997. p. 43-49.

NATIONAL GEOGRAPHIC. Desmatamento está causando aumento de doenças infecciosas em humanos. 2019. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2019/12/desmatamento-esta-causando-aumento-de-doencas-infecciosas-em-humanos>. Acesso em 28/05/2020.

NEDER, R. Outras Palavras: na Série A Gambiarra e o Panóptico. Disponível em: https://outraspalavras.net/pos-capitalismo/o-nascimento-da-economia-solidaria-mundial/?fbclid=IwAR1dGE-VvRgmro0k8fhSc6yYJj3zgP68HfIRQxqS_fwTGS4Vn_xYDjicAWw. Publicado em 08/07/2020.

NEVES, L. P. Segurança de Barragens. Brasília: DNPM. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/Ebook%20livre%20%20Legisla%C3%A7%C3%A3o%20Federal%20Brasileira%20em%20Seguran%C3%A7a%20de%20Barragens%20-%20autor%20Luiz%20Paniago%20Neves.pdf>. 2018.

NOBRE, C. Conversa sobre o Sistema Terra. Palestra no Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo – Campus Butantã – abril/2018.

NOLASCO, M. C. Depósitos antrópicos/tecnogênicos: um conceito em discussão na Geologia. Qualificação para Doutorado em Geociências, Sedimentologia e Estratigrafia / Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 63 p. 1998.

O

O GLOBO. Cobertura da imprensa é 'oportunidade', não a pandemia, diz Ricardo Salles. 2020. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/cobertura-da-imprensa-oportunidade-nao-pandemia-diz-ricardo-salles-24445555>

OLIVEIRA, A. A. de et al. Florestas sobre areia: Campinaranas e Igapós. 2001. <http://web01.ib.usp.br/guiaigapo/images/livro/RioNegro06.pdf>

OLIVEIRA, A. M. dos S. Depósitos tecnogênicos associados à erosão atual. In: Congresso brasileiro de geologia de engenharia. 1990. p. 411-415.

_____. A Abordagem Geotecnogênica: A Geologia de Engenharia no Quinário. In: BITAR, O.Y. (Coord.). Curso de geologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) – Série Meio Ambiente: cap. 5.1, p. 231-243. 1995.

OLIVEIRA, A. M. dos S., PELOGGIA, A. U. G. The Anthropocene and the Technogene: stratigraphic temporal implications of the geological action of humankind. *Quaternary and Environmental Geosciences*, 05(2): 103-111. 2014.

OLIVEIRA, A. M. dos S. et al. Tecnógeno: Registros da ação do geológica do Homem. In: SOUZA, C. R. de G.; SUGUIU, K.; OLIVEIRA, A. M. dos S.; OLIVEIRA, P. E. de. (Ed.). Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto (SP): Holos Editora. Cap. 17, p. 363-378. 2005.

OLIVEIRA, A. M. dos S. et al. Tecnógeno Antropoceno. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; MONTICELI, J. J. Geologia de Engenharia e Ambiental: Métodos e Técnicas 2. São Paulo: ABGE (Associação Brasileira de Geologia de Engenharia). 2018.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. 2015. Disponível em:

<https://nacoesunidas.org/pos2015/>;

https://www.undp.org/content/dam/brazil/docs/ODS/Projeto%20ODS_FAQ%20-.pdf

OSTROM, E. A General Framework for analyzing Sustainability of Social_Ecological Systems. *Science*. Vol. 325. 2009. Disponível em: www.sciencemag.org. Acesso em 11/04/2020.

P

PALHETA, J. M. e NETO, A. O. A Geografia dos conflitos pelo uso do território na Amazônia. In: PALHETA, J. M et al. Grandes Empreendimentos e Impactos Territoriais no Brasil. Belém (PA): GAPTA/UFPA, 2017.

PEDRON, F. et al. Levantamento e classificação de solos em áreas urbanas: importância, limitações e aplicações. *Current Agricultural Science and Technology*, 13(2). 2007.

PELOGGIA, A. U. G. A Ação do Homem como ponto fundamental da Geologia do Tecnógeno. Proposição teórica básica e discussão acerca do caso do Município de São Paulo. *Revista Brasileira de Geoquímica*. 27(3):257-268, setembro de 1997a.

_____. Sobre a classificação, enquadramento estratigráfico e cartografiação dos solos e depósitos tecnogênicos. In: Estudos de geotécnica e geologia urbana (I). Secretaria da Habitação e Desenvolvimento Urbano. Superintendência de Habitação Popular, 1999.

_____. O problema estratigráfico dos depósitos tecnogênicos. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. 2003.

_____. Os registros geológicos da ação humana e o Antropoceno-Tecnógeno: a estratigrafia da arqueosfera. Anais da ABEQUA, p. 12. 2015.

_____. O que produzimos sob nossos pés? Uma revisão comparativa dos conceitos fundamentais referentes a solos e terrenos antropogênicos. Revista Geociências-UNG-Ser, v. 16, n. 1, p. 102-127, 2017.

_____. Classificação Geológica e Mapeamento de Terrenos Tecnogênicos (Artificiais): estado da arte e análise comparativa. Anais: 16º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental. 2018.

_____. Conceitos fundamentais da análise de terrenos antropogênicos: o estudo da agência geológico-geomorfológica humana e de seus registros. Revista do Instituto Geológico, v. 40, n. 1, p. 1-17, 2019.

PELOGGIA, A. U. G.; OLIVEIRA, A. M. S. Tecnógeno: um novo campo de estudos das Geociências. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. 2005.

PELOGGIA, A. U. G.; ORTEGA, A. M. Lyell, A Agência Geológica Humana e o Antropoceno: em busca de uma epistemologia geológica e arqueológica. Revista Geociências-UNG-Ser, v. 15, n. 2, p. 106-127, 2016.

PELOGGIA, A. U. G. et al. Technogenic geodiversity: a proposal on the classification of artificial ground. Quaternary and Environmental Geosciences, 5(1). 2014.

PIQUET, R. O emprego industrial metropolitano e a nova divisão espacial do trabalho no Brasil. Revista brasileira de estudos urbanos e regionais, n. 3, p. 97, 2000.

PORTO, M. F; MILANEZ, B. Eixos de desenvolvimento econômico e geração de conflitos socioambientais no Brasil: desafios para a sustentabilidade e a justiça ambiental. Ciência & saúde coletiva, v. 14, p. 1983-1994, 2009.

PORTO-GONÇALVES, C. V. Amazônia: encruzilhada civilizatória – tensões territoriais em curso. Rio de Janeiro: Consequência Editora, 2017.

_____. Palestra disponível em: <https://www.congeo2018.org/videos>. 2018 – Informação verbal.

Q

R

RECLUS, E. Do Sentimento da Natureza nas Sociedades Modernas e Outros Escritos. São Paulo (SP): Intermezzo/Edusp. 2015.

RHOADS, B. L.; CAHILL, R. A. Geomorphologic assessment of sediment contamination in an urban stream system. *Applied Geochemistry*, v. 14, p. 459-483, 1999.

RIBEIRO JUNIOR, J. A. dos S; MARINHO, S. C. O Estado brasileiro, a economia da Vale na Amazônia maranhense e a Rede Justiça nos Trilhos. *Geografia Ensino & Pesquisa*, v. 17, n. 3, p. 34-53, 2013.

RICCI, M. Cabanagem, cidadania e identidade revolucionária: o problema do patriotismo na Amazônia entre 1835 e 1840. *Tempo*, v. 11, n. 22, 2007.

RITA, Dora-Iva. Tomás Saraceno: o Pós-Antropoceno. *Revista Croma, Estudos Artísticos*. 2017.

ROCHA, H. J. da. Integração desintegradora: a trajetória de projetos hidrelétricos desde a IIRSA até as comunidades locais. *Mural Internacional*, v. 3, n. 1, p. 30-36, 2012.

ROCKSTRÖM, J. et al. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, v. 14, n. 2, 2009.

ROCKSTRÖM, J. et al. Sustainable Development and Planetary Boundaries. Background Research Paper Submitted to the High Level Panel on the Post-2015 Development Agenda. Paris, New York: Sustainable Development Solutions Network, 2013.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 6, p. 17-29, 1992.

ROSSATO, M.; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A. Formação de depósitos tecnogênicos em barragens. O caso da Lomba do Sabão, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*. Universidad de Barcelona, v. 7, n. 407, p. 678-685, 2002.

RUBIN, J. C. de et al. Amostragem dos depósitos tecnogênicos associados ao Rio Meia Ponte na área urbana de Goiânia-GO. *Revista Brasileira de Geomorfologia – Ano 9, nº 2*. 2008.

RUIZ, M. S. et al. Abordagens de conflitos socioambientais em casos de subsidência de minas de carvão no Brasil e EUA. *Ambiente & Sociedade*, v. 17, n. 2, p. 129-156, 2014.

RULL, V. A futurist perspective on the Anthropocene. *The Holocene*, v. 23, n. 8, p. 1198-1201, 2013.

S

SACHS, I. Caminhos para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: Editora Garamond Ltda. 2002.

SALOMÃO, F. X. T.; IWASA, O. Y. *In*: BITAR, O. Y. Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. São Paulo: ABGE/IPT, Divisão de Geologia, 1995.

SÁNCHEZ, L. E. Gerenciamento ambiental e a indústria de mineração. *Revista de Administração*, v. 29, n. 1, p. 67-75, 1994.

_____. Avaliação de impacto ambiental. Oficina de Textos, 2008.

_____. Por que não avança a avaliação ambiental estratégica no Brasil?. *Estudos Avançados*, v. 31, n. 89, p. 167-183, 2017.

SANTOS, L. J. C. et al. Mapeamento da vulnerabilidade geoambiental do estado do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 37, n. 4, p. 812-820, 2007.

SANTOS, F. M. dos; MARANDOLA JR., E. Risco ambiental e vulnerabilidade do lugar: um estudo sobre o entorno do Tebar em São Sebastião, litoral de São Paulo. *Anais*, p. 1-21, 2016.

SANTOS, M. Por uma geografia nova: da crítica da geografia a uma geografia crítica. São Paulo: Hucitec, 1986.

_____. Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal. Rio de Janeiro/RJ: Editora Record. 2001

_____. Técnica, Espaço, Tempo: Globalização e Meio Técnico-científico-informacional. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 2013.

SANTOS, M. A. S. dos et al. Caracterização do nível tecnológico da pecuária bovina na Amazônia Brasileira. *Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v. 60, n. 1, p. 103-111, 2017.

SANTOS, P. M.; OLIVEIRA, M. L. R. de. Justiça ambiental e legitimação de direitos: implicações da passagem do mineroduto Ferrous Resources no município de Viçosa/MG pela perspectiva do conflito ambiental entre mineradora e atingidos. *Pensar-Revista de Ciências Jurídicas*, v. 21, n. 3, p. 1055-1085, 2017.

SCHAAN, D. P. Arqueologia, público e comodificação da herança cultural: o caso da cultura marajoara. *Revista Arqueologia Pública*, v. 1, n. 1 (1), p. 19-30, 2006.

SCHAD, P. Technosols in the World Reference Base for Soil Resources—history and definitions. *Soil science and plant nutrition*, v. 64, n. 2, p. 138-144, 2018.

SHAW, R. K. Soils in Urban Areas. *Soil Science*, 180(4/5), 135. 2015.

SICHE, R. et al. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. *Ambiente & sociedade*, 2007.

SILVA, E. Como a Belo Sun abocanhou o ouro amazônico. IHU: Outras Mídias. 2019. Disponível em: <https://outraspalavras.net/outrasmidias/como-a-belo-sun-abocanhou-o-ouro-amazonico/?fbclid=IwAR10IUYenA0tX02bYxA8ud9UfzZ2K0O8MNz9HLnjdGJs1ZpCsfo422eeSQE>. Acesso em 12/10/2019.

SILVA, H. R. e. Gente de Opinião, Porto Velho, 25 de julho de 2014. Disponível em: <https://www.gentedeopinioao.com.br/columnista/hiram-reis-e-silva/os-tesos-de-marajo>

SILVA, M. Impactos ambientais decorrentes da instalação de depósitos tecnogênicos na Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina. 2013. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/30387200.pdf>.

SILVA, R. G. da C. Amazônia globalizada: da fronteira agrícola ao território do agronegócio—o exemplo de Rondônia. *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia*, n. 23, 2015.

SILVA, E. C. N. S.; NUNES, J. O. R. O Tecnógeno na Cidade de Presidente Prudente. *Sociedade & Natureza*, v. 26, n. 3, 2014.

SOBREIRA, F. G.; SOUZA, L. A. de. Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*, v. 2, n. 1, p. 79-97, 2012.

SOUZA, M. J. L. de. O Território: Sobre Espaço e Poder, Autonomia e Desenvolvimento. *In: DE CASTRO, Iná Elias; GOMES, Paulo Cesar da Costa; CORRÊA, Roberto Lobato. Geografia: Conceitos e Temas. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2017.*

SOUZA, M. P. de. Instrumentos de Gestão Ambiental: Fundamentos e Prática. São Carlos (SP): Editora Riani Costa, 2000.

SPOSATI, A. Globalização: um novo e velho processo. *In: DOWBOR, L.; IANNI, O.; RESENDE, P. A. (Org.). Desafios da Globalização. Rio de Janeiro: Editora Vozes Ltda. 1997. p. 43-49.*

STAEVIE, Pedro Marcelo. Um balanço das discussões sobre os impactos do agronegócio sobre a Amazônia Brasileira. Stock of discussions on the impact of agribusiness on the Brazilian Amazon. *REVISTA NERA*, n. 42, p. 98-112, 2018.

STEFFEN, Will; CRUTZEN, Paul J.; MCNEILL, John R. The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, v. 36, n. 8, p. 614-621, 2007.

T

TAGLIANI, C. R. A. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações. 2003.

TANCREDI, N. S. H. et al. Uso de geotecnologias em laudos periciais ambientais: estudo de caso no município de Jacundá, Pará. *Revista Geografar*, v. 7, n. 1, 2012.

TEIXEIRA, W. G. As Terras Pretas de Índio: modelo para manejo de solos tropicais. *In: Encontro de Etnociência e Pesquisa Agropecuária e Florestal da Amazônia, 2008, Rio Branco. Encontro de Etnociência e Pesquisa Agropecuária e Florestal da Amazônia. Rio Branco: Embrapa Acre, 2007. v. CD-ROM. p. 1-8.*

TERENCE, M. F. A acumulação capitalista entre o sangue e a imundice: processos de

privatização de terras públicas federais no Sudeste Paraense. Tese (Doutorado em Geografia Humana) - Programa de Pós-Graduação em Geografia Humana – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2018.

TER-STEPANIAN, G. Beginning of the Technogene. Bulletin of the International Association of Engineering Geology. Nº 38. PARIS. 1988.

U

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO. “Campus” Rio Claro. Departamento de Geologia Aplicada. Curso de Geologia Ambiental via internet. 2001. Disponível em: https://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/estudos_ambientais/ea20a.html

V

VARGAS, G. M. Conflitos Sociais e Socioambientais: proposta de um marco teórico e metodológico. Sociedade & Natureza, v. 19, n. 2, p. 191-203, 2007.

VARGAS, H. C; RIBEIRO, H. Novos instrumentos de gestão ambiental urbana. EdUSP, 2001.

VASCONCELLOS, G. F.; VIDAL B. J. W. Poder dos Trópicos: Meditação sobre a alienação energética na cultura brasileira. São Paulo: Editora Casa Amarela Ltda. 1998.

VILCHES, A.; PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D. O Antropoceno: entre o risco e a oportunidade. Educação: Temas e Problemas, Évora, ano, v. 3, n. 41-66, 2008.

VILCHES, A.; PÉREZ, D. G. El Antropoceno como oportunidad para reorientar el comportamiento humano y construir un futuro sostenible. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 10, n. 3, 2011.

VIOLA, E.; BASSO, L. O Sistema Internacional no Antropoceno. RBCS Vol. 31, nº 92, 2016.

W

WANDERLEY, L. J. Repensando a noção de fronteira no contexto de reestruturação espacial da Amazônia no século XXI. Terra Livre, v. 1, n. 46, p. 13-48, 2018.

WATERS C. N. Artificial Ground. In: Bobrowsky P.T., Marker B. (eds.) Encyclopedia of Engineering Geology. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer. Cham: Springer

International Publishing, p 1-15. 2018.

WATERS, C. N. et al. The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. Science, Vol. 351. 2016.

WWF - World Wide Fund for Nature. Living Planet Report - 2018: Aiming Higher. 2018. Disponível em: http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/lpr2018_full_report_spreads_2.pdf. Acesso em 29/12/2018.

X

Y

Z

ZALASIEWICZ, J. et al. Stratigraphy of the Anthropocene. Philosophical Transactions of The Royal Society. (2011a) 369, 1036-1055.

ZHOURI, A. Justiça Ambiental, Diversidade Cultural e Accountability: Desafios para a governança ambiental. Revista Brasileira de Ciências Sociais. Vol. 23, 2008.

ZHOURI, A.; LASCHEFSKI, K. Conflitos ambientais. Publicação do Grupo de Estudos em Temáticas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais – GESTA/UFGM, 2010.

ZIBECHI, R. Ciclo de Debates: Geografias da R-existência - A pandemia e a crise do modelo civilizatório. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=b5S93HCrXYI>. Ocorreu em: 10/06/2020.

FONTES DAS FIGURINHAS UTILIZADAS

Todas as Figurinhas estão disponíveis em: <https://www.flaticon.com/>.

Capítulo 3

Rede de Interação de Impactos da Agropecuária

Grilo: https://www.flaticon.com/free-icon/cricket_112497?term=cricket&page=1&position=30

Irrigação: https://www.flaticon.com/free-icon/hydroponic_1103298?term=irrigation&page=1&position=6

Remédio: https://www.flaticon.com/free-icon/cough-syrup_2184855?term=diseases&page=1&position=57

Trator: https://www.flaticon.com/free-icon/tractor_725908?term=tractors&page=3&position=63

Rede de Interação de Impactos da Mineração

Carrinho que transporta minério: https://www.flaticon.com/free-icon/mine_2149923?term=mining&page=1&position=32

Espinha (peixe): https://www.flaticon.com/free-icon/water-pollution_1435201?term=water%20pollution&page=1&position=19

Rede de Interação de Impactos da Urbanização

Poluição do ar: https://www.flaticon.com/free-icon/air-pollution_1435203

Lixão: https://www.flaticon.com/free-icon/rubbish_1103304?term=gabage&page=4&position=45

Ambulância: https://www.flaticon.com/free-icon/ambulance_1843501?term=ambulance&page=8&position=59

Escorregamentos: https://www.flaticon.com/free-icon/landslide_1999626?term=landslide&page=1&position=57

Rede de Interação de Impactos das Hidrelétricas

Barragem: https://www.flaticon.com/free-icon/sea-dyke_67184?term=dam&page=1&position=1

Rede de Interação de Impactos das Rodovias e Ferrovias

Atropelamento: https://www.flaticon.com/free-icon/car-run-over-dog_91670?term=running%20over&page=1&position=3

Rodovia: https://www.flaticon.com/free-icon/motorway_2164589?term=highways&page=1&position=11

Espinha (peixe): https://www.flaticon.com/free-icon/water-pollution_1435201?term=water%20pollution&page=1&position=19

Enchentes: https://www.flaticon.com/free-icon/flood_2127230

Capítulo 4 – Tabela 10

Escavadeira: https://www.flaticon.com/free-icon/excavate_324295?term=tractors&page=1&position=38

Aterro sanitário: https://www.flaticon.com/premium-icon/landfill_1273212?term=landfill%20%20trash&page=1&position=2

Cemitério: https://www.flaticon.com/free-icon/halloween-cemetery-tombstones_60082?term=cemetery&page=2&position=18

Campos: https://www.flaticon.com/free-icon/field_102861?term=fields&page=2&position=47

Capítulo 5 - Figura 79 - Injustiça ambiental

https://www.flaticon.com/br/icone-gratis/recursos-naturais_2487653?term=resource&page=1&position=68

ANEXO I

ANEXO I – FICHA DE CAMPO

Nome/Identificação da Área:

Município/Estado:

Coordenadas:

Histórico: _____

CLASSIFICAÇÃO PARA UNIDADES TECNOLÓGICAS - ESCALA MICRO**Fatores de Caracterização Geral – F(CG)****Tipo de processo atual, ou mais recente - X**

- processos de degradação (D) – ()
- processos de agradação (A) – ()
- processos de modificação física/mecânica (MF) – ()
- processos de modificação química (MQ) – ()
- combinação de processos (CP) – ()

Observação:**Origem do processo atual, ou mais recente – Y**

- Processos Naturais Acelerados/Induzidos (PNA) – ()
- Processos Antrópicos (de construção) – (PA) – ()
- Processos Combinados (PC) – ()

Observação:

Atividade(s) antrópica(s) relacionada(s) (causas) – Z

- Agropecuária (AGROPEC.) – ()
- Urbanização (URBAN.) – ()
- Grandes obras de infraestrutura (INFRAEST.) – ()
- Mineração/Indústria (MINER.) – ()

Observação:**Classe XYZ formada:**
Fatores relacionados ao Risco (R) e à Capacidade de Suporte Ambiental (CSA) – F(R)(CSA)**Fatores Gerais – F(G) – Subgrupo 1****I. Existe controle antrópico do processo?**

Sim – Com controle (CC) – ()	Não – Sem controle (SC) – ()
Fiscalização de Licenciamento Ambiental Plano de Monitoramento	Seguir processo de classificação

II. **II. Qual é o estágio evolutivo do processo?**

Estabilizado/Inativo ()	Em estabilização (natural) ()	Ativo ()
Elaboração de Plano de Monitoramento	Elaboração de Plano de Monitoramento	Seguir processo de classificação com atribuição de valores

Método de identificação utilizado:

* somente prosseguir a classificação para processos **ativos****III. Qual é o tipo predominante de uso permitido para as áreas do entorno?**

Área de uso livre	Área de uso restrito	Área de uso proibido (Área de Proteção Permanente)
1 ()	3 ()	5 ()

Fonte(s) da informação:

IV. Qual é o tipo de ambiente predominante do entorno?		
Vegetação natural (rural)	Campos de pastagem, agricultura, e reflorestamento (rural)	Residencial, comercial, e industrial (urbano)
1 ()	3 ()	5 ()
Método: identificação visual em campo, ou através de imagens e fotografias aéreas		
V. Existem conflitos relacionados à atividade que originou o tecnógeno?		
Não	Sim	
1 ()	5 ()	
Fonte(s) da informação:		
VI. O tecnógeno está relacionado à alteração do modo de vida local, ou seja, da produção e reprodução social do espaço?		
Não	Sim	
1 ()	5 ()	
Fonte(s) da informação:		
		Pontuação Máxima da Tabela = 20 Pontuação Mínima da Tabela = 4 Pontuação da Unidade Tecnogênica =

Fonte: a autora

Ir para a Tabela 2a, 2b, OU 2c, dependendo da classificação do processo: quanto ao tipo e, origem

Tabela 2a

2.2.1 Fatores relacionados aos processos tecnogênicos – F(P):				
Degradação (D) – diretos (PA – Processo Antrópico) ou indiretos (PNA – Processo Natural Acelerado)				
I. Tipo de Solo				
Argilas	Siltes	Areias	Pedregulhos	
1 ()	3 ()	5 ()	5 ()	
Método:				
II. Declividade				
< 3%	3-12%	12-30%	30-47%	>47%
1 ()	3 ()	3 ()	5 ()	5 ()
Método:				
III. Presença de, no mínimo, um ponto de descarte irregular de: resíduos, efluentes, ou águas de chuva, no local ou, no entorno				
Não		Sim		
1 ()		5 ()		
Método: identificação visual				
		Pontuação Máxima da Tabela = 15 Pontuação Mínima da Tabela = 3 Pontuação da Unidade Tecnogênica =		

Fonte: a autora.

Observações relevantes:

Tabela 2b.

2.2.2 Fatores relacionados aos processos tecnogênicos – F(P):		
Agradação Induzido (A - Agradação/PNA – Processo Natural Acelerado/Induzido)		
I. Heterogeneidade do material constituinte		
Baixa	Média	Alta
1 ()	3 ()	5 ()
Método:		
II. Ocupação do entorno		
Baixa (0-10%)	Média (10-70%)	Alta (>70%)
1 ()	3 ()	5 ()
Método:		
III. Registro de acidentes associados ao depósito tecnogênico		
Nenhum	≥ 1	
1 ()	5 ()	
Método:		
	Pontuação Máxima da Tabela = 15 Pontuação Mínima da Tabela = 3 Pontuação da Unidade Tecnogênica =	

Fonte: a autora.

Observações relevantes:

Tabela 2c.

2.2.3 Fatores relacionados aos processos tecnogênicos – F(P): Agradação Construído (A - Agradação/PA – Processo Antrópico) e Modificação Antrópica Física e/ou Química (MF e MQ/PA – Processo Antrópico)			
I. Tipo do material do tecnógeno, com relação ao potencial de poluição (material com o qual está se modificando o solo natural, ou construindo)			
MN	MNmodF MN+RnãoP RnãoP	MNmodFQ MNmodQ MN+RP	RP
1 ()	3 ()	5 ()	5 ()
Método:			
II. Profundidade do aquífero não confinado (livre)			
>100m ou aquíferos confinados	100 - 20m	20 – 5m	< 5m
1 ()	3 ()	5 ()	5 ()
Método:			
III. Distância de corpos d'água			
> 200m	200 – 100m	100 – 50m	< 50m
1 ()	3 ()	5 ()	5 ()
Método:			
		Pontuação Máxima da Tabela = 15 Pontuação Mínima da Tabela = 3 Pontuação da Unidade Tecnogênica =	

Fonte: a autora.

Observações relevantes:

Após a aplicação da classificação deve-se seguir para o cálculo e classificação do Risco e Capacidade de Suporte Ambiental da área (unidade tecnogênica), conforme figura abaixo.

Cálculo do Risco =