

Barragens de rejeito mineral pelo prisma da economia ecológica sob duas análises temporais

Mineral tailings dams through the prism of ecological economy under two time analyses

Tiago Soares Barcelos¹ , Loyslene de Freitas Mota² , Paulo Victor Mendes de Azevedo³  e Pedro Luiz Teixeira de Camargo⁴ 

¹ Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA), Doutor em Geografia Humana, email: tiago.barcelos@unifesspa.edu.br

² Faculdade Pitágoras, Engenharia Civil, e-mail: loyslenef_mota@hotmail.com

³ Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Filósofo e Historiador, e-mail: pvictorazevedo@ufop.edu.br

⁴ Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), Doutor em Ciências Naturais, e-mail: pedro.camargo@ifmg.edu.br

RESUMO

Com base nos crimes corporativos da Samarco, BHP Billiton e Vale, ocorridos em Mariana/MG (2015) e Brumadinho/MG (2019), é que se propõe o presente artigo, pensando os impactos da mineração por meio dos riscos de rompimento de barragens de rejeitos. Para isso nos munimos de duas perspectivas temporais (curto prazo e devir), e suas influências nos ecossistemas, empresas, economias e sociedade. Como resultado foi estruturado um ensaio teórico que se torna possível observar dois modelos analíticos, capazes de apresentar reflexões no mínimo, pertinentes ao atual modelo mineral. Com base nos impactos minerais, tendo como modelo a econômica ecológica, evidenciando como o princípio da entropia transforma a atividade mineral em uma ação de grande impacto ambiental, no presente e futuro, dado a segunda lei da termodinâmica. Como conclusão, podemos dizer que estudos e modelos desse tipo devem ser incentivados, afinal a reflexão que seus resultados trazem acerca das ações antrópicas do cotidiano são fundamentais para pensar o dia a dia de nossa espécie no planeta.

Palavras-chave: Mineração, Sustentabilidade, Economia Ecológica, Crimes Corporativos.

ABSTRACT

Based on the corporate crimes of Samarco, BHP Billiton and Vale, which occurred in Mariana/MG (2015) and Brumadinho/MG (2019), this article is proposed, thinking about the impacts of mining through the risks of tailings dam rupture. For this we have two-time perspectives (short term and becoming), and their influences on ecosystems, companies, economies and society. As a result, a theoretical essay was structured that it is possible to observe two analytical models, capable of presenting reflections at least, pertinent to the current mineral model. Based on mineral impacts, based on the ecological economic model, evidencing how the principle of entropy transforms mineral activity into an action of great environmental impact, in the present and future, given the second law of thermodynamics. In conclusion, we can say that studies and models of this type should be encouraged, after all the reflection that its results bring about the anthropic actions of everyday life are fundamental to think about the day-to-day life of our species on the planet.

Keywords: Mining, Sustainability, Ecological Economy, Corporate Crimes.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho nasceu sob a reflexão acerca dos dois principais rompimentos de barragens ocorridos em Minas Gerais: O primeiro envolveu a barragem de Fundão, da mineradora Samarco S.A., ocorrido na tarde do dia 5 de novembro de 2015, no subdistrito de Bento Rodrigues, a 35 km do município de Mariana/MG. O segundo episódio foi causado pela mineradora Vale S.A., na mina do Córrego do Feijão, em que sua barragem I, criando um caos no município de Brumadinho/MG, no dia 25 de janeiro de 2019. Ambos os rompimentos extrapolaram muito a área das empresas, com repercussões espaciais, territoriais, culturais, econômicas, ecológicas e sociais de longo, médio e curto prazo.

O primeiro evento é considerado o maior crime ambiental da história do Brasil, o segundo é o maior crime trabalhista brasileiro. Conforme Sánchez (2018, p.1), a barragem de fundão continha 52 milhões de m³ de rejeito, sendo que foram despejados cerca de 32 milhões de m³ de lama na bacia do Rio Doce e no litoral capixaba (IBRAM, 2016, p. 127). Resende, Cordeiro e Silva (2019) destacam que, apesar do volume de rejeito vazado da barragem da Vale S.A., ser inferior ao da Samarco S.A., cerca de 12 milhões de metros cúbicos, a segunda ocorrência expôs a Vale, não havendo a possibilidade de a firma alegar ser meramente uma acionista, como o fez em 2015, deixando um rastro de quase 300 mortes.

Esses dois episódios envolveram as barragens de rejeitos, definidas como:

[...] estruturas de engenharia projetadas para armazenar com segurança os resíduos do tratamento de minérios, uma operação que concentra os minerais que contém substâncias de interesse (neste caso, minerais de óxido de ferro, principalmente a hematita), separando-os de outros minerais. O processamento de minérios requer britagem e moagem, produzindo grãos finos o suficiente para possibilitar a separação física ou físico-química do minério de outros minerais. O minério assim concentrado passa por processamento adicional, muitas vezes em outros locais, mas os rejeitos são descartados nas imediações da mina. Embora sejam projetadas para durar por toda sua vida operacional e além (após o devido fechamento), as barragens de rejeitos (ou outras instalações de armazenamento de rejeitos) podem romper o que ocorre com muito mais frequência do que nas barragens de água (SÁNCHEZ, et al., 2018, p. 1).

Houve em momentos anteriores aos dois rompimentos citados, um megaciclo das commodities de minério, associada ao período de 2003 a 2013, “[...] quando as importações globais de minério saltaram de US\$38 bilhões para US\$ 277 bilhões (um aumento de 630%)” (MANSUR; et al., 2016, p. 18). Com o aumento dos preços das commodities minerais, há um estímulo aos

empreendedores para aumentar sua escala produtiva, maximizando os lucros e com a tendência a negligenciar os mecanismos de segurança e manutenção diante da urgência na ampliação da produção, culminando em possíveis rompimentos de barragens. No caso inverso, o efeito também ocorre, pois no caso de retração dos preços, os empresários do setor aumentarão sua escala, para reduzir as perdas econômicas, ampliando as probabilidades de rompimento. É claro, que em ambas as situações, os trabalhadores do setor sempre serão pressionados por seus superiores. Algo que, como demonstra nossa experiência, inevitavelmente, resulta em erro. Dessa forma, a questão mineral retornou com mais força aos debates acadêmicos, profissionais e de movimentos sociais, carecendo de novos olhares e modelos.

Sabe-se que este setor tem caráter cíclico, em que uma de suas etapas se iniciou em janeiro de 2000, momento em que o valor do minério estava cotado em US\$ 28,79 a tonelada, subindo até um pico de US\$ 195,95 a tonelada em abril de 2008 (Figura 1). Em novembro de 2015, o valor da tonelada estava na ordem de US\$ 46,86, e em abril de 2020 o valor era de US\$84,73.

FIGURA 1 - Preço do minério de ferro* (em US\$/ tonelada métrica seca), 1999-2020.



*Preço de finos de minério de ferro com teor de ferro de 62%, CFR porto Tianjin.

Fonte: Elaborado pelos autores

Relacionado aos crimes corporativos como estratégia de desengajamento moral, utilizando a proposta de Bandura (1990, 1991) e Bandura, Caprara e Zsolnai (2000), percebemos que após os dois crimes corporativos da Samarco S.A. e da Vale S.A., o valor das commodities minerais teve

um aumento de cerca de 50%, criando uma pressão para se minerar ainda mais, com o objetivo de compensar as perdas financeiras. Todavia, nessa busca pela maximização do lucro, as empresas desconsideram os passivos ambientais e os passivos do sofrimento social que são produzidos e reproduzidos pelo atual modelo mineral. Esse cenário é ampliado no momento em que o dólar se valoriza frente ao real, sendo que a desvalorização da moeda nacional representa um lucro extraordinário para as mineradoras, ampliando, conseqüentemente, a sua oferta. Assim, essas empresas criam estratégias e manobras para confundir a sociedade sobre suas atitudes transgressoras.

A partir da compreensão desses passivos emerge a principal linha de pensamento econômico da qual este trabalho se valeu: a economia ecológica; com apoio dos métodos da geografia humana, e de outras áreas, que contribuem para o seu caráter interdisciplinar.

Um dos principais conceitos é a capacidade de carga (ou suporte) ecossistêmico, termo que nasce da ecologia e é apropriado pela economia ecológica. De acordo com esse conceito, a capacidade das mineradoras Samarco S.A. e Vale S.A., responsável pelos “acidentes”, extrapolou seus limites. Nessa perspectiva, quando se trata desse conceito, é relevante pensar em sua aplicação às barragens de rejeitos de minério de ferro, afinal:

A capacidade de carga do planeta Terra não poderá ser ultrapassada sem que ocorra grandes catástrofes ambientais. Entretanto, como não se conhece qual é esta capacidade de carga, e será muito difícil de conhecê-la com precisão, é necessário adotar uma postura precavida que implica agir sem esperar para ter certeza. Nesse sentido, é preciso criar o quanto antes as condições socioeconômicas, institucionais e culturais que estimulem não apenas um rápido progresso tecnológico poupador de recursos naturais como também uma mudança em direção a padrões de consumo que não impliquem o crescimento contínuo e ilimitado do uso de recursos naturais per capita (ROMEIRO, 2010, p. 7).

Para Romeiro (2010), a capacidade de suporte do planeta, quando ultrapassada, inevitavelmente, causará grandes catástrofes ambientais, o que vem sendo reforçado pelo atual modelo de mineração. Em razão do desconhecimento desta capacidade, a ação humana deve adotar uma postura precavida, valendo-se do princípio da precaução. Nesse sentido, é necessário gerar “[...] condições socioeconômicas, institucionais e culturais que estimulem não apenas um rápido progresso tecnológico poupador de recursos naturais”, sendo de fundamental importância, a criação

de medidas que alterem o paradigma consumista que consiste em um “[...] crescimento contínuo e ilimitado do uso de recursos naturais *per capita*” (ROMEIRO, 2010, p. 8).

Dessa maneira, esse trabalho se apresenta como um esforço interdisciplinar, um formato plural de conhecimento que supera os limites da própria multidisciplinariedade, e com isso, cria uma interação global entre as várias ciências e formas de conhecimento. Assim, podemos dizer que o objetivo deste artigo é pensar nos impactos da mineração por meio dos riscos de rompimento de barragens de rejeitos, por duas perspectivas temporais (curto prazo e em devir), e suas influências no que Santos (2014) classifica como elementos espaciais, por meio de uma releitura dos seus ensinamentos, sendo estes: ambiente natural, firmas, instituições do Estado, infraestrutura e sociedade.

2 DESENVOLVIMENTO

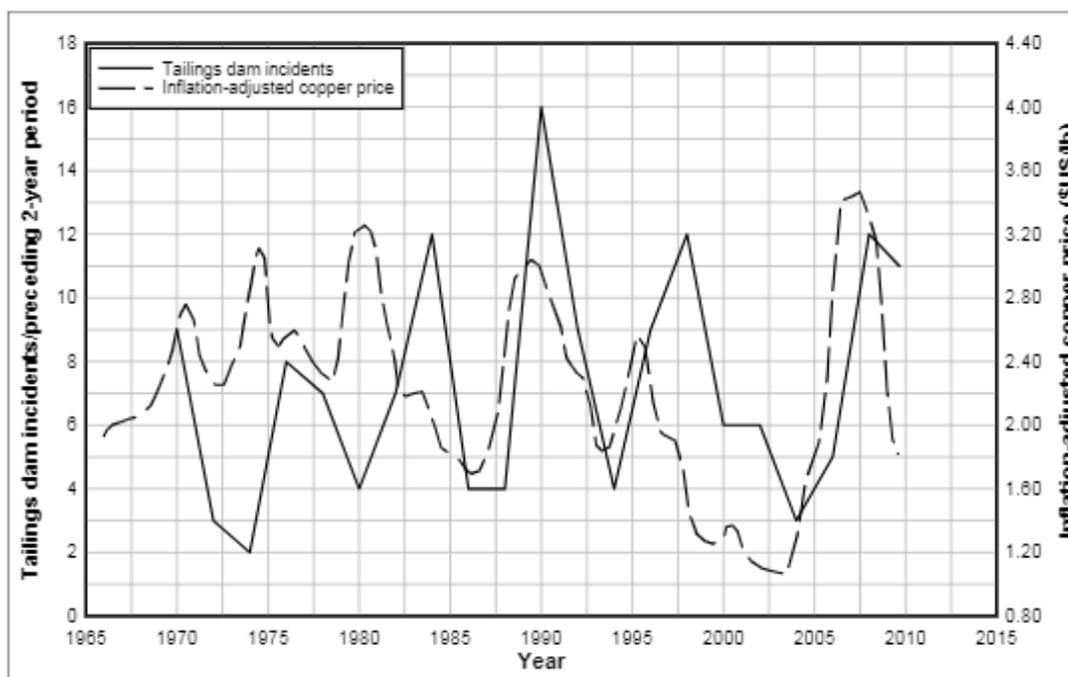
Busca-se compreender os métodos da Economia Ecológica, peça chave para o presente trabalho, sendo dela extraída a teoria magna, visando fazer o contraponto à Economia Ambiental (neoclássica). Deve-se considerar, portanto, os trabalhos dos três principais precursores deste pensamento, sendo: Kenneth Boulding (1910-1993), Nicolas Georgescu- Roegen (1906-1984) e Herman E. Daly (1938-), além de uma ampla gama de pesquisadores brasileiros e estrangeiros que constituem a base da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica (ECOECO). As visões básicas criadas por esses três cientistas, segundo Cechin e Veiga (2010b, p. 41) partem do ceticismo ao modelo convencional, sendo que o futuro do processo econômico dependeria da escolha entre a economia do astronauta, o decrescimento e a condição estacionária. Quando os recursos são exauríveis, se torna ainda mais importante a contribuição desses autores, para uma formulação teórica de perspectiva secular (devir).

Enríquez (2010, p. 54) analisa as estratégias para a gestão de recursos exauríveis, avaliando que o conceito de recurso mineral é dinâmico, chegando a constatação de que “os recursos não são, eles se tornam”. Esses recursos podem ser elásticos e inelásticos, variando conforme as respostas “aos desejos e ações dos homens, e às condições tecnológicas, econômicas e políticas”. Por outro lado: [...] a reprodução dos recursos não renováveis não está assegurada e localmente se esgota, daí a necessidade de se introduzir uma dimensão temporal na análise, uma vez que o que é extraído hoje não estará disponível amanhã (ENRIQUEZ, 2010, p. 54).

Quanto à dimensão temporal sob a qual o trabalho se submeterá: ela consiste nos modelos 1 e 2, que serão apresentados na próxima seção. Todavia, pretende-se lembrar da regra de Hotelling, considerando que para “uma trajetória ‘ótima’” os preços dos recursos exauríveis devem evoluir ao ritmo da taxa de desconto que é igual à taxa de juros de mercado” (ENRIQUEZ, 2010, p. 58).

Considerando os megaciclos das commodities, procuramos avaliar a correlação entre o preço do minério e os incidentes com barragens de rejeito, com isso surge a seguinte pergunta: há ou não uma correlação positiva entre esses dois fatores? Pesquisadores do Grupo Política, Economia, Mineração, Ambiente e Sociedade (PoEMAS) afirmam que existe uma correlação estrutural entre os ciclos econômicos e os eventos de rompimento de barragens. Essa afirmativa é corroborada com o estudo de Davies e Martins (2009) quando avalia o pós-crescimento dos ciclos econômicos. Segundo os autores, existem indícios quantitativos de um aumento no rompimento de barragens, visto que, ao considerar uma análise dos últimos 45 anos (1965-2009) percebendo uma relação entre a desvalorização do preço do minério e o aumento do número de rompimentos de barragens (Figura 2). Estes pesquisadores destacam que é preciso entender essa dinâmica, sobretudo para analisar o caráter estrutural do rompimento de barragens, algo que buscaremos ao longo dessa pesquisa (MANZUR; et al., 2016).

FIGURA 2 - Variação do Preço do Minério e Incidentes de Barragens de Rejeito.



Fonte: Davies e Martin (2009, p. 5).

Davies e Martin (2009) reconhecem que apesar de estudos relacionando os acidentes com as barragens de rejeito e sua relação com os preços das commodities não constituírem esforços científicos, esse empenho demonstra que, apesar da controvérsia dos métodos e rigor estatístico, oferecem leitura para fomentar o debate. Percebe-se assim, que as principais causas desse comportamento variam entre: i) fragilidade do licenciamento ambiental; ii) pressão sobre as agências ambientais; iii) contratação de técnicos pouco experientes e sobrecarga dos experientes; e iv) opção pela minimização de custos e otimização da produção.

Paulo Cesar Abrão, diretor da Geoconsultorias - especialista em barragens, e com vasta experiência nesse tema – afirmou categoricamente à revista *Brasil Mineral* que “as barragens de rejeito não são seguras. Elas estão seguras”, dado que: o “[...] conceito de segurança de uma barragem é temporal” (ALVES, 2015, p. 20). O especialista acredita que em momentos cíclicos as empresas podem afrouxar sua gestão de risco tornando o monitoramento mais brando. Esse pensamento embasa a tese de que as variações no preço das commodities influenciam os incidentes com barragens.

O monitoramento é a chave para analisar os elementos de planejamento das ações, afinal: “[...] se não for feito dessa maneira, no fundo, o responsável pelo monitoramento passa a ser apenas um historiador. Vai contar a história” (ALVES, 2015, p. 20). Isso se verifica nos casos dos crimes corporativos da Samarco (2015) e Vale (2019) com relação aos territórios em seu entorno, e para além dele, “[...] que viraram, muito rapidamente, uma extensão do complexo minerador” (ZONTA; TROCATE, 2016, p. 7).

A questão do monitoramento é fundamental para a segurança, visto que em momentos de crise recai a pressão sobre os funcionários no processo produtivo. Em razão dessa pressão, que emana dos acionistas aos CEOs da empresa, ocasiona negligência de alguns aspectos da segurança. Esta ideia foi apresentada pelo especialista em Engenharia de Minas e Petróleo, com ênfase em lavras, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), o prof. Sérgio Médici de Eston, no programa *Entre Aspas* (2015). Ao se pensar no caso da Samarco S.A., o professor afirma que a empresa tem um bom corpo técnico de engenheiros, sempre bem-conceituada, no entanto, o preço do minério caiu muito nos últimos anos, forçando as empresas a enxugarem seus custos. Por este motivo, e considerando que o Brasil não tem uma cultura de segurança como valor, ocasionou eventos de grandes proporções. Portanto, continua, uma das consequências é deixar de fazer a

manutenção, tornando o monitoramento mais brando, mesmo sabendo dos riscos operacionais, financeiros e de *compliance* (Programa entre aspas, ESTON, 2015).

Especialistas como Eston e Abrão consideram que a assimetria de informações foi fator determinante para o rompimento da Barragem de Fundão, afinal, “[...] quando se passa a fazer medições de vários vetores, pode-se chegar, dentro de quatro ou cinco meses, e ver que a barragem está rompendo” (ALVES, 2015, p. 21). Em outras palavras, podemos afirmar que as firmas não utilizaram das informações disponíveis, negligenciando-as, o que configura crime corporativo.

Crimes corporativos não são novidades, derivando de crimes financeiros a socioambientais, como os casos das empresas Enron, Lehman Brothers, WorldCom, HealthSouth Corporation, Satyam Computer Services, Petrobras, Bhopal, Exxon, Hoffman-La Roche, ICMESA, Volkswagen, integrando recentemente a lista a Samarco e Vale.

Com sistemas modernos, é possível fazer avaliações mensais da segurança da barragem e de posse do relatório é possível medir, avaliar, verificar, tomar as decisões corretivas e preventivas para assim, cumprir as métricas de segurança de barragens. Com os dados supracitados, verifica-se uma relação entre intensificação do processo produtivo e a necessidade de megaestruturas, como é o caso das barragens, devido à necessidade do descarte de rejeitos do processo mineral. Constituem-se de tal forma “[...] riscos potenciais para o meio ambiente e a sociedade que vive em seu entorno” (ALVES, 2015, p. 22).

O rompimento das barragens de rejeitos não são novidades do setor mineral no Brasil e no mundo. Observamos também que diversas barragens já sofreram rupturas, devido ao processo de monitoramento precário. No qual, ao longo da história da exploração mineral, não houve aprendizado por parte do setor público e privado. Todos esses problemas decorrem da irreversibilidade e de limites que, conforme Romeiro (2010, p. 9) advém “[...] da segunda lei da termodinâmica (lei da entropia) em contraposição à primeira (sobre a transformação da matéria), na qual essa ideia não faz sentido e sobre a qual se baseia implicitamente a teoria econômica convencional”. Em Minas Gerais, desde 1986, foram registrados sete casos de rompimento de barragens de rejeito, demonstrando a atuação da lei da entropia (Quadro 1).

Quadro 1 - Rompimento de Barragens no Estado de MG (1986-2019)

Município	Ano	Nome	Tipo
Itabirito	1986	Barragem de Fernandinho.	Barragem de rejeitos minerários.
Nova Lima	2001	Barragem de Macacos.	Barragem de rejeitos minerários.
Cataguases	2003	Barragem em Cataguases.	Barragem de rejeitos industriais.
Miraí	2007	Barragem da Rio Pomba/Cataguases.	Barragem de rejeitos minerários.
Itabirito	2014	Barragem da Herculano.	Barragem de rejeitos minerários.
Mariana	2015	Barragem Fundão.	Barragem de rejeitos minerários.
Mariana	2015	Barragem Santarém.	Barragem de rejeitos minerários.
Brumadinho	2019	Barragem I.	Barragem de rejeitos minerários.

Fonte: Adaptado pelo autor – IBGE (2019). Disponível em: www.ibge.gov.br

Cechin e Veiga (2010, p. 43), usando como base o economista Georgescu-Roegen, quando trata da segunda lei da termodinâmica (lei da entropia), consideram que “[...] a quantidade de matéria e energia incorporada aos bens finais é menor que aquela contida nos recursos utilizados em sua produção”. Dessa forma, parte da energia e do material de baixa entropia se transformam imediatamente em resíduos, que nesse caso é caracterizada pela lama de rejeitos. Observa-se por essa perspectiva o grande problema no qual a sociedade está inserida, pois, estimativas consideram que no Brasil existem aproximadamente 670 barragens de rejeitos de mineração e 295 barragens de resíduos industriais, tendo acontecido aproximadamente 80 rompimentos em todo o país, embora com pouca repercussão midiática (ANA, 2018). Desse montante, menos de 400 barragens de mineração estão contempladas na Política Nacional de Segurança de Barragens (Figura 3).

FIGURA 3 - Barragens de mineração contempladas na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB)



Fonte: ANM. Disponível em: www.anm.gov.br. Acesso: 12 de dez. 2019.

Retornando aos impactos ambientais, sociais e econômicos: no caso da Barragem de Fundão são avassaladores, representando, como já comentado, o maior acidente ambiental da história do Brasil e um dos maiores do Mundo. O EIA-RIMA do empreendimento possuía uma previsão totalmente diferente do ocorrido, demonstrando que o licenciamento ambiental do Brasil ainda é frágil, pois não se considera o pior cenário. A lama produziu destruição por 663 km nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, adentrando 80 km² o mar do Espírito Santo. Seu caminho passou com alto impacto por municípios de Minas Gerais, vejamos: Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo, Gesteira, Barra Longa e outros cinco povoados no distrito de Camargos. Foram 19 mortos/desaparecidos, mais de 1200 pessoas desabrigadas, pelo menos 1469 hectares de terra destruídos, incluindo áreas de proteção permanente (APP) e unidades de conservação ambiental (UC). Pescadores, ribeirinhos, agricultores, povos indígenas, assentados da reforma agrária, populações tradicionais, moradores, indústrias, empresários, comerciantes, prefeituras, entre tantos outros stakeholders, tiveram prejuízos que necessitam de uma contabilização, afinal, quem pagará por isso? (MANZUR, et al., 2016).

Várias dessas pessoas acreditam que o pior já passou, porém, a vida de muitas famílias tende a piorar nos próximos anos devido a outras perdas materiais e de saúde (física e mental). No início de 2020, o Estado de Minas Gerais sofreu com enchentes nos territórios afetados pelas barragens rompidas da Samarco e Vale, o que pode vir a gerar graves problemas de saúde devido a contaminações da água e do solo. Para além dessas perdas, a saúde (física e psicológica) da população pode ser prejudicada, acarretando maiores investimentos públicos, o que ocasiona o aumento de impostos ou corte de verbas em outras áreas. Esses valores e vários outros, muitos até com alta complexidade de valoração, não estão sendo considerados, mas deveriam, por impactar nas perspectivas temporais de curto prazo e em devir, constituindo a base da ideia do passivo do sofrimento social.

Diversos municípios banhados pelos rios Doce e Paraopebas, sofreram com desconforto e prejuízo a milhares de pessoas, pois elas tiveram seu abastecimento de água interrompido. “Os efeitos da lama e da falta de água refletiram sobre residências e prejudicaram atividades econômicas, de geração de energia e industriais [...]”, visto que não se pode esquecer dos impactos ecossistêmicos, diversas perdas humanas e animais, algumas de espécies ameaçadas de extinção (MANZUR et al., 2016, p. 31).

Dessa forma, esses eventos causam diversos impactos socioambientais em várias perspectivas temporais. Para exemplificar, no curto prazo, o impacto oriundo dos rompimentos das barragens se refere a destruição de residências e infraestruturas, além de prejudicar os mais diversos ecossistemas ao longo do seu percurso. Em longo prazo, os pontos centrais são relacionados à saúde e resiliência do ambiente natural, incógnitas que necessitam ser investigadas.

No caso dos impactos ambientais, sociais e econômicos do rompimento da barragem I da Vale S.A., este se diferencia sobremaneira do caso da Samarco S.A. O impacto ambiental, ainda que grande, não chegou às proporções da barragem de Fundão, entretanto “a lama destruiu ou comprometeu de forma irreparável todas as formas de vida por onde passou, arrasando uma área equivalente a quase 300 campos de futebol” (CPI DA BARRAGEM DE BRUMADINHO, 2019, p. 1).

No entanto, o impacto social foi muito superior ao crime corporativo de 2015, pois, conforme o relatório da Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI), foram confirmadas 272 mortes ou presumidas, com 21 pessoas ainda não localizadas. Deve-se lembrar que após o rompimento de 2019 houve um pânico generalizado, criado pela própria empresa em diversos municípios, por

emitirem alertas de ruptura de outras barragens. Isso devido à recusa das empresas de auditoria em emitirem a Declaração de Condição de Estabilidade (CPI DA BARRAGEM DE BRUMADINHO, 2019).

No crime corporativo da Samarco S.A., o principal desafio consiste em contabilizar os custos dos passivos ambientais. Já no crime corporativo da Vale, não há sequer uma métrica para se contabilizar o que chamamos de passivos do sofrimento social. Para entender a totalidade, não se deve pensar apenas nos impactos econômicos, afinal, o ambiental e o social apresentam uma relevância mais significativa, reforçando a importância de se calcular ambos os passivos (ambiental e do sofrimento social).

Para a economia ecológica, os custos são mais abrangentes e complexos do que apenas os valores monetários. Muitos dos impactos e custos mencionados acima serão arcados pela própria população, sendo que grande parte dessas pessoas não possuem relação com a mineradora. Hoje não fazemos ideia do impacto monetário real quando pensamos nas famílias atingidas (direta ou indiretamente), no entanto, é possível valorar os impactos dos ecossistemas. Barcelos, et al. (2019) utilizando do método proposto por Costanza e colaboradores, estimou o valor de R\$548.058.795,18/ano, para os serviços e funções ecossistêmicas que foram afetados ou perdidos no crime corporativo da Samarco S.A. (2015). Barcelos, et al (2021), aplicando o mesmo modelo ao crime corporativo da Vale S.A. (2019), identifica o valor aproximado de R\$151.327.478,01/ano. Esse montante deve ser compreendido como valor mínimo, sobretudo, quando se pensa nas funções e serviços ecossistêmicos afetados.

Deve-se ressaltar que, conforme Cechin e Veiga (2010a), os custos para economia ecológica são diferenciados, pois não consideram questões simplesmente monetárias, portanto, todo o custo do crescimento da produção material. Devido a essas questões, a economia ecológica é “[...] inteiramente cética sobre a possibilidade de crescimento por tempo indeterminado, e mais ainda quanto à ilusão de que o crescimento possa ser a solução para os problemas ecológicos” (CECHIN; VEIGA, 2010a, p. 45).

Diante de tamanha catástrofe ambiental, social e econômica, emerge a necessidade de uma maior compreensão a respeito das barragens de rejeitos de minérios, adentrando a questão mineral do país. As reflexões que se devem tomar, diante de tamanho descaso público e privado, são relacionadas às questões temporais de curto prazo e no devir, não deixando de lado o médio, e

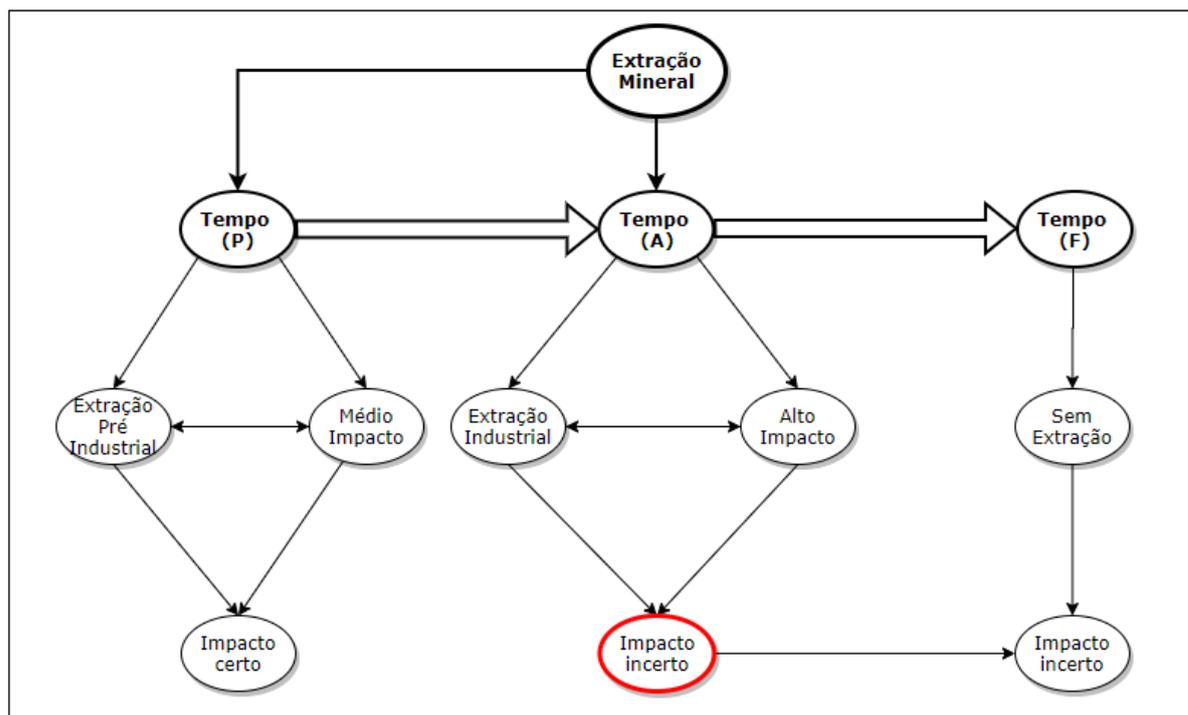
longos prazos como estruturas para análise. Afinal, nos resta saber, ou ao menos buscar prever com quantas cargas a sociedade terá de arcar pela inação do Estado e ganância corporativa.

Para tal, nos esforçamos no sentido de trabalhar modelos temporais, calcados na metodologia substantiva, com objetivo de contribuir com o tema. Afinal, parte da carga já foi lançada ao ambiente natural e sociedade, derivada da cupidez empresarial, tornando indispensável questionarmos “quantas mais cargas teremos que aguentar nas costas desse sistema de exploração mineral”? (TROCATE; ZONTA, 2016, p. 13).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para ilustrar a problemática desse trabalho, serão consideradas três análises temporais, separadas por séculos, sendo que o tempo (P) referente ao período passado (colonial e pré-industrial), que já deixou sua marca na história e não há possibilidade de mudança. O tempo (A) refere-se ao período atual, em que está sendo construída a sua história, de forma objetiva, dentro das ações humanas, com os mais diversos conflitos e tensionamentos entre os elementos espaciais. Nesse período histórico ainda há tempo de reversão para problemas socioambientais prejudiciais à nossa e outras espécies, entretanto, carecendo de políticas públicas organizadas no âmbito de acordos nacionais e internacionais, modificando o porvir. Por fim, será considerado o tempo (F), um período futuro (devir), partindo-se do pressuposto que várias gerações que ainda não tiveram sua história no planeta e que são dependentes da dialética capital/natureza e natureza/capital do tempo (A) para construir a sua história, que pode ser resumido na Figura 4.

FIGURA 4: Relação das três temporalidades e o setor extrativo mineral.



Fonte: Elaborado pelos autores

A compreensão que se espera com o primeiro modelo, se dá como condição da forma extrativa, seu impacto no ambiente natural, e o grau de certeza da condição analisada. O tempo (P), está compreendido entre os séculos XVII à XIX, que teve sua operação extrativa com baixa capacidade produtiva e médio impacto ambiental. Quando se pensa em barragens no tempo (P) não se visualiza nenhuma com potencial destrutivo minimamente similar às atuais barragens. Considera-se assim, como elemento-chave, o período pré-industrial, pois representa um impacto substancial em comparação com o colonial. É importante lembrar que este é um período anterior ao atual, sendo que temos um grau de certeza elevado a respeito dos impactos causados pela extração mineral do período colonial e pré-industrial, bem como suas possíveis resiliências ecológicas.

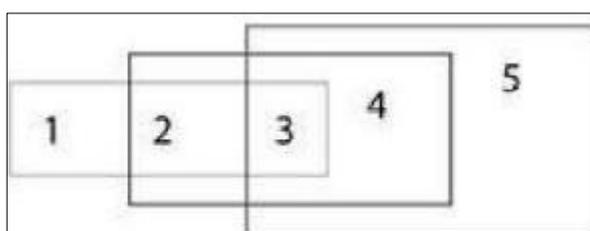
O tempo (A), compreendendo o século XX e XXI, herdou as condições de (P), em razão delas, houve uma evolução na estrutura e processo de extração, afetando a função e a forma, devido ao desenvolvimento da tecnologia e à inovação, evoluindo de maneira muito acelerada ao longo do tempo. Em contrapartida, em razão da alavancagem na capacidade produtiva, o impacto ambiental é exponencialmente superior ao do período (P), visto que esses habitantes (nossos antepassados)

não fariam ideia dos problemas atuais – bem como não fazemos dos problemas que ocorrerão, por exemplo, daqui a cinco séculos. No tempo (A) a única certeza é a incerteza, afinal não há nenhuma estimativa minimamente satisfatória, perto da grandeza dos crimes ambientais da Samarco S.A. (2015) e Vale S.A. (2019).

Dessa forma, no tempo (A), considerando as centenas de barragens de rejeito espalhadas no Brasil e no mundo, encontramos grandes dificuldades de prever acidentes menores, iguais ou maiores, em comparação aos atuais crimes corporativos. Quando ocorrerão? Daqui a alguns meses? Daqui a uns anos? Em algumas décadas? Séculos? Nessa última pergunta, entra o tempo (F), pois sabemos que mais cedo ou mais tarde, tais eventos ocorrerão, levando em conta os postulados referentes à lei da entropia.

Para iniciar a análise do tempo (F), ou seja, o devir, dentro de uma ideia de que o vir-a-ser é constituído pelo movimento, por meio da transformação e modificação, será considerada a crítica de Romeiro (2010) a respeito dos trabalhos do Howarth e Norgaard (1995). Para Howarth e Norgaard (1995) em seu esquema analítico de gerações entrelaçadas há altruísmo, algo percebido por Romeiro (2010) como uma espécie de mito, visto sua tese sobre o comportamento humano. O questionamento que Romeiro (2010) realiza é de como garantir que as gerações presentes serão benevolentes com as futuras? Howarth e Norgaard (1995) consideram que a atitude da geração presente para com a futura representa uma alocação temporal de recursos entre gerações, intitulando essa proposta como *laissez-faire* altruísta, sendo que cada geração tentará deixar uma herança para a geração seguinte (figura 5).

FIGURA 5 - O modelo de gerações entrelaçadas e o “laissez-faire” altruísta



Fonte: (ROMEIRO, 2010 *apud* HOWARTH; NORGAARD, 1995).

Destarte, o modelo de gerações entrelaçadas (*overlapping generations*) consiste no estabelecimento altruísta da cadeia geracional. Romeiro (2010, p. 19) objurga essa ideia devido ao “fato básico de que as consequências dos problemas ambientais globais recairão muito mais à frente

no tempo, sobre uma descendência remota de cada família”. Quando se pensa na mineração, essa evidência é reforçada, afinal, além de ser um recurso exaurível, há a questão da rigidez locacional. Logo, são retirados dos territórios os minérios, em boa parte da história, por meio da espoliação das riquezas dos povos, sem nada deixar. Foi assim durante o tempo (P), em que os colonizadores saqueavam o Brasil, e continua sendo assim, tempo (A), em que as corporações além da pilhagem, cometem os mais diversos crimes com anuência do Estado. Todavia, considerando o estudo de Daly e Cobb (1989) deve se observar que:

[...] em cinco gerações cada membro da última será um descendente de 16 pessoas de diferentes origens. Desse modo, não faz muito sentido alguém se preocupar e tomar alguma atitude em relação a deixar uma herança para descendentes longínquos (contendo apenas 1/16 de sua herança genética) (ROMEIRO, 2010, p. 19).

Torna-se incoerente acreditar que os indivíduos irão se preocupar com descendentes tão distantes. As pessoas visam melhorar o bem-estar apenas das gerações presentes, quiçá dos seus filhos e netos, no máximo. O modelo de gerações entrelaçadas faria maior sentido caso não houvessem evidências de determinados países, que a curva de Kuznets vem regredindo a cada período geracional. Conclui-se que:

[...] o sentimento altruísta necessário para induzir atitudes solidárias em relação a gerações tão distantes no tempo (e tão diferentes geneticamente) só pode ser um sentimento não filial de desprendimento. No entanto, se este sentimento existe, então o bem-estar das gerações futuras se torna um bem público e, como tal, exige uma ação coletiva da sociedade organizada para evitar que essa transferência de recursos entre gerações venha a ser considerada injusta (ROMEIRO, 2010, p. 19).

Surge assim a necessidade de se pensar nas gerações futuras (devir), de forma coletiva, e como um bem público, a fim de proteger a sobrevivência da espécie humana e demais seres vivos do planeta, além de transferir recursos naturais de uma forma equânime, com responsabilidade intergeracional, sob a tutela e proteção do Estado e suas instituições. Não se pode confiar nos indivíduos e/ou empresas para essa missão, uma vez que o pensamento econômico convencional (neoclássico) não se preocupa com questões morais e éticas, sendo necessário a construção de pautas coletivas unificadoras.

Uma prova disso pode ser observada própria pela revolução científica, que conforme Harari (2015, p. 389) enche de orgulho todas as conquistas sem precedentes da espécie humana, sendo ignorados completamente o destino de todos os outros animais. Boa parte da riqueza material que

protege os humanos de doenças se tornou possível às custas de macacos e ratos de laboratórios. Observa-se que muitos animais são apenas um apêndice do processo produtivo, como vacas leiteiras, porcos e frangos, todos submetidos a uma intensa exploração industrial. Toda essa maquinaria é defendida pela teoria econômica convencional, que fecha os olhos para o sofrimento das demais espécies, inclusive, para a sua própria.

Cria-se, dessa maneira, a necessidade de interferência do poder público nessas questões, afinal são os agentes do povo (presentes e futuros) que podem desenvolver políticas com a finalidade de oferecer ao menos uma chance de sobrevivência às demais gerações, não apenas humanas. Espera-se assim, que os ordenamentos apontados por Santos (2017), referentes à ordem técnica, da forma jurídica e do simbólico, sejam condições sócio-políticas. Carecendo, conforme o mesmo autor, um olhar pautado no espaço banal, buscando constituir a força de transformação e mudança, a surpresa e a recusa do passado, proveniente do agir simbólico, sendo o elemento central para pensar o devir.

Daly e Farley (2016, p. 559) lembram que ao se pensar nas condições sociais e políticas concretas, existem temas controversos, porém extremamente importantes para a economia ecológica devido a três fatores:

- 1) As pessoas que são demasiado pobres não se importam com a sustentabilidade. Por que deveriam se preocupar com o bem-estar no futuro quando nem sequer são capazes de satisfazer as suas necessidades básicas? Em todo o mundo, os extremamente pobres são obrigados a trabalhar em minas, a cortar florestas, a esgotar pastagens e a tolerar uma poluição excessiva apenas para sobreviverem.
- 2) As pessoas que são excessivamente ricas consomem enormes quantidades de recursos finitos, possivelmente privando as gerações futuras dos meios básicos de sobrevivência. Até os economistas mais relutantes em fazer comparações entre pessoas não conseguem negar que a utilidade marginal do consumo para aqueles que estão abaixo do limiar da subsistência é muito mais elevada do que para os que compram cada vez mais artigos de luxo.
- 3) Se nos preocuparmos com a sustentabilidade, preocupamo-nos com a distribuição entre gerações. Não queremos obrigar o futuro a viver na pobreza para simplesmente podermos consumir mais artigos de luxo. Contudo, qual é o sistema ético que consegue justificar uma preocupação pelo bem-estar daqueles que ainda não nasceram sem se preocupar com o bem-estar dos que hoje estão vivos?

Diante dos três fatores apresentados, cria-se uma necessidade de pensarmos não apenas o tempo (A), carecendo de análises o tempo (F) que, por sua vez, possui intrínseca dependência de (A), donde todos os fatos e problemas serão derivados de (A). Estamos aqui considerando cinco

séculos à frente (século XXV), para o tempo (F), e cinco para trás (século XVII), para o tempo (P), apenas por melhorar a didática do método proposto.

Se torna axiomática, nesse modelo, a falta de recursos minerais nos territórios ao longo do tempo (F). Dada a capacidade atual de extração, no tempo (F) não haverá minério para extrair nos próximos séculos, pelo menos, não da forma como se extrai atualmente e com alto teor de pureza, pois este é um recurso exaurível que possui um ciclo de vida. Várias das minas possuem previsão de estoque de 30 a 50 anos, e considera-se que após esse período, as barragens de rejeitos possam ser mineradas, apesar dos riscos. É importante reforçar que as barragens de rejeitos representam um desperdício de natureza, e quanto maior a estrutura, menos eficaz é o processo produtivo. Fica evidente que em consonância com o conhecimento e a tecnologia atual, não será possível no tempo (F) aproveitar a bonança mineral da época do ouro, como no tempo (P) e do minério de ferro, do tempo (A).

Em outras palavras, no tempo (P) houve o ciclo de ouro, sem nenhum benefício real desse período para a presente geração, tempo (A). O máximo que podemos considerar como benefício dessa época são as infraestruturas desse período, como casarões, palácios, igrejas, entre outros, representando rugosidades espaciais. Para Santos (2012, p. 173) a rugosidade espacial consiste no “[...] espaço construído, o tempo histórico que se transformou em paisagem, incorporado no espaço”. Esse conceito representa aquelas distorções temporais, entre o novo e o velho, dado que a espécie humana trabalha sob regime de heranças históricas, culturais, políticas e econômicas, que conforme o autor se manifesta “[...] localmente por combinações particulares do capital, das técnicas e do trabalho utilizado” (SANTOS, 2012, p. 173).

Diferentemente do ocorrido no tempo (P) onde se esgotou o ouro, não existiram grandes avanços com relação ao minério de ferro, deixando tais riquezas a serem exploradas ao longo do tempo (A). Portanto, no tempo (F) a probabilidade de possuírem recursos minerais está bem distante da tecnologia atual, gerando dessa forma a hipótese de que não haverá extração mineral (pelo menos não como se conhece hoje). Culminando em um impacto incerto, devido à dependência do tempo (A). As expectativas para o tempo (F), portanto, não são nada favoráveis, afinal, as rugosidades espaciais serão as barragens de rejeito e as mais diversas minas abandonadas, que já se encontram presentes no espaço, território e paisagem.

As relações de (P) com (A), não serão consideradas nesse trabalho, devido ao fato de já terem ocorrido. Devemos entender que o curto prazo se dá no tempo (A), sendo a total incerteza

iminente, fazendo-se necessária sua compreensão e ação sob esquemas, como por exemplo o Pressão-Estado-Resposta.

O tempo (F) é considerado como devir (ou prazo secular), em que ao derivar do tempo (A), cria suas condições de dependência. O devir depende do tempo (A) para que no tempo (F) tenha ou não impactos tão complexos quanto os atuais. Espera-se que a humanidade não deixe como herança às gerações futuras esse terrível legado, pois os recursos serão ainda mais escassos, e a ação entrópica uma realidade.

Como oportunidade reflexiva: imagine o rompimento de uma barragem de rejeito do Complexo dos Carajás/PA, afetando diretamente os grandes rios que estão no território, como: Xingu, Tocantins, Araguaia, e porque não, o Rio Amazonas. O homem tem uma capacidade altamente transformadora e modificadora, em consonância ao que Romeiro (2010, p. 5) faz um alerta: “um ecossistema em equilíbrio não quer dizer um ecossistema estático. Tudo se modifica, transformando-se em um sistema dinâmico, que em condições normais é mais lento, porém as interações humanas podem transformar o processo mais rápido do que se pode imaginar”.

Pela perspectiva do curto e longo prazo, tornam-se necessárias algumas reflexões, com relação às barragens de rejeito que estão, ou não, em operação no Brasil. O que ocorreria caso alguma das centenas de barragens rompessem, da forma como ocorreu com a Barragem de Fundão e B1? Quais os planos de gerenciamento de riscos e crises das empresas? Esses planos estão claros a todos, de forma transparente e participativa? Qual o planejamento estratégico de longo prazo para essas questões? Está claro a todos os atores políticos os impactos ecossistêmicos devido ao rompimento das barragens? Como o Estado visualiza esse cenário na busca de atuar como mediador dos interesses entre as populações e as empresas, resguardando o ambiente natural? Quais as principais normas e suas possíveis incoerências no que tangem às políticas públicas do setor mineral? As normas reguladoras de mineração atendem às necessidades das populações (presentes e futuras)? Aquelas empresas que suspenderam ou fecharam minas possuem planos de contingência para as suas barragens de rejeito? Quantas minas e barragens abandonadas existem no território brasileiro? Para as empresas em atividade, como foi planejado o seu fechamento de mina no que se refere ao problema das barragens? Quais os principais riscos de descomissionamento e descaracterização das barragens? Os licenciamentos ambientais e seus EIA/RIMAS são coerentes com quais interesses? Os estudos hipotéticos de ruptura de barragem (*Dam Break*) são realmente confiáveis? Essas são apenas algumas questões que visam oferecer subsídios para futuros estudos.

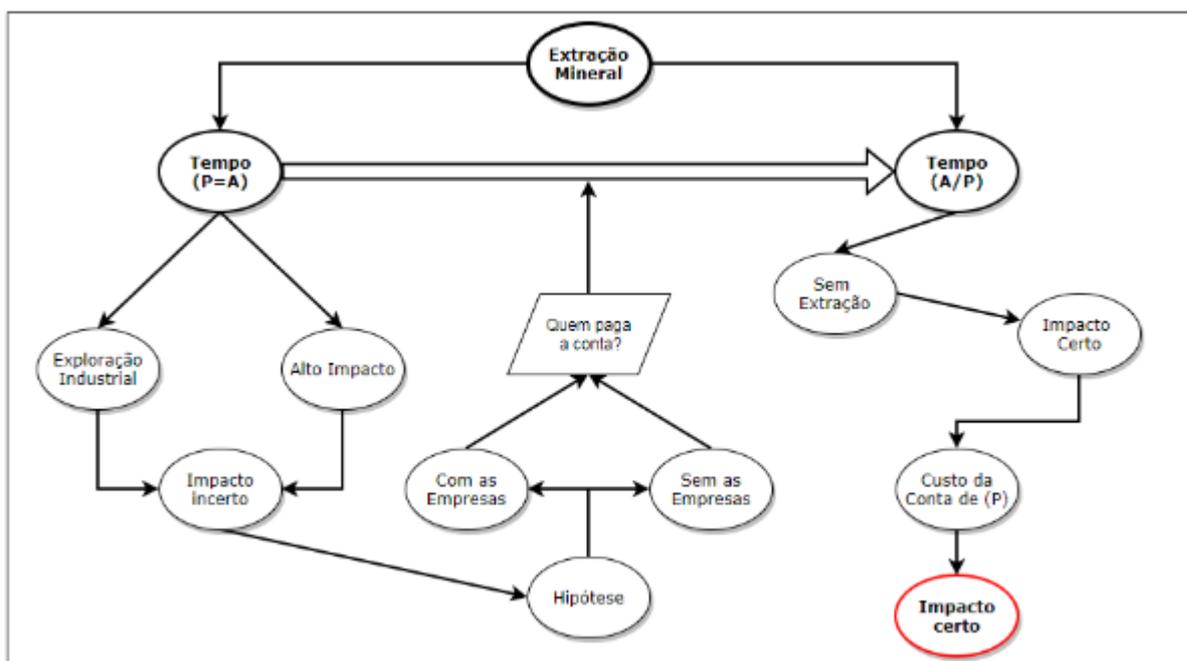
Entenda-se que o que está sendo considerado sob esta perspectiva temporal é a seguinte reflexão: rompeu, e agora?

Diante do conteúdo aqui exposto, buscar-se-á a compreensão desses problemas pela ótica da economia ecológica, partindo da discussão clássica de alocação de recursos e da repartição da renda, tratando ainda da questão da escala. Em outras palavras, será utilizado o que Daly e Farley (2016) consideram como os pilares da economia ecológica: distribuição justa, escala sustentável e alocação eficiente.

Busca-se, dessa forma, compreender a escala ótima que reage ao aumento físico do subsistema econômico, passando a custar mais que o benefício que pode trazer ao bem-estar da humanidade, afinal, qual o prazo de validade da espécie humana? Para responder a essa questão é fundamental compreender o metabolismo industrial que se não for bem tratado, pode colocar a humanidade em seu sistema digestivo (CECHIN; VEIGA, 2010a).

Analisando pelo tempo (A), observa-se que a responsabilidade recai sobre a empresa que estava em operação, mas a pergunta que necessita de uma maior reflexão, é: e se a Samarco S.A. e a Vale S.A., não existissem, quem pagaria pelos danos ambientais, sociais e econômicos? Dessa forma, buscando uma análise inversa temporal, e levando em consideração que a referida barragem tivesse sido construída no tempo (P), os custos desse impacto recairiam sobre quem no tempo (A)? No tempo (P) pode-se pensar no exemplo da Companhia “*The Ouro Gold Mines of Brazil Limited*” - (1883-1927) - antecessora da “Companhia Minas da Passagem” - (1927-1976), que não mais existe, mas que teve sua glória na exploração de ouro. Dessa maneira, surge a necessidade de um novo modelo teórico hipotético, para uma profunda reflexão da questão mineral, conforme a estrutura presente na Figura 6.

FIGURA 6 - Relação inversa temporal, sendo $(P)=(A)$ e $d(A)/d(P)$ e o setor extrativo mineral



Fonte: elaborado pelos autores

O segundo modelo apresentado (Figura 6) faz uma inversão temporal, sendo que o tempo (P) é igual ao tempo (A), ou seja $(P = A)$. Para a exemplificação, utilizaremos o exemplo da Barragem de Fundão, da Samarco S.A., considerando que tenha sido construída em 1606, ocasionando duas possíveis situações:

- 1) Se romper na tarde do dia 05 de novembro de 1615;
- 2) Durar por um período indeterminado, se tornando uma rugosidade espacial sem o devido tratamento da empresa, vindo a se romper no tempo (A).

A primeira situação é problema “deles”, afinal, não existe o século XXI, e as próximas gerações herdarão o que, porventura, as atuais venham a disponibilizar, afinal, no devir consiste a herança de tempos passados em movimento e a alteração do curso que desemboca no futuro. Devemos lembrar que não existe por parte dos indivíduos e empresas o *laissez-faire* altruísta, conforme já apresentado, pois as pessoas dessa época não possuem uma real preocupação, cabendo ao Estado a sua responsabilidade.

Já na segunda situação, para exemplificar, o rompimento ocorre exatamente no ano de 2015, ou seja, nessa análise deve ser compreendido como (A') derivando de (P'), cabendo assim fazer algumas investigações a respeito. Conseqüentemente, o tempo $(P=A)$ possui uma exploração

industrial avançada e um impacto inversamente proporcional a este avanço industrial. Tendo isso como verdade, entra-se no cenário de total incerteza, pois não se consegue visualizar o futuro. Dessa forma, surgem duas hipóteses relativas as empresas de extração mineral no período $d(A)/d(P)$. Elas continuarão atuando ou estarão fora do mercado?

Tendo em vista os caminhos pelos quais as empresas sobrevivem, estas podem ser representadas da seguinte forma:

- 1) A Samarco/Vale/BHP Billiton terem sido criadas no século XVII e estão até hoje $d(A)/d(P)$ na ativa;
- 2) A história da Samarco/Vale/BHP Billiton, ser parecida com “The Ouro Gold Mines of Brazil Limited” tendo seu capital pulverizado e conseqüentemente encerrando suas atividades.

Dessa forma, surge a questão >quem paga a conta? Podendo ser a Samarco, como no caso (A), a ponto que em $d(A)/d(P)$ não haverá empresa e todo o custo recairá para a sociedade (não muito diferente de hoje). Por conseguinte, o tempo $d(A)/d(P)$, será considerado sob o mote de não ocorrer extração alguma (pelo menos não como conhecemos), e como o impacto é certo, os custos e danos recairão sobre os elementos espaciais, excluídos as firmas. Portanto, há total certeza que o impacto ocorrerá, afinal, “tudo que é sólido se desmancha no ar”.

O segundo modelo teórico (Figura 6) cria a simulação em que a Barragem de Fundão corresponde ao tempo ($P=A$), levando em consideração que tais empresas não existem, sendo que os lucros/prejuízos já foram repartidos entre os acionistas, os danos ambientais, econômicos e sociais já instaurados. Nos resta perguntar como ficaria a situação da população no tempo $d(A)/d(P)$?

Deve ficar claro que esse impacto não ocorreria ao pensarmos no primeiro modelo teórico (Figura 5), considerando que a forma de extração mineral da época pré-industrial/colonial era bem menos agressiva que a da atual era industrial. Haviam barragens na época, porém, nada comparado aos grandes projetos minerários de gigantes grupos corporativos do presente.

Esse é um exercício mental que esse trabalho se propõe, pois considera a simulação que a mineração pré-industrial/colonial ($P=A$) representaria significativo impacto às gerações futuras $d(A)/d(P)$.

Esperamos que, dessa forma, não se repitam barbáries ambientais e sociais das eras pré-industriais, como as ocorridas na Londres dickensiana do século XIX. A era industrial ampliou os

impactos, com acidentes nucleares e os crimes corporativos da Samarco S.A. e Vale S.A. A partir dessas reflexões, esperamos instigar à busca de subsídios para que o “admirável mundo novo” seja diferente do vislumbrado por Aldous Huxley, George Orwell, Alan Weisman, entre outros escritores que não enxergavam com bons olhos o futuro da espécie humana. A dinâmica da tomada de decisões sob a incerteza é algo que se converte em obrigação moral e ética, apesar de sua grande complexidade.

O tempo (A) possui uma expressão objetiva de análise, uma vez que a representação relativa do objetivo consiste em forma de matéria. Já o tempo (F) tem suas características subjetivas, buscando uma análise normativa e considerando algumas questões que estão no arcabouço do pensamento da economia ecológica, de forma introdutória. Posto isso, o presente trabalho propôs e apresentou uma análise descritiva e exploratória do objeto em questão: as barragens de rejeitos minerais.

Esperamos que ao analisar esses dois problemas, possamos ampliar a compreensão das responsabilidades públicas e privadas com relação às barragens de rejeitos de minério, bem como identificar sobre quem recairiam os custos ambientais, sociais e econômicos em ambas as perspectivas temporais (A) e (F). Ressalta-se que boa parte do enfoque desse trabalho se concentra na perspectiva (F), considerando que em devir tais empresas podem não mais existir, tornando o monitoramento ainda mais brando (se houver). Nessa perspectiva, cria-se problema ainda mais grave, devido ao fato de que todos os custos recairão sobre as gerações futuras. De tal maneira, é necessário avaliar as políticas públicas atuais, visando auxiliar os gestores públicos a considerarem e respeitarem as gerações futuras, dado o princípio da precaução. Esse princípio é importante devido:

A noção de incerteza ter substituído a noção de probabilidade, o que significa uma admissão da incapacidade da sociedade de prever perdas catastróficas irreversíveis. A ciência se tornou crescentemente questionada pelo fato de levantar, nesses casos, mais dúvidas do que propor soluções. Foi isso que levou a sociedade a buscar segurança em meio à incerteza por meio do princípio da precaução. (ROMEIRO, 2010, p. 23)

Sintetizando os modelos propostos, considera-se que o tempo (P) é relativo a meados do século XVII à XIX. Nesse período, Minas Gerais era um grande exportador de riquezas minerais, com projetos de mineração artesanal, que impactaram os territórios, cujo tempo (A) herdou suas condições do colonialismo ao período pré-industrial. No tempo (A), a forma de extração é industrial, de grande escala, com alto impacto socioambiental e com riscos e vulnerabilidades

negligenciados. O tempo (F), então, herdará o espaço construído pelo tempo (A), momento que pode não haver extração, cujas rugosidades espaciais do tempo (A) podem se materializar em tragédias no porvir caso não exista tempo hábil para a resiliência ecológica.

O desafio da resiliência ecológica, bem como da sustentabilidade passa então por se pensar um novo modelo de exploração natural, em especial no que tange à questão minerária, afinal, não é segredo que o atual modelo predatório não atende as necessidades da sociedade, nem tampouco garante um estado de bem-estar social propriamente dito para a maior parte da população.

Pensando na segunda lei da termodinâmica (lei da entropia), temos a economia do astronauta nos mostrando a melhor saída para se pensar no futuro do nosso planeta. É preciso levar em conta que defender apenas e tão somente o decrescimento econômico bem como dizer que os recursos naturais são finitos, sendo suficientes apenas para manter constantes o capital e a população (condição estacionária). Tais questões, nos indicam que não será algo simples convencer as pessoas acerca do desafiador colapsar do planeta.

Como mostrar para a sociedade que a preocupação com a conservação da natureza perpassa uma necessária repartição da riqueza? Ou seja, como mostrar que o enfrentamento do desafio da sustentabilidade segue o rumo da distribuição de renda, como nos mostram Daly e Farley (2016) ao apontar as condições sociopolíticas para o desenvolvimento sustentável?

Tratando de maneira específica sobre o tema do presente artigo (mineração e barragens de rejeitos), podemos questionar da mesma forma: A quem de fato serve o atual modelo minerário? A quem servem as arriscadas barragens de rejeito? Será que não é hora de repensarmos nosso modelo extrativo com vista ao uso responsável da natureza para o presente e o futuro das gerações humanas? Sabemos que os tempos passados, presentes e futuros – tanto numa perspectiva geológica quanto na perspectiva propriamente humana – se entrelaçam por certo grau de permanência dos processos aos quais são submetidos.

Por isso conseguimos, de forma distópica, conjecturar futuros ausentes e perceber também passados que se manifestam como peso ou trunfo da atualidade. Cabe então que diante de análises que busquem compreender a totalidade sem, entretanto, negar particularidades, buscar a melhor compreensão de desafios que, a cada novo crime ambiental, se tornam maiores diante de uma perspectiva de que todo ato humano permanece e transforma a maneira como o futuro irá se apresentar aos seres que, necessariamente, ocuparão o solo terrestre. Não obstante, para isso, é importante entender que não há atividade humana e trabalho sem a alteração permanente do

ambiente em derredor, por isso a minimização do impacto também é tratada aqui como atividade humana fundamental. Pesa saber que assim como a técnica e tecnologia salta na direção cambaleante de uma ideia de progresso, o progresso efetivo apenas se torna possível quando a perspectiva é incorporar o humano às necessidades de um planeta que se comporta como organismo vivo e dinâmico, respondendo aos danos causados por seus ocupantes com prejuízo a esses últimos.

4 CONCLUSÕES

O presente trabalho buscou compreender alguns problemas sob óticas temporais: presente e futura (devir), utilizando a ótica da economia ecológica. Para compreender as contribuições dessas escolas, a análise se dedicou ao setor mineral, mais especificamente às empresas que extraem minério de ferro em sua essência.

O principal problema tratado no presente artigo ficou popularmente conhecido como “tragédia de Mariana”, onde o rompimento da barragem de rejeitos da mineradora Samarco S.A., despejou cerca de 80 milhões de metros cúbicos de lama, com níveis variáveis de toxicidade, nos ecossistemas locais e regionais de MG e ES. Cabe destacar que o impacto não foi apenas ambiental, pois vidas foram perdidas, pessoas desapareceram, cidades entraram em colapso, para além de vários municípios declararem estado de calamidade pública. Com o objetivo de buscar alternativas para que outros crimes corporativos não ocorram, mas cientes de que irão ocorrer, visamos refletir sobre essas tratativas, que contemplam todos os elementos espaciais (sociedade, firmas, infraestrutura, ambiente natural, instituições do Estado).

Com base em tudo isso, podemos dizer que é preciso enxergar o modelo das barragens de rejeitos no Brasil sob outra ótica, já que a atual tecnologia e os custos de produção das empresas mineradoras forçam a opção por essa tecnologia. É preciso repensar seu uso e suas ações, do contrário podem ocasionar problemas futuros para grande parte do ambiente natural ao seu entorno, já que mais cedo ou mais tarde as mineradoras explorarão os minérios de pureza inferior ao nível atual, criando mais e mais barragens de rejeito. Logo, deve-se estabelecer um limite, não podemos aceitar tudo pela busca do ideal do crescimento econômico.

Esperamos através das presentes reflexões estimular novas pesquisas sobre o tema, calcado em situações referentes ao curto prazo e ao devir. Compreendendo sua profundidade, e buscando uma análise holística e intensiva dos fatos. Para tal, a escolha desse método se deu pelo modo de

investigação reflexiva do fenômeno, alinhado com a teoria substantiva, que não pode ser isolado de seu contexto, de forma a buscar sua interpretação e dando a liberdade ao pesquisador para contribuições e proposições.

REFERÊNCIAS

ALVES, F. Uma barragem nunca é segura. Ela apenas está segura. **Brasil Mineral**, ed. Jun. p. 20-23, 2015.

BANDURA, Albert. Selective activation and disengagement of moral control. **Journal of Social Issues**, 46(1), p. 27-46, 1990.

BANDURA, Albert. Social cognitive theory of moral thought and action. In W. M. Kurtines & J. L. Gewirtz (Eds.), **Handbook of moral behavior and development**. Vol. 1, p. 45-103. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum. 1991.

BANDURA, Albert.; CAPRARA, Gian-Vittorio.; ZSOLNAI, Laszlo. Corporate transgressions through moral disengagement. **Journal of Human Values**, 6(1), p. 57-64, 2000.

BARCELOS, T. S.; et al. A sociedade de risco, decrescimento e a valoração ecossistêmica da área afetada pela barragem em Brumadinho/MG. **DRd – Desenvolvimento Regional em Debate**, v. 11, p. 21-47, 2021.

BARCELOS, T. S.; et al. The Mariana/MG tragedy and the valuation of ecosystem services in the area achieved. **RISUS – Journal on Innovation and Sustainability**, São Paulo, v. 10, n.3, p113-128., Set/Nov 2019.

BARCELOS, T. S; et al. Análise interdisciplinar da questão mineral e suas barragens de rejeito. **DRd – Desenvolvimento Regional em Debate**, v. 9, p. 366-386, 2019.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Comissão parlamentar de inquérito: rompimento da barragem de Brumadinho – relatório final da CPI, 2019. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/internet/comissoes/cpi/cpibruma/RelatorioFinal.pdf> ... Acesso em: 17 dez. 2019.

CECHIN, Andrei Domingues; VEIGA, José Eli da. A economia ecológica e evolucionária de Georgescu-Roegen. **Rev. Econ. Polit.**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 438-454, Sept. 2010a.

CECHIN, Andrei Domingues; VEIGA, José Eli da. O fundamento central da economia ecológica. In: MAY, Peter H (Org). **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010b.

DALY, H. E; COOB, J. B. **For the common good: redirecting the economy towards community, the environment, and a sustainable future**. Boston: Beacon Press, 1989.

DALY, Herman; FARLEY, Joshua. **Economia ecológica**. São Paulo: Annablume Cidadania e Meio Ambiente, 2016.

DAVIES, Michael.; MARTIN, Todd. Mining Market Cycles and Tailings Dam Incidents. In: 13th International Conference on Tailings and Mine Waste, Banff, AB, 2009. Disponível em: <https://docplayer.net/14797608-Mining-market-cycles-and-tailings-dam-incidents.html>. Acesso: 17 de out, 2019.

ENRIQUEZ, Maria Amélia. Economia dos recursos naturais. In: MAY, Peter H (Org). **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

ESTON, S. M. d. A tragédia na mineradora em Mariana e os impactos ambientais/Entrevistador: M. Waldvogel. Entre Aspas (11/11/2015), 2015.

HARARI, Yuval Noah. **Sapiens: uma breve história da humanidade**. L&PM Editores, São Paulo/SP, 2015.

HOWARTH, R. B.; NORGAARD, R. B. Intergerational choices under global environmental change. In: BROMLEY, D. W (org). **Handbook of environmental economics**, Oxford, Blackwell, 1995.

IBAMA. **Relatório Acidentes Ambientais 2016**. Brasília: IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2016.

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. **Gestão de manejo de rejeitos da mineração**. Brasília: IBRAM, 2016.

IMF. International Monetary Fund. Disponível em: <http://imf.org/en/Data>. Acesso em: 12 de jan, 2020.

ITC. Trade Map: trade statistics for international business development. Disponível em: <http://www.trademap.org/> Acesso: 12 de jan, 2020.

MANSUR, WANDERLEY, et al. Antes fosse mais leve a carga: introdução aos argumentos e recomendações referente ao desastre da Samarco/Vale/BHP Billiton. In: Trocate, C (org) e Zonta, C (org). **A questão mineral no Brasil. Antes fosse mais leve a carga: reflexões sobre o desastre da Samarco/Vale/BHP Billiton**. Marabá, PA. Editorial Iguana, 2016.

MILANEZ; SANTOS e MANSUR. A firma e suas estratégias corporativas no pós-boom das commodities. In: Trocate, C (org) e Zonta, C (org). **A questão mineral no Brasil. Antes fosse mais leve a carga: reflexões sobre o desastre da Samarco/Vale/BHP Billiton**. Marabá, PA. Editorial Iguana, 2016.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. Economia ou economia política da sustentabilidade. In: MAY, Peter H (Org). **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
SÁNCHEZ, L.E., Alger, K., Alonso, L., Barbosa, F., Brito, M.C.W., Laureano, F.V., May, P., Roeser, H., Kakabadse, Y. **Os impactos do rompimento da Barragem de Fundão**. O caminho

para uma mitigação sustentável e resiliente. Relatório Temático no 1 do Painel do Rio Doce. Gland, Suíça: UICN, 2018.

SAES, Beatriz Macchione, **Comércio ecologicamente desigual no século XXI**: evidências a partir da inserção brasileira no mercado internacional de minério de ferro. Tese de doutoramento – Campinas, SP: 2017.

SANTOS, Milton. **Por uma Geografia Nova**: da crítica da geografia a uma geografia crítica. 6º edição – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo – EDUSP, 2012.

SANTOS, Milton. **Espaço e Método**. 5º edição – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo – EDUSP, 2014.

SANTOS, Milton. **A natureza do Espaço**. 4º edição – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo – EDUSP, 2017.

TROCATE, Charles; ZONTA, Márcio. **A questão mineral no Brasil. Antes fosse mais leve a carga**: reflexões sobre o desastre da Samarco/Vale/BHP Billiton. Marabá, PA. Editorial Iguana, 2016.

VEIGA, Fernando Cesar; MAY, Peter H. Mercados para serviços ambientais. In: MAY, Peter H (Org). **Economia do meio ambiente**: teoria e prática. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e pelo Núcleo de Estudos em Sustentabilidade e Gestão Ambiental (NESGA/UNIFESSPA).