

A exploração de minérios no Brasil à luz das teorias da escolha racional e dos jogos

The exploration of miners in Brazil in the light of rational choice and games theories



Gabriela Eulalio De Lima¹

Universidade de Marília – UNIMAR

E-mail: gabrielaeulalio.adv@hotmail.com

Resumo: Partindo da análise do vigente modelo constitucional brasileiro, vê-se que o constituinte deu uma importância capital aos direitos e garantias fundamentais, a ponto de destacá-los em outros títulos da Carta da República, é o que se observa da ordem econômica e financeira. Entretanto, o que vem se despontando em variados setores do mercado brasileiro são falhas consideráveis no seu desenvolvimento que têm repercutido em consequências funestas e incertas a toda sociedade. E para uma reflexão mais detida, neste artigo será maturada a exploração de minérios no Brasil, que lamentavelmente tem marcado a história com devastações socioambientais que vão na contramão do artigo 170 do Texto Maior. Para tanto, a pesquisa analisará a exploração de minérios à luz das teorias da escolha racional e dos jogos, de modo a compreender o problema levantado, reportando que todos os “jogadores”, agentes econômicos e sociais, bem como o Estado, podem sistematizar seus comportamentos de forma cooperada, comprometendo-se a se engajarem para que a extração

¹ Doutoranda e Mestre em Direito, com a área de concentração Empreendimentos Econômicos, Processualidade e Relações Jurídicas pela Universidade de Marília – UNIMAR (2016). Especialista em Direito Material e Processual do Trabalho pelo Centro Universitário de Rio Preto – UNIRP (2015). Graduada em Direito pela Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, campus de Frutal (2010). Autora do livro “O Consumo Colaborativo no Contexto da Sociedade Líquida: uma análise sociológica, econômica e jurídica” (2017). Coordenadora e Docente Superior de curso de graduação em Direito. Associada do Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito – CONPEDI desde 2014. Editora de Seção na Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, área de conhecimento Direito. Avaliadora de manuscritos submetidos a Revista de Direito da Cidade – Qualis A1, a Revista da Faculdade Mineira de Direito PUC Minas – Qualis A1, a Revista da Faculdade de Direito da UFG – Qualis A2 e a Revista Brasileira de Sociologia do Direito – Qualis B1. Advogada regularmente inscrita na OAB/MG n.º 138.790, desde 2012. Bolsista na qualidade de pesquisadora, pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, com o trabalho de iniciação científica “Dignidade da Pessoa Humana sob a Incumbência do Estado” (2009/2010). E-mail: gabrielaeulalio.adv@hotmail.com. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4766334186453112>. Orcid: <http://orcid.org/0000-0003-2319-8390>.

de minérios seja deveras compromissada com a economia, meio ambiente e o contexto social. Na abordagem, o método utilizado foi o dedutivo, tendo como base a pesquisa descritiva, explicativa, bibliográfica e documental.

Palavras-chave: Desenvolvimento econômico; Existência digna; Exploração de minérios; Teoria da escolha racional; Teoria dos jogos.

Abstract: Based on the analysis of the current Brazilian constitutional model, it can be seen that the constituent has given paramount importance to the fundamental rights and guarantees, to the point of highlighting them in other titles of the Letter of the Republic, as can be seen in the economic and financial order. However, what has been emerging in various sectors of the Brazilian market are considerable flaws in their development that have led to dire and uncertain consequences for society as a whole. And for a more detailed reflection, this article will mature the exploitation of minerals in Brazil, which unfortunately has marked history with socio-environmental devastation that goes against article 170 of the Constitution. To this end, the research will analyze the exploitation of minerals in light of the theories of rational choice and games, in order to understand the problem raised, reporting that all “players”, economic and social agents, as well as the State, can systematize their behaviors in a cooperative manner, committing themselves to engage so that the extraction of minerals is truly committed to the economy, the environment and the social context. The approach used was the deductive method, based on descriptive, explanatory, bibliographic and documental research.

Keywords: Economic development; The existence of a dignified; Exploitation of the minerals; The Theory of rational choice; Game theory.

Data de submissão do artigo: Maio de 2022

Data de aceite do artigo: Setembro de 2022

Introdução

O Direito e a Economia lidam com problemas de organização, constância e eficiência no núcleo social. As suas linhas complementares de análise e de pesquisa não são simples e as suas metodologias diferem num contexto muito arguto, enquanto o Direito se manifesta através da hermenêutica, a Economia é caracterizada pelo empirismo. Se o Direito ambiciona ser justo, a Economia deseja ser científica; a crítica econômica se dá pelo custo e a jurídica se pela legalidade. Esses e outros paradoxos tornam o diálogo teórico inevitavelmente agitado.

Essa turbulência não deveria granjear vulto demasiadamente contraditório em solo brasileiro, isso considerando o disposto na Constituição da República, que, quando fez grifar o título da ordem econômica e financeira, apresentou ao intérprete e aos próprios agentes econômicos e sociais que o desenvolvimento daquela exigia a destreza de contemplarem as confluências de ambas as tradições – Direito e Economia –, reclamando que fosse desenvolvida uma ordem econômica destinada a alcançar os ditames da justiça social em confluência dos princípios elencados no artigo 170.

O fato é que o supradito modelo constitucional tem se deparado com reveses quando da configuração econômica e do contexto garantista dos direitos fundamentais. É o que se observa com destaque na atividade de exploração de minérios no Brasil que, com o lamentável histórico de falhas graves no seu desenvolvimento, tem repercutido em consequências danosas e arriscadas ao contexto social nacional, contrastando objetivos fundamentais da República Federativa do Brasil e princípios da ordem econômica.

A exploração de minérios no Brasil se revela atualmente uma atividade econômica contingente, consubstanciada em riscos variados e nos resultados catastróficos que foram despontados, repercutidos dos acontecimentos trágicos num pequeno espaço de tempo que protagonizou funestos resultados socioeconômicos. Fruto de uma exploração empresarial obstinada em altos ganhos econômicos, elevou as ordens econômica e social a uma gama de prejuízos socioambientais – como v.g., a perda de cente-

nas de vidas humanas (UOL: 2022; *n. p.*); a devastação do distrito de Bento Rodrigues e a infertilidade da região de Mariana para o desenvolvimento de espécies vegetais, dada a cobertura da lama e o empobrecimento em matéria orgânica (SANTOS: *s. d.*; *n. p.*); a contaminação do rio Paraopeba, um dos afluentes do rio São Francisco, tornando a água imprópria para o consumo humano, com a devastação de animais e plantas aquáticas, resultado da redução de oxigênio na água (WERNECK; RIBEIRO: 2019; *n. p.*) –, vindo a preocupar a sociedade e também o mercado.

Os eventos ocorridos no estado de Minas Gerais, o primeiro ocorrido em 5 de novembro de 2015, com o rompimento da barragem de rejeito de Fundão, localizada no subdistrito de Bento Rodrigues, a 35 quilômetros do município da cidade de Mariana; e o segundo, em 25 de janeiro de 2019, com o rompimento da barragem da Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho, município na zona metropolitana da capital mineira, Belo Horizonte, repercutiram em danos que nenhuma indenização será capaz de reparar com primazia, afinal, a atividade econômica ceifou vidas, maculou o meio ambiente de uma forma catastrófica e derrocou parte significativa da história das pessoas e dos lugares atingidos.

Desta feita, considerando o disposto no Texto Constitucional e os episódios supraditos, percebe-se que a relevância acadêmica da proposta desta pesquisa é imperiosa, conquanto o decurso temporal das grandes catástrofes, percebe-se que o problema social identificado ainda permanece e demanda soluções eficientes. O tema escolhido, portanto, terá por objetivo precípuo destacar o quanto pode ser irracional a exploração de minério, a ponto de contrariar preceito constitucional, no tocante à segurança jurídica, de se cumprir a finalidade da ordem econômica de assegurar a todos uma existência digna.

As circunstâncias envoltas na atividade de extração do minério, contudo, não se restringem às catástrofes socioambientais de Mariana e Brumadinho, isso considerando o número de mais de 3 mil minas espalhadas em todo o território nacional (METSO OUTOTEC: 2020; *n. p.*), o que faz-se reconhecer tal atividade como proeminente para a economia nacional, mas que dada a sua exploração desajustada, vem se destacando como um petardo

destinado a suscitar riscos e problemas críticos, que vão além da razão meramente abstrata, carecendo da concepção a partir da realidade econômica vivida que se apresentam socialmente.

O *boom* mercadológico da atividade econômica, que consiste na exploração de minérios, conduz o estudo e o debate à recomendação de soluções evolucionistas e volvidas na atuação de todos os agentes, validando, como tese para essa celeuma, a utilidade da teoria da escolha racional e da teoria dos jogos a fim de aclarar a complexidade dos processos de ação e decisão num plano coletivo. Ou seja, não racionalizando a responsabilidade apenas das empresas, mas ponderando também a participação do Estado e dos consumidores – diretos e/ou indiretos – dos minérios extraídos.

A construção desta pesquisa orienta-se por meio do método dedutivo de pesquisa relacionado ao racionalismo do problema (GIL: 2008; p. 9-10), legitimando a construção científica a partir de teorias e de preceitos sociais e econômicos, com vias a aproximar as bases lógicas da tese sugerida como propensa solução para a problemática levantada. Referindo-se ao método de investigação, o alicerce do trabalho será bibliográfico e documental.

A atividade da mineração enquanto potência econômica

De pronto cabe esclarecer que a atividade da mineração é abalizada como um importante e potente suporte financeiro e econômico para o desenvolvimento do Brasil, a considerar o seu valor atual e histórico em solo nacional. O próprio Instituto Brasileiro de Mineração, nos estudos dedicados a atividade, consagra-a um dos setores básicos da economia nacional (IM: 2020).

Historicamente, o Brasil é marcado por ser um país rico em minerais e tem na exploração da atividade de mineração um dos principais influentes que colaboraram na ocupação do seu território desde a chegada da corte portuguesa ao Brasil com a procura pelo ouro (SOBREIRA; FONSECA: 2001; p. 5). No século XVIII, a exploração contribuiu expressivamente para o desbravamento das terras tupiniquins, com as expedições denominadas de entradas e bandeiras, cuja a finalidade era a de investigar o interior do ter-

ritório em busca de metais valiosos e pedras preciosas (STRAUCH, *et al.*: 2011; p. 137).

No Brasil Colônia, a mineração despontou com forte influência, o ouro encontrado no país foi levado para Portugal e gerou lucro até para a Inglaterra, que teria financiado a Revolução Industrial com parte das riquezas arrancadas das colônias portuguesas em solo brasileiro; da riqueza raiada da extração de ouro na época, surgiu uma nova classe consumidora no Brasil Colônia, a classe média, fazendo com que a extração de minérios estivesse associada até com os fenômenos sociais – em maior ou menor grau –, interferindo sobremaneira nas questões de crescimento e de desenvolvimento da Nação brasileira (STRAUCH *et al.*: 2011; p. 120).

As riquezas naturais fizeram do Brasil um dos maiores produtores de minério no mundo (FARIA *et al.*: 2021; p. 4). A influência econômica da exploração de minérios em 2021 alcançou uma produção de 1,150 bilhão de toneladas, contabilizando um aumento de 7% (sete por cento) em relação ao ano de 2020. O faturamento do setor em 2021 chegou a R\$ 339 bilhões, um avanço de mais de 62% (sessenta e dois por cento) do ano anterior (GANDRA: 2022; *n. p.*) e no primeiro trimestre de 2022 já contabiliza R\$ 56,2 bilhões (IBRAM: 2022; *n. p.*).

Os números supracitados fazem da exploração de minério uma operação colossal para a economia nacional, cujo o valor no mercado é inegavelmente distinto para o vigor desenvolvimentista do aspecto econômico, além de ser a matéria-prima responsável para a produção de variados produtos no mercado de consumo. O ferro é indicado como a principal matéria-prima na constituição do aço, que é encontrado nos automóveis, nas estruturas civis, nas máquinas e nos eletrodomésticos em geral (LOPES: 2006; p. 47). O lítio já é explorado por estrangeiros no Brasil para a produção de carros elétricos, já que é a partir desse elemento que se viabiliza a fabricação das baterias desse tipo de veículo, chamado de “petróleo branco” (PRIORI: 2019). O tântalo é responsável pela maior durabilidade das baterias de aparelhos móveis, portanto, é um elemento essencial para a indústria eletrônica. E o Brasil é responsável por 14% (quatorze por cento) da sua produção mundial, dono de 61% (sessenta e um por cento) das reservas do minério

em todo o planeta (BRENTANO: 2011). Esses são apenas alguns dos vários exemplos que poderiam ser elencados sobre a importância da atividade da mineração para o contexto socioeconômico.

Os dados do setor marcam um cenário positivo para o desenvolvimento econômico brasileiro, entretanto, sem embargo da dilatada importância econômica da atividade para o país, percebe-se que a exploração dos recursos naturais tem provocado impactos socioambientais sem precedentes (ESPOSITO; DUARTE: 2010; p. 394). Vê-se assim que os incentivos para a atividade de exploração de minérios são míopes, já que as empresas atuantes na exploração mineral estão obstinadas na maximização dos seus lucros; e os consumidores, sejam eles diretos e/ou indiretos no mercado de consumo, aproveitam-se dos elementos extraídos, tendenciosos à busca das próprias necessidades e desejos. Essa análise desponta uma noção equivocada de equilíbrio dos agentes econômicos e sociais, lesionando a segurança jurídica da existência digna garantida para o desenvolvimento da ordem econômica nacional, debate que será construído na seção seguinte, em que se abordará a atividade econômica da exploração de minérios e os riscos envidados à dignidade humana.

A exploração de minérios e a insegurança da existência digna

Por haver uma ampla formatação normativa voltada para o setor, composta por leis distintas (IBRAM: 2022) e pelo dispositivo constitucional², poder-se-ia dizer que há um arcabouço protecionista considerável e que o Brasil não teria razões para temer e/

2 Art. 176. As jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União, garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra.

§ 1º A pesquisa e a lavra de recursos minerais e o aproveitamento dos potenciais a que se refere o “caput” deste artigo somente poderão ser efetuados mediante autorização ou concessão da União, no interesse nacional, por brasileiros ou empresa constituída sob as leis brasileiras e que tenha sua sede e administração no País, na forma da lei, que estabelecerá as condições específicas quando essas atividades se desenvolverem em faixa de fronteira ou terras indígenas (Redação dada pela Emenda Constitucional nº 6, de 1995).

§ 2º É assegurada participação ao proprietário do solo nos resultados da lavra, na forma e no valor que dispuser a lei.

§ 3º A autorização de pesquisa será sempre por prazo determinado, e as autorizações e concessões previstas neste artigo não poderão ser cedidas ou transferidas, total ou parcialmente, sem prévia anuência do poder concedente.

§ 4º Não dependerá de autorização ou concessão o aproveitamento do potencial de energia renovável de capacidade reduzida.

ou padecer com resultados da sua exploração. Destaque para o artigo 170 e seguintes da Carta Magna³ que apresentam o Estado como um agente normativo e regulador das atividades econômicas, sendo o seu dever aplicar o Direito sob as astúcias de exigir não apenas a averiguação dos fatos pretéritos para determinar a incidência de regras, mas também para materializar juízos probabilísticos sobre eventos futuros, buscando com isso concretizar os fins jurídicos consubstanciados em princípios de direito (SALAMA: 2017; p. 9). A realidade, entretanto, se manifesta contrária ao contexto vigente da ordem econômica e financeira constitucional.

O fato é que apesar do amplo contexto normativo em que gravita a atividade da exploração de minérios no Brasil e da atuação mais presente do Ministério Público para o cumprimento das leis, a situação de vulnerabilidade socioambiental ainda é acentuada, resultando em desassossego público (SILVA; SOUZA: 2012; p. 3).

O desastre na barragem de mineração da Samarco, ocorrido em 2015, trouxe reflexões como que:

Ao longo do século XX e, mais particularmente, nos últimos 50 anos a exposição das pessoas aos riscos de desastres vem crescendo no Brasil e no mundo mais rapidamente do que as capacidades de redução da vulnerabilidade, resultando em intensos e extensos (no tempo e no espaço) impactos. Nesta perspectiva, o desastre da Samarco deve ser compreendido não como uma excepcionalidade, mas sim como parte dos custos humanos, sociais e ambientais que esse tipo de desastre vem provocando no mundo. (FREITAS *et al.*: 2016; *n. p.*).

Contudo, como bem notado no estudo supradito, o Brasil não vivia um evento excepcional, o subprocurador-geral da República João Pedro Saboia Bandeira de Mello Filho, no dia 14 de fevereiro de 2019, emitiu parecer enviado ao Superior Tribunal de Justiça

³ Título VII: Da ordem econômica e financeira.

(STJ), vindo a defender que os indícios da fatalidade ocorrida em Brumadinho/MG naquele ano apontavam que a empresa envolvida no evento catastrófico privilegiou o lucro à segurança da sociedade, pois, ao construir a barragem que se rompeu, utilizou de técnica potencialmente perigosa, mas economicamente viável para a corporação (BOMFIM; PARREIRA: 2019; *n. p.*).

A atividade de extração de minérios envolve várias operações econômicas, com destaque para duas de máxima importância, a construção das barragens e as técnicas de armazenamento de rejeitos, cujo o conceito abrange o descarte de milhares de toneladas de diversos e variados materiais provenientes da exploração de minérios.

Desse modo, tem-se que as estruturas para a disposição desses rejeitos precisam ser raciocinadas seguramente, ou seja, carecem de planejamento e investimento, a começar da escolha do local e das análises geotécnicas do espaço físico, prevenindo com isso ações corrosivas que possam abrolhar tragédias em proporções gigantescas (LOPES: 2019).

Das técnicas reconhecidas para o armazenamento de rejeitos da atividade de extração de minérios, destacam-se (LOPES: 2019; *n. p.*):

- (i) Método de montante: o menos oneroso e o de menor segurança, isso porque possui uma alta velocidade de alçamento que facilita a operação e pode ser construído até mesmo em terrenos íngremes;
- (ii) Método de jusante: com variantes, possui dreno e dique, e os rejeitos inseridos nele são ciclados. Como principal vantagem, está a eficiência que indica um controle mais sensato sobre as superfícies freáticas, viabilizando a compactação da barragem como um todo e, com isso, traduzindo uma segurança mais robusta por seus controles mais pontuais;
- (iii) Método da linha de centro: é tido como o método de solução intermediária, necessita de uma drenagem efi-

ciente junto a uma contenção eficaz. É uma operação um pouco mais completa que deprecia investimentos financeiros mais vultuosos;

(iv) Disposição subterrânea: destinado a rejeitos de cunho permeável, alta rigidez e pouca compressibilidade. O método é recomendado para minérios que não possuem risco potencial ao meio ambiente, em razão da ameaça de contaminar águas e solos, por exemplo; e

(v) Disposição em pilhas controladas: esse método retira a água dos rejeitos, possibilitando reservá-los em colunas apropriadas e previamente mais adequadas. Há múltiplas vantagens nesse método, contudo, determinaria das empresas um alto investimento econômico para financiar as técnicas necessárias de construção e manutenção, além do treinamento adequado de pessoas para o manuseio.

Considerando os métodos escrutinados acima e os eventos catastróficos quanto ao rompimento das barragens de Mariana e Brumadinho, realça-se que, fatal e coincidentemente, ambas foram erguidas sob a mesma técnica, a de alteamento a montante. De menor custo para as mineradoras, acaba se tornando a mais comum para o depósito de rejeitos da mineração, a ponto de atingir o estado de Minas Gerais em outras 53 (cinquenta e três) barragens, das quais 27 (vinte e sete) são da propriedade da Empresa Vale S/A. O método de alteamento a montante, entretanto, é considerado por especialistas como obsoleto e de maior risco de rompimento (AE: 2020; *n. p.*).

Vê-se assim que, não obstante a importância da exploração de minérios para o desenvolvimento econômico brasileiro, o fato é que o Estado constitucional não consegue se sustentar apenas sob a viga econômica, que sequer é autossustentável. Toda sociedade perde e no final, ao invés de desenvolvimento, o cenário é de desenvolvimento e o saldo do rompimento da barragem de Brumadinho é rico em evidências: no contexto econômico, a Vale despencou 24% na bolsa de valores e perdeu R\$ 71 bilhões em valor de mer-

cado (G1, 2019, *n. p.*); no ambiental, o rio Paraopeba “escapou” sem vidas (VALENTE: 2019; *n. p.*); e no social, a cidade Brumadinho ainda tenta renascer da lama (BOMFIM; PARREIRA, 2019; *n. p.*), com um número total de 272 mortos (PRADO: 2022; *n. p.*).

Os danos, para tanto, são circunstanciados, até a cultura brasileira foi abalada. O acervo histórico-cultural mineiro – cidades, vilarejos, propriedades rurais, pontos turísticos, montes, montanhas, rios etc. foram atingidos –; o Instituto Inhotim⁴ – localizado na cidade de Brumadinho/MG – teve a sua visitação suspensa; e o rio São Francisco foi atingido pelos rejeitos, sendo contaminado por metais pesados. Além do risco de rompimento de outras barragens nas imediações de cidades históricas, a exemplo de Congonhas e de Ouro Preto, reconhecidas como patrimônio da humanidade e que estão situadas na zona de risco do Quadrilátero Ferrífero (VISITE MINAS: 2019).

Veja-se que as perdas já suportadas e os riscos elevados, que há na extração de minério brasileira, impõem maturar a atividade econômica em comento à luz do disposto no Texto Constitucional, com destaque para o artigo 170, que garante a livre iniciativa da ordem econômica, salvaguardando-se a segurança a todos de uma existência digna.

A dignidade da pessoa humana é tida como um dos fundamentos do Estado Democrático de Direito, preceituado no artigo 1º, III, sendo definida por Ingo Wolfgang Sarlet como sendo:

[...] qualidade intrínseca e distintiva de cada ser humano que o faz merecedor do mesmo respeito e consideração por parte do Estado e da comunidade, implicando, neste sentido, um complexo de direitos e deveres fundamentais que assegurem a pessoa tanto contra todo e qualquer ato

4 “O Instituto Inhotim é um museu de arte contemporânea e Jardim Botânico, localizado em Brumadinho (MG). Reconhecido como Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP) pelo Governo de Minas Gerais em 2008, o Inhotim é uma entidade privada, sem fins lucrativos, mantida com recursos de doações de pessoas físicas e jurídicas – diretas ou por meio das Leis Federal e Estadual de Incentivo à Cultura –, pela bilheteria e realização de eventos. Idealizado desde a década de 1980 pelo empresário mineiro Bernardo de Mello Paz, do solo ferroso de uma fazenda da região nasceu, em 2006, um dos maiores museus a céu aberto do mundo.” (INHOTIM. *Institucional*. Disponível em: <https://www.inhotim.org.br/institucional/sobre/>. Acesso em: 09 set. 2022).

de cunho degradante e desumano, como venham a lhe garantir as condições existenciais mínimas para uma vida saudável, além de propiciar e promover sua participação ativa e corresponsável nos destinos da própria existência e da vida em comunhão com os demais seres humanos. (SARLET: 2015; p. 70).

A definição do autor converge para a defesa apresentada neste artigo, traduzindo que todo e qualquer ato de cunho degradante e/ou desumano deve ser considerado, resguardado e punido pelo Estado, sobretudo, quando deve-se considerar o respeito e a segurança inerentes à própria condição humana (SARLET: 2015; p. 75). Nessa perspectiva, categoricamente, o Estado e todas as suas ordens – econômica e social – devem existir para a manutenção da pessoa humana e não o contrário, o ser humano é assim a finalidade e não o meio da atividade estatal.

Portanto, ao passo que a dignidade é elevada à qualidade de fundamento do Estado Democrático de Direito e de finalidade da ordem econômica, vê-se com diafanidade a sua força principiológica, incumbindo ao Estado o dever de garantir e promovê-la às pessoas nos aspectos individual e coletivo⁵.

La dignidad humana en la modernidad y también en este siglo XXI aparece en un contexto intelectual que arranca del tránsito a la modernidad, que ha superado avatares históricos y confrontaciones intelectuales y que se sitúa en lo que llamo el proceso de humanización y de racionalización que acompañan a la persona y a la sociedad en los diversos procesos de liberación, que conducen a la primera a la mayoría de edad y a la segunda a una organización bien ordenada que contribuye al desarrollo de las dimensiones de esa dignidad. La dignidad de la persona y la dignidad de la humanidad son dos aspectos de una misma

⁵ "A dignidade de cada pessoa é um *prius* em relação à vontade popular." (MIRANDA, Jorge. **Manual de Direito Constitucional - Tomo IV: Direitos Fundamentais**. 4. ed. Coimbra: Coimbra Editora, 2004, p. 200).

mentalidad, la del antropocentrismo y de la laicidad, dos coordenadas que encuadran todo el proceso. (PECES-BARBA: 2005; p. 25).

Tem-se assim que é de salutar relevância compreender a pujança da existência digna no desenvolvimento das atividades econômicas, que, segundo André Ramos Tavares, é impraticável compreender os objetivos da ordem econômica nacional apenas com base no artigo 170, colocando como imperativo recorrer à conexão dos artigos 1º, inciso III e 3º, inciso I, todos da Carta Política de 1988 (TAVARES: 2011; p. 130-131).

Marya Rosynete Lima sintetiza que “[...] é preciso levar em conta as exigências básicas do ser humano em concreto, indispensáveis para dar-lhe uma existência digna, bem como para proporcionar-lhe as condições de desenvolvimento das suas potencialidades” (LIMA: 1999; p. 213).

O constituinte elevou a existência digna a uma gravitação máxima, indicando que todos fazem *jus* ao direito a sua garantia, cuidando assim de um direito subjetivo que carece ser resguardado para se alcançar a realização efetiva da vida humana com dignidade, premissa que não pode ser obstaculizada nem mesmo pelo dilatado desenvolvimento econômico.

Dessarte, as falhas denotadas na relação entre Estado, empresas e sociedade consumidora, no destaque da proposta desta pesquisa, a exploração de minérios no Brasil, revelam que a condução da atividade econômica em comento vigora na contramão da sua finalidade constitucional, qual seja, a de assegurar a todos uma existência digna.

Tal problemática desponta na urgência de se racionalizar teses que, além de características acadêmicas, detenham atributos operáveis com propostas de soluções plausíveis, frente ao desenvolvimento econômico desenfreado da atividade de exploração de minérios. E para o estudo em questão, propõem-se relacionar o Direito a outras ciências, reconhecendo que a compreensão

jurídica pressupõe uma análise evolucionista, centrada na diversidade e na complexidade dos processos de mutação sociojurídica (SALAMA: 2008; p. 25).

Nessa condição, na sequência, o artigo irá abordar a fusão dos aspectos jurídicos às ciências da Economia e da Matemática, com destaque para a utilidade da “Teoria da Escolha Racional” e da “Teoria dos Jogos” – que fundamentalmente se complementam –, de modo a buscar compreender a complexidade dos processos de ação e de decisões dos agentes econômicos no desenvolvimento da atividade da mineração.

O alcance das teorias da escolha racional e dos jogos para a exploração de minérios

Como ponto de partida de análise desta seção derradeira está o fenômeno da escassez⁶ e a finitude dos recursos econômicos, sociais, ambientais e culturais que, dada a conjuntura da qualidade de finitos, manifestam problemas urgentes que devem ser equacionados.

A preocupação com a finitude dos recursos e a exploração desmedida desses pelas pessoas motivou Thomas Robert Malthus, no final do século XVIII, a desenvolver a evidência da escassez na relação entre o crescimento populacional e a oferta de alimentos, na qual sendo a população maior do que a produção de alimentos, muitos indivíduos estariam sujeitos a morrer devido à escassez alimentar. O economista teorizou que esse fenômeno funcionaria através de verificações positivas (ou naturais) e preventivas. Essas inquirições resultaram na catástrofe malthusiana, reduzindo a população a um nível insustentável (MALTHUS: 1996; p. 13-17).

⁶ “A característica de escassez atribuída ao capital natural, que deve ser considerado tanto do ponto de vista de um de conjunto de ativos tangíveis (recursos naturais) como em sua dimensão de fornecedor de benefícios úteis para o bem-estar humano - os chamados serviços ecossistêmicos [...]” (ANDRADE, Daniel Caixeta; *et.al. From an empty to a full world: a nova natureza da escassez e suas implicações. Economia e Sociedade*, Campinas, v. 21, n. 3 (46), p. 695-722, dez. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ecos/a/NJr4rjkMLTFf5BQy4g3L75G/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 04 set. 2022.).

As conclusões extraídas da teoria malthusiana ainda hoje traduzem a necessidade de se refletir sobre o quão gravosos podem ser os resultados oriundos da escassez e da finitude dos recursos, por isso mesmo, refletir sobre comportamentos socioeconômicos agregados, isto é, envolvendo todos os utentes, sociedade, Estado e corporações. Faz-se necessário, para realizarem as suas ações de forma racional, que os três compartilhem um senso de responsabilidade quando da idealização das suas escolhas no mercado e na sociedade, auferindo daí soluções que ultrapassem os limites individualistas para uma reconfiguração máxima dos comportamentos em prol do coletivo.

Pois bem, para maturar acerca da problemática levantada nesta pesquisa, elegeu-se aplicar técnicas advinhas da teoria da escolha racional, originária da ciência Econômica, fruto dos trabalhos pioneiros de Anthony Downs, James Buchanan, Gordon Tullock, George Stigler e Mancur Olson. Ficou consagrada como uma teoria positiva em oposição às teorias normativas, uma vez que o seu objetivo está em desenvolver hipóteses antecipadas e viçosas para os cenários em que é aplicada (FEREJOHN; PASQUINO: 2001; p. 5-6).

Agir ou atuar racionalmente, segundo George Tsebelis, “[...] nada mais é que uma correspondência ótima entre fins e meios” (TSEBELIS: 1998; p. 33); assim, tem-se que seria a movimentação escolhida entre as melhores disponíveis para o indivíduo, que amiudadamente tem em mente, fatores das suas crenças e dos seus desejos.

Ao conduzir-se racionalmente, a pessoa estaria elevando ao máximo as suas prioridades e/ou as suas vontades, calcando o seu impulso no que acredita de forma particular. A racionalidade é assim a condição de consistência que sustenta a validade para todas as crenças, desejos e ações.

Como um objeto em si, a teoria da escolha racional denota a noção de que o comportamento humano teria fins instrumentais e, como esclarecido por Patrick Baert (1997; p. 2), trata-se de uma

teoria “[...] sociológica que se propõe a explicar o comportamento social [...] assumindo que as pessoas agem racionalmente”. Deste modo, ao se deparar com um conjunto de opções (oportunidades), cada indivíduo (agente representativo) escolhe tomar decisões que lhe pareçam mais adequadas para atingir os seus objetivos. Uma escolha racional significa uma vontade acendida a satisfazer esta, por isso, pressupõe-se que os indivíduos estão “maximizando as suas utilidades”⁷, independentemente de quais sejam (SALAMA: 2017; p. 17).

Como forma de abrangência dos fenômenos sociais e econômicos oriundos da exploração de minérios no Brasil, a teoria da escolha racional assume o posto de que o comportamento humano, orientado pelas suas diretrizes, pode em múltiplas ocasiões ser modelada e remodelada, demonstrando que os agentes econômicos diante situações com várias escolhas poderão optar por estratégias que maximizam seus resultados sem que, para tanto, seja preciso arriscar a ordem social. O modelo de decisão racional para essa atividade funcionaria em caráter de flexibilidade, orientando os seus agentes por meio de parâmetros capazes de melhorar as suas escolhas num sentido macro e não limitado ao lucro. A racionalidade⁸ implicaria em escolhas de qualidade a serem feitas, deprecando uma análise apropriada da exploração de minérios e das variáveis de riscos potencialmente predispostos à sociedade. Feito isso, aos agentes caberia selecionar a melhor alternativa e decidir, cumprindo assim sua função administrativa, a tomada de decisão.

Presume-se que o agente econômico racional, no ciclo da operação da atividade de exploração de minérios, seria capaz de considerar o contexto de informações disponíveis sobre o tema,

7 “[...] todo comportamento humano se reduz a tentativas racionais e calculadas de maximizar os lucros ou a utilidade; e a maximização dos lucros reduz-se, com frequência, meramente, a uma forma indireta de maximização da utilidade (embora, como veremos, a palavra utilidade seja, às vezes, evitada, usando-se, em seu lugar, um sinônimo como ‘ordenamento de preferências’)” (HUNT, E. K.; LAUTZENHEISER, M. *História do Pensamento Econômico: uma perspectiva crítica*. Traduzido por André Arruda Villela. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013, p. 290-291).

8 “Como contraponto à decisão tomada pelo conhecimento comum, há a racionalidade, que pressupõe que estas sejam tomadas de modo que abranjam todos os aspectos que dizem respeito à tomada de decisão por parte do agente, incluindo a disponibilidade de informações sobre todas as alternativas possíveis. É também dita racional qualquer decisão que possui em seu bojo a maximização de objetivos e minimização do ambiente de incerteza e risco.” (RIBEIRO, Roberto Rivelino Martins *et al.* A racionalidade e processo decisório: algumas reflexões teóricas. *Reflexão contábil*. v. 25, n. 1, Janeiro-Abril/2006, p. 15-24. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/Enfoque/article/view/3505>. Acesso em: 10 set. 2022, p. 16).

balanceado a importância das suas escolhas frente a sistemática das probabilidades de eventos catastróficos e os potenciais riscos para a existência digna, ajustando na determinação das suas escolhas e/ou das suas preferências, um dever ser, para que as ações sejam consistentemente na melhor escolha auto-determinada (MEIRELES: 2012; p. 17).

No que atine a teoria dos jogos, trata-se de “[...] uma teoria matemática que trata das características gerais de situações competitivas [...] ela coloca particular ênfase nos processos de tomada de decisão dos jogadores.” (HILLIER; LIEBERMAN: 2006; p. 641). Tem por premissa considerar interações dinâmicas entre indivíduos que buscam maximizar os seus resultados, mas o fazem considerando as expectativas de decisões dos outros indivíduos com os quais interage (SARTINI: 2004; p. 1). Destarte, a teoria se materializa por força da matemática formal dentro de situações (jogos), que traduzem, em sua essência, conflitos de interesses, descrevendo interações opostas. Mas, para o desenvolvimento acontecer com fluidez, exige que o faça orientado por um conjunto de regras na direção de estratégias racionais “ótimas”, em contextos, cujos resultados estejam acoplados às táticas indicadas pelos outros jogadores (FERREIRA; FERREIRA: 2008; p. 7).

Para melhor compreender a dinâmica da teoria dos jogos, insta analisar o Equilíbrio de Nash⁹ e o *Ótimo* de Pareto¹⁰, que ponderam as suas habilidades de atuação sobre um jogo; e sobre este, pode-se considerar toda e qualquer circunstância em que haja ao menos dois jogadores e cada um deles detenha um conjunto de estratégias, cujas escolhas têm o objetivo de determinar o resultado do jogo, que pode ser variado, associado a uma gama de ganhos para os jogadores.

9 Oriundo das pesquisas do matemático norte-americano John Nash, que segundo destaque de Robert Pindyck e Daniel Rubinfeld é o: “Conjunto de estratégias ou ações em que cada empresa faz o melhor que pode em função do que suas concorrentes estão fazendo”. (PINDYCK, Robert S.; RUBINFELD, Daniel L. *Microeconomia*. 8. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013, p. 379).

10 Também conhecido de eficiência de Pareto, o conceito macroeconômico de Ótimo de Pareto foi desenvolvido pelo italiano Vilfredo Pareto, e é compreendido como “[...] só são ordenáveis - e, por extensão, comparáveis - em termos de bem-estar social aquelas alocações sociais em que a utilidade de pelo menos um indivíduo (ou agente econômico) varia, sem que a de qualquer outro indivíduo varie em direção oposta. Em outras palavras, por definição, não são comparáveis em termos de Pareto duas situações tais que a utilidade de alguém aumenta enquanto a de outrem diminui.” (POSSAS, Mario Luiz. Eficiência seletiva: uma perspectiva neo-Schumpeteriana evolucionária sobre questões econômicas normativas. *Revista de Economia Política*, v. 24, n. 1 (93), p. 77-99, janeiro-março/2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rep/a/JWP9J7b79vsfDZWm8bfGXvx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 set. 2022.).

“O dilema do prisioneiro”¹¹ é a referência dessa teoria, fruto de experiências realizadas por John Nash, Melvin Dresher e Merrill Flood, na corporação RAND no ano de 1950. História montada por Albert W. Tucker, teve por objetivo capital verificar se, diante situações análogas, a matriz do jogo, as pessoas envolvidas se comportariam segundo a previsão teórica inicial, ou seja, desertando mutuamente. Depois de repetirem o jogo por 100 (cem) rodadas, os idealizadores verificaram que ao invés de haver uma disposição para a estratégia da deserção, os jogadores optaram por trabalhar em cooperação uns com os outros (EPSTEIN: 1995; p. 156-157).

Acerca da alusão desenvolvida por John Nash, há uma ponderação de que a cooperação é uma atitude eventual e rara, justificável apenas dentro de uma linha convergente de estratégia individual dos agentes, que é pautada na análise da eficiência particularizada para cada um dos jogadores, vigorando uma lógica de Equilíbrio de Nash (SALOMÃO FILHO: 2008; p. 88-89).

Sob a estratégia de Ótimo de Pareto, o ideal seria uma combinação de estratégias pelos jogadores, apresentando-se como um conceito que sopesa a eficiência social, ou seja, procura traduzir resultados para o grupo de jogadores num corpo coletivo, diferenciando-se do Equilíbrio de Nash, que representa um conceito destinado à eficácia singular para cada um dos jogadores individualmente (FERREIRA; FERREIRA: 2008; p. 10).

Veja-se que, quando verificado o desenvolvimento da atividade de extração de minérios, sob a convergência das teorias dos jogos e da escolha racional, tem-se que àquela encontra-se assistida de requisitos justos para um diálogo de probabilidades de atuação pelos agentes econômicos e sociais, focado na cooperação. Isto é, em prol da efetividade da ordem econômica, mormente as estra-

11 “A expressão dilema do prisioneiro deriva de uma estória que era utilizada para ilustrá-la: Dois cúmplices são interrogados separadamente pela polícia. Apesar de serem considerados culpados de um crime grave (digamos, um latrocínio), a polícia não possui provas suficientes para indiciar qualquer dos dois. Têm, porém, provas para indiciá-los por um crime menor (porte de armas). As alternativas à disposição dos suspeitos A e B são: confessar [estratégia (1)], ou não confessar o crime mais grave [estratégia (2)]. Separados, não podem comunicar-se. Os resultados de tal estratégia são os seguintes: se ambos confessarem (1), terão sentenças pesadas, mas redutíveis devido a confissão, às quais atribuiremos o valor (-5); se um deles confessar, testemunhando contra o cúmplice, este terá sua pena agravada (-10) e o informante será libertado (4- 10). Se nenhum confessar, ambos só poderão ser condenados pelo crime menor (-2), valores estes obviamente arbitrários, e cuja significação é apenas relativa, de uns aos outros.” (EPSTEIN, Isaac. O dilema do prisioneiro e a ética. *Estudos Avançados*. 9 (23). Abr 1995. p. 149-163. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/yPtgt8LtqBSqYNP8zCWxVvy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 set. 2022).

tégias determinam o sentido pragmático da norma constitucional (LOPES: 2016; p. 63).

Assim sendo, afere-se como resultado sobre uma necessidade para que “os jogadores” atuem conscientemente no desempenho da atividade econômica em destaque, com o objetivo central de priorizar o disposto no Texto Constitucional. No tocante à eficácia dos exatos termos do artigo 170, subsidiando que os participantes deste jogo: agentes econômicos/mineradoras e sociais/consumidores e sociedade em geral, e o Estado, firmem regras mais eficientes para o “jogo” da extração de minérios, inspirando: (i) definição pelo Estado de metas para a modificação das barragens em todo o território nacional para métodos mais seguros de armazenamento de rejeitos; (ii) determinação para as mineradoras prestem de contas periodicamente das reais condições de como a atividade do minério está se desenvolvendo; (iii) incentivos estatais para as mineradoras desempenharem políticas privadas voltadas para as sociedades onde as minas estão instaladas; (iv) educação da sociedade para consumirem das empresas que realmente sejam sustentáveis e não apenas da perspectiva pura do capitalismo, mas também do contexto socioambiental; e com isso desmaterializar a noção inconcebível de que apenas “um jogador” obtenha das suas ações, resultados particularizados e a contento, em prejuízo à segurança jurídica da existência digna para toda a sociedade brasileira.

Considerações finais

Sem pretensão de apresentar arremates conclusivos e determinantes para o debate da exploração de minérios no Brasil, sobretudo sob o realce dos entraves havidos entre as relevâncias econômicas e os riscos da atividade para a existência digna, objetivamente, esta pesquisa propôs apresentar breves considerações, conforme notas a seguir.

Apesar de tratar-se de um tema viral, visado pela mídia nacional e internacional, o trabalho em tela amparou-se em técnicas científicas, norteado com as premissas metodológicas das teorias

da escolha racional e dos jogos (vertente do Ótimo de Pareto), com vias a buscar soluções possíveis e úteis para o problema levantado. Vê-se que afora as coberturas midiáticas momentâneas sobre as catástrofes de Mariana e Brumadinho, a verdade é que mineradoras, sociedade e o próprio Estado acabam se esquecendo que os resultados negativos da exploração de minério são persistentes, com potencial para expor não apenas naqueles momentos pontuais da história do país, os riscos da atividade que feriram a existência digna de todos nos anos de 2015 e 2019, mas que também seguem ameaçando as gerações do hoje e as do amanhã.

O viver da contrição dos flagelos e da necessidade de reparar o irreparável não irá resolver o problema, ao contrário, o desacautelar coopera para que as mineradoras perseverem com as suas práticas de ganância capitalista, persistindo em operar com as suas atividades na forma como melhor lhes aprouver, ou seja, sob conjunturas de alta economia e máximo risco social. A verdade é que, conquanto a relevância do desenvolvimento da atividade para a economia brasileira, esse não deve comprometer a existência digna das gerações presentes e futuras.

Deste modo, a validação do valor das teorias aqui versadas buscou apresentar soluções para direções confluentes, ou seja, em zonas de completitude, tendentes a contribuir com a sociedade diante os cenários de medo, perturbação e incertezas, postas as possibilidades de se sistematizar melhor e/ou aperfeiçoar do “jogo” da atividade da exploração de minérios com a orientação do comportamento dos agentes econômicos e sociais, e o Estado, todos operando de forma cooperada. O comprometimento estatal não se restringe a apenas editar leis ou dispor de mecanismos para executá-las, mas, sobretudo, a reclamar das mineradoras ações primevas e habituais sobre o desenvolvimento da atividade, além de educar a sociedade para ser o filtro catalizador das empresas deveras compromissadas com a economia, meio ambiente e o contexto social.

Logo, políticas públicas focalizadas na difusão do conhecimento do alcance e dos riscos do *modus operandi* da atividade da exploração de minérios no Brasil e do funcionamento da engrenagem

econômica constitucional são mais eficazes do que a confecção de novas leis, de competência estadual ou federal. O Estado brasileiro, mundialmente, é notado por ter um sistema legal dos mais robustos, contudo, a máquina legislativa política não é, no todo, eficaz, funcionando mais como medida paliativa, preocupada em sanar o foco midiático e o clamor público momentâneo.

Por derradeiro, sendo a Constituição Cidadã um dos textos mais consistentes em direitos e deveres, a existência digna, grifada no *caput* do artigo 170, é necessário e precisa de mecanismos autênticos para garantir a segurança da existência digna a todos, a fim de resguardar a pujança do princípio matriz da dignidade da pessoa humana.

Referências bibliográficas

AE. Barragens que ruíram em Brumadinho e Mariana tinham modelo ultrapassado. **Diário de Pernambuco**. Disponível em: http://www.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/brasil/2019/01/29/interna_brasil,775543/barragens-que-ruiram-em-brumadinho-e-mariana-tinham-modelo-ultrapassad.shtml. Acesso em: 17 fev. 2020.

ANDRADE, Daniel Caixeta *et al.* From an empty to a full world: a nova natureza da escassez e suas implicações. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 21, n. 3 (46), p. 695-722, dez. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ecos/a/NJr4rjkMLTff5BQy4g3L75G/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 04 set. 2022.

BAERT, Patrick. Algumas limitações das explicações da escolha racional na ciência política e na sociologia. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**. v. 12, n. 35. Out. 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcsoc/a/3HG9jFmbwFcwhV4MJncjLM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 set. 2022.

BOMFIM, Camila; PARREIRA, Marcelo. Para MPF, tudo indica que Vale privilegiou lucro em vez de segurança ao construir barragem. **G1**. Disponível em: https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/02/14/tudo-indica-que-vale-privilegiou-a-lucratividade-em-detrimento-da-seguranca-diz-mpf-em-parecer.ghtml?utm_source=facebook&utm_medium=social&utm_campaign=g1&utm_content=post. Acesso em: 17 fev. 2020.

BRASIL, Governo do. **Desempenho do setor mineral em 2020 supera expectativas**. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2021/02/desempenho-do-setor-mineral-em-2020-supera-expectativas#:~:text=Entre%20os%20tributos%2C%20a%20Compensa%C3%A7%C3%A3o,6%2C1%20bilh%C3%B5es%20em%202020>. Acesso em: 27 maio 2022.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em 13 fev. 2020.

BRENTANO, Laura. Em mina que produz elemento base para celular, aparelhos não funcionam. **G1**. Disponível em: <http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2011/05/em-mina-que-produz-elemento-base-para-celular-aparelhos-nao-funcionam.html>. Acesso em: 17 fev. 2020.

EPSTEIN, Isaac. O dilema do prisioneiro e a ética. **Estudos Avançados**. 9 (23). Abr 1995. p. 149-163. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/yPtgt8LtqBSqYNP8zCWxVvy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 set. 2022.

ESPOSITO, Terezinha de Jesus; DUARTE, Anderson Pires. Classificação de barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais em relação a fatores de risco. **Rem**: Revista Escola de Minas. Ouro Preto, v. 63, n. 2, p. 393-

398, June 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0370-44672010000200026>. Acesso em: 05 set. 2022.

FARIA, Gabriel Henrique da Cruz, *et. al.* Potencial de atuação da engenharia nos rejeitos sólidos de mineração no Brasil. **Revista de Casos e Consultoria**, v. 12, n. 1, e24041, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/casoseconsultoria/article/download/24041/13921/79645>. Acesso em 05 set. 2022.

FEREJOHN, John; PASQUINO, Pasquale. A teoria da escolha racional na ciência política: conceitos de racionalidade em teoria política. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 16, n. 45. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcsoc/v16n45/4328.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2020.

FERREIRA, Fernanda A.; FERREIRA, Flávio. Equilíbrio de Nash *versus* Ótimo de Pareto: racionalidade individualista *versus* racionalidade altruísta. **Gazeta de matemática**. Caderno_1_AFz, Agosto de 2008. Disponível em: <http://gazeta.spm.pt/getArtigo?gid=206>. Acesso em: 29 fev. 2020.

FREITAS, Carlos Machado de Freitas, *et. al.* O desastre na barragem de mineração da Samarco - fratura exposta dos limites do Brasil na redução de risco de desastres. **Ciência e Cultura**. v. 68, n. 3, São Paulo, July/Sept. 2016. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252016000300010. Acesso em: 07 set. 2022.

G1. Vale despenca na bolsa e perde R\$ 71 bilhões em valor de mercado; Ibovespa fecha em queda. **Economia**. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/01/28/bovespa-cotacao-28012019.ghtml>. Acesso em: 17 fev. 2020.

GANDRA, Alana. Produção do setor mineral cresce 7% em 2021 e faturamento aumenta 62%: o faturamento global do setor atingiu R\$ 339 bilhões. **Agência Brasil**. Disponível em: <https://agencia->

brasil.ebc.com.br/economia/noticia/2022-02/producao-do-setor-mineral-cresce-7-em-2021-e-faturamento-aumenta-62. Acesso em: 05 set. 2022.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald L. **Introdução à pesquisa operacional**. 8. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

Hunt, E.K.; Lautzenheiser, Mark. **História do Pensamento Econômico**: uma perspectiva crítica. Traduzido por André Arruda Villela. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013, p. 290-291.

IBRAM. Portal da Mineração. **Dados econômicos trimestrais**. Disponível em: <https://ibram.org.br/mineracao-em-numeros/>. Acesso em: 05 set. 2022.

IBRAM. Portal da Mineração. **Leis ambientais**. Disponível em: <https://www.ibram.df.gov.br/leis-ambientais/>. Acesso em 05 set. 2022.

IM, Instituto Minare. **Qual a importância da mineração para a economia do país?** Disponível em: <https://institutominere.com.br/blog/qual-a-importancia-da-mineracao-para-a-economia>. Acesso em: 14 fev. 2020.

INHOTIM. **Institucional**. Disponível em: <https://www.inhotim.org.br/institucional/sobre/>. Acesso em: 09 set. 2022.

LIMA, Maria Rosynete Oliveira de. **Devido processo legal**. Porto Alegre: Sérgio Antônio Fabris, 1999.

LOPES, José Reinaldo de Lima. **Direitos sociais**: teoria e prática. São Paulo: Método, 2006.

LOPES, Marcos. O minério de ferro no Brasil: História, maiores empresas e mercado! **Técnico e Mineração**. Disponível em: <https://tecnicoemineracao.com.br/minerio-de-ferro-no-brasil/>. Acesso em: 17 fev. 2020.

LOPES, Marcos. Técnicas de disposição de rejeitos na mineração. **Técnico e Mineração**. Disponível em: <https://tecnicoemineracao.com.br/tecnicas-de-disposicao-de-rejeitos/>. Acesso em: 17 fev. 2020.

MALTHUS, Thomas Robert. **Princípios de economia política e considerações sobre sua aplicação prática**: ensaio sobre a população. Traduções de Regis de Castro Andrade, Dinah de Abreu Azevedo e Antonio Alves Cur. São Paulo: Editora Nova Cultural, 1996.

MEIRELES, Fernando. Teoria da escolha racional: limites e alcances explicativos. **Caos – Revista Eletrônica de Ciências Sociais**. João Pessoa, número 22: 52-61, dezembro 2012.

MIRANDA, Jorge. **Manual de Direito Constitucional - Tomo IV: Direitos Fundamentais**. 4. ed. Coimbra: Coimbra Editora, 2004.

PECES-BARBA MARTÍNEZ, Gregorio. Reflexiones sobre la evolución histórica y el concepto de dignidad humana. *In.*: ALMOGUERA CARRERES, Joaquín, *et al.* (org.). **Desafíos actuales a los derechos humanos**: la violencia de género, la inmigración y los medios de comunicación. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid /Editorial Dykinson, 2005, p. 15-36.

PINDYCK, Robert S.; RUBINFELD, Daniel L. Microeconomia. 8. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

POSSAS, Mario Luiz. Eficiência seletiva: uma perspectiva neo-Schumpeteriana evolucionária sobre questões econômicas normativas. **Revista de Economia Política**, v. 24, n. 1 (93), p. 77-99,

janeiro-março/2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rep/a/JWP9J7b79vsfDZWm8bfGXvx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 set. 2022.

PRADO, Filipe. Tragédia de Brumadinho faz 3 anos de impunidade e falta de fiscalização. **Isto É Dinheiro**. 25/01/22. Disponível em: <https://www.istoedinheiro.com.br/tragedia-de-brumadinho-faz-3-anos-de-impunidade-e-falta-de-fiscalizacao/>. Acesso em: 09 set. 2022.

PRIORI, Nelson. Só estrangeiros exploram a mineração de lítio no Brasil. **Monitor Mercantil**. Disponível em: <https://monitordigital.com.br/s-estrangeiros-exploram-a-minera-o-de-l-tio-no-brasil>. Acesso em: 17 de fev. 2020.

RIBEIRO, Roberto Rivelino Martins *et al.* A racionalidade e processo decisório: algumas reflexões teóricas. **Reflexão contábil**. v. 25, n. 1, Janeiro-Abril/2006, p. 15-24. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/Enfoque/article/view/3505>. Acesso em: 10 set. 2022.

SALAMA, Bruno Meyerhof. **Estudos em direito & economia: micro, macro e desenvolvimento**. 1. ed. Curitiba: Editora Virtual Gratuita, 2017.

SALAMA, Bruno Meyerhof. O que é pesquisa em direito e economia. **Cadernos Direito GV**, v. 5, p. 4-58, 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10438/2811>. Acesso em: 21 fev. 2020.

SALOMÃO FILHO. Calixto. **Regulação da atividade econômica: princípios e fundamentos jurídicos**. 2. ed. São Paulo: Malheiros, 2008.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos. Acidente em Mariana (MG) e seus impactos ambientais. **Uol Notícias**. *s.d.* Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/acidente-mariana-mg-seus-impactos-ambientais.htm>. Acesso em: 04 set. 2022.

SARLET, Ingo Wolfgang. **Dignidade da pessoa humana e direitos fundamentais na Constituição Federal de 1988**. 10. ed. ver. atual. e ampl. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2015.

SARTINI, Brígida Alexandre *et al.* Uma introdução a teoria dos jogos. **II Bienal da SBM**. Universidade Federal da Bahia. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~rvicente/IntroTeoriaDosJogos.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2020.

SILVA, Maria das Graças Souza e; SOUSA, Maria do Rosário Guimarães de. Itabira - Vulnerabilidade Ambiental: impactos e riscos socioambientais advindos da mineração em área urbana. **XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais**. Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil. 2012.

SOBREIRA, Frederico Garcia; FONSECA, Marco Antônio. Impactos físicos e sociais de antigas atividades de mineração em Ouro Preto, Brasil. **Revista Geotecnia**, n. 92, p. 5-27. 2001.

STRAUCH, Julia Célia Mercedes *et al.* Grandes mineradoras e a comunidade em Niquelândia, Goiás. **Recursos minerais & sustentabilidade territorial**. FERNANDES, Francisco Rego Chaves; ENRÍQUEZ, Maria Amélia Rodrigues da Silva; ALAMINO, Renata de Carvalho Jimenez (Eds.). Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2011.

TAVARES, André Ramos. **Direito constitucional econômico**. 3. ed. São Paulo: Editora Método, 2011.

TSEBELIS, George. **Jogos ocultos: escolha racional no campo da política comparada**. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1998.

VALENTE, Rubens. 'Não existe mais vida no rio Paraopeba', afirma secretário de Brumadinho. **Folha de São Paulo**. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2019/02/nao-existe->

-mais-vida-no-rio-paraopeba-afirma-secretario-de-brumadinho.shtml. Acesso em: 17 fev. 2020.

VISITE MINAS. **Quadrilátero ferrífero**. Disponível em: <http://www.visiteminas.com/quadrilatero-ferrifero/>. Acesso em: 19 fev. 2020.

WERNECK, Gustavo; RIBEIRO, Luiz. Rio São Francisco foi afetado por contaminação da barragem de Brumadinho. **Estado de Minas Gerais**. 23/03/2019. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2019/03/23/interna_gerais,1040345/rio-sao-francisco-foi-afetado-por-contaminacao-da-barragem-de-brumadin.shtml. Acesso em: 04 set. 2022.

UOL. Brumadinho, 3 anos: Quem são as 6 vítimas ainda desaparecidas da tragédia. **Uol Notícias**. São Paulo 25/01/2022. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2022/01/25/tragedia-de-brumadinho-completa-3-anos-com-6-desaparecidos-saiba-quem-sao.htm#:~:text=Na%20tragedia%20de%20Brumadinho%20foram%20mortos%20e%20atingiu%20mata%20de%20rios%20e%20comunidades>. Acesso em: 04 set. 2022.