

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB

FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE – FACE

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

LUCAS MIRANDA MORAES

**MONITORAMENTO DE BARRAGENS DE REJEITOS VIA RECEITA DAS
MINERADORAS**

BRASÍLIA

2019

LUCAS MIRANDA MORAES

**MONITORAMENTO DE BARRAGENS DE REJEITOS VIA RECEITA DAS
MINERADORAS**

Monografia apresentada ao Departamento de Economia da Universidade de Brasília como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Professor Doutor Pedro Henrique Zuchi da Conceição

BRASÍLIA, 15 DE JANEIRO DE 2019

LUCAS MIRANDA MORAES

**MONITORAMENTO DE BARRAGENS DE REJEITOS VIA RECEITA DAS
MINERADORAS**

Monografia apresentada como requisito parcial
à obtenção do grau de Bacharel Economia pelo
Departamento de Economia da Faculdade de
Economia, Administração e Contabilidade da
Universidade de Brasília – UnB.

Orientador: Professor Doutor Pedro Henrique
Zuchi da Conceição

BRASÍLIA, 15 DE JANEIRO DE 2019

BANCA AVALIADORA

Professor Dr. Pedro Henrique Zuchi da Conceição

Professora Dra. Milene Takasago

Resumo

Este trabalho apresenta um estudo acerca de um possível instrumento de monitoramento de barragens de rejeitos. O objetivo do instrumento é monitorar a receita bruta das mineradoras de modo a verificar se a produção de minérios está de acordo com a capacidade de armazenamento e suporte estipulado pelo projeto inicial ou o projeto em execução da barragem de rejeitos. Através da informação fornecida pelo minerador da receita e os preços das *commodities*, operando em bolsa de valores mundial, pôde-se rastrear a produção, e assim, confrontamos os dados com o valor máximo estabelecido pelo engenheiro responsável pelo projeto da barragem de rejeitos. Esse instrumento insere uma variável objetiva nos processos de decisões de fiscalizações e auditorias desestimulando que o minerador produza além da capacidade da infraestrutura da barragem para se beneficiar de macrocenários favoráveis ou de futuros incertos do mercado de minérios. Outro benefício importante da proposta é criar um instrumento de monitoramento à distância das estruturas que pode levar a uma maior eficiência nas auditorias e fiscalizações quando houver déficit de funcionários no órgão fiscalizador ou parcialidade de agentes em decisões subjetivas de fiscalizações.

Palavras-chave: Economia Mineral; Monitoramento; Barragem de rejeitos; Fiscalização.

Abstract

This paper presents a study about a possible instrument for monitoring tailings dams. The purpose of the instrument is to monitor the gross revenue of the miners in order to verify if the production of ores is in accordance with the storage and support capacity stipulated by the initial project or the project in execution of the tailings dam. Through the information provided by the revenue miner and commodity prices, operating on a worldwide stock exchange, we were able to track production, and thus, we compared the data with the maximum value established by the engineer responsible for the tailings dam project. This instrument inserts an objective variable into the audit and audit decision processes discouraging the miner from producing beyond the capacity of the dam's infrastructure to benefit from favorable macro-scenarios or uncertain future of the ore market. Another important benefit of the proposal is to create a tool for remote monitoring of structures that can lead to greater efficiency in audits and inspections when there is a shortage of staff in the oversight body or bias of agents in subjective inspection decisions.

Key words: Mineral Economy; Monitoring; Tailings dam; Supervision; Audit.

Sumário

Sumário	0
Capítulo 1 Introdução	1
Capítulo 2 Benefícios Econômicos da Mineração para o Brasil	4
2.1 Conjuntura Econômica do Setor Mineral Brasileiro – O impacto na Economia Internacional	4
2.2 Mercado de Trabalho no Setor Mineral Brasileiro	11
2.3 Setor Mineral e o Índice de Desenvolvimento Humano.....	13
2.4 Processo de Extração Mineral	14
Capítulo 3 Custos Socioambientais da Mineração para o Brasil	19
3.1 Externalidades	19
3.2 Correções de Externalidades Negativas	25
3.3 A tragédia da Samarco.....	27
3.4 Comportamento Corporativo de risco	31
3.5 Desenvolvimento Sustentável	38
3.6 A teoria Neoclássica da Poluição	39
Capítulo 4 Proposta de Monitoramento de barragens de rejeitos via receita das empresas mineradoras 42	
4.1 Objetivos	42
4.2 Metodologia	44
Capítulo 5 Conclusão	46
Referências Bibliográficas.....	48
Apêndice 1 Competitividade do Setor Mineral Brasileiro	52
Apêndice 2 <i>Royalties</i> da Mineração	61
Anexo	65

Capítulo 1 Introdução

A mineração é uma das atividades econômicas mais antigas do mundo. O Brasil, desde a sua descoberta e durante a sua formação, teve como uma das principais atividades econômicas a indústria extrativista mineral, principalmente a extração do ouro. Após alguns séculos, a mineração ainda se constitui um dos setores mais produtivos no Brasil e com ampla vantagem absoluta em diversos minérios a nível global.

O Setor Mineral Brasileiro aumentou em tamanho, capacidade e escala de produção. Desenvolveu-se e se modernizou para atender as demandas e se manter competitivo para com os demais países extrativistas. As mineradoras brasileiras se configuram como uns dos principais ofertantes de vários minérios no mercado mundial.

Juntamente com a magnitude da importância da mineração na economia brasileira, surgem grandes riscos socioambientais inerentes à atividade de minerar. O procedimento eficiente de extração de minério do solo ou subsolo gera muitos rejeitos. Esses rejeitos devem ser manejados, tratados e armazenados de forma correta para minimizar a probabilidade de dano decorrente do despejo na natureza, pois tais rejeitos são altamente danosos à saúde humana e ao meio ambiente.

A teoria microeconômica prevê que a firma maximizadora de lucros e minimizadora de custos irá agir conforme tais princípios e buscar a alocação ideal dos recursos escassos para atingir tais objetivos. No caso de uma mineradora, maximizar seus lucros e minimizar os custos pode trazer riscos graves à sociedade pelo fato de a firma não demandar recursos para áreas do processo produtivo que não trazem retorno econômico, como por exemplo, uma barragem de rejeitos. A minimização de custos pode fazer com que o minerador invista pouco em uma barragem de rejeitos, como na respectiva capacidade de armazenamento, manutenção e modernização, fazendo com que a capacidade produtiva seja maior do que a capacidade de contenção dos rejeitos.

Um exemplo notório de dano à sociedade ocorreu em 5 de novembro de 2015, com o maior desastre ambiental do Brasil: a tragédia em Mariana – MG. O rompimento da barragem de rejeitos de responsabilidade da empresa Samarco Mineração S.A liberou no leito do rio Doce, nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, milhões de metros cúbicos de rejeitos da extração de minério de ferro provenientes das minas da região.

O presente trabalho busca assim apresentar um instrumento para integrar a política de controle e fiscalização das barragens de rejeitos e de produção da mineradora a fim de inibir atos como a da produção excessiva, tendo em vista os limites de quantidade e volume de rejeitos previstos nos projetos de barragem. Esse instrumento é a inclusão de uma variável econômica como forma de monitorar e gerenciar a análise de riscos em barragens de rejeitos e alertar atos de excesso de produção, do ponto de vista de Poemas (2015) e Marshall (2017), foram um dos vários motivos que levaram ao rompimento da barragem da Samarco em Mariana – MG.

O trabalho se divide em 3 capítulos para que se demonstre que o Setor Mineral Brasileiro é fundamental para o desenvolvimento econômico do país, mas que existe um custo desse setor à sociedade e ao meio ambiente que não possibilita o livre comércio. Vários pesquisadores analisaram que é necessária intervenção estatal através de políticas ambientais, dentre elas as políticas de fiscalização e controle, que propõem a teoria neoclássica da poluição para se chegar à alocação dos recursos eficiente no sentido de Pareto (MUELLER, 2012).

O capítulo 2 visa então demonstrar os benefícios econômicos do Setor Mineral Brasileiro para o país. O Brasil se apresenta como um dos principais *players* no mercado mundial de *commodities* e isso traz diversos benefícios com a exportação desses minérios para os demais países. Os benefícios da atividade geram melhorias na balança comercial, no emprego e renda da população, no Índice de Desenvolvimento Humano – IDH dos municípios com intensa atividade minerária, através dos *royalties* do processo minerário, composto pela Compensação Financeira de Extração Mineral – CFEM, que incide na base de diferentes alíquotas sobre o faturamento bruto das mineradoras e é repassado para os Municípios, Estados e para a União. Para fins de simplificação do trabalho foi colocado a parte acerca da competitividade do setor mineral brasileiro e os *royalties* da mineração foram separados do texto e incluídos em dois apêndices no final com o intuito de condensar o texto e não se alongar muito em pontos que não são centrais. Aconselho o leitor que deseja se aprofundar mais sobre os benefícios da mineração no Brasil a ler os apêndices.

O capítulo 3, por sua vez, busca expor os custos econômicos do processo extrativista ao meio ambiente e para a sociedade. Introduz o conceito de Externalidades Negativas amplamente debatida por economistas e escolas ambientais. O capítulo busca evidenciar a necessidade da intervenção do Estado por meio de políticas, como a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB, para promover um desenvolvimento sustentável para as gerações presentes e futuras, evitando acontecimentos como a tragédia da Samarco.

Já no capítulo 4 é apresentada a proposta do instrumento de monitoramento de barragens de rejeitos via receita das mineradoras com o objetivo central de inibir e fiscalizar o comportamento corporativo de risco que faz com que mineradoras produzam mais do que a capacidade técnica da barragem estimada no projeto de execução ou projeto inicial.

Desta forma, este trabalho conclui que o setor é fundamental para a economia brasileira, mas necessita de esforços dos agentes públicos e privados no sentido de tornar o desenvolvimento sustentável, no mesmo sentido que MUELLER (2012).

Capítulo 2 Benefícios Econômicos da Mineração para o Brasil

Neste capítulo serão brevemente tratados os principais benefícios econômicos que o Setor Mineral Brasileiro gera para a população brasileira e para o comércio internacional. Para que o leitor possa mensurar melhor a relevância e outras peculiaridades do Setor Mineral Brasileiro, disponibilizaram-se apêndices esclarecedores ao fim deste trabalho. Sugere-se a leitura para melhor compreensão do tema.

Através dos dados coletados por diversos órgãos do governo, será exposta a importância da extração mineral brasileira para o comércio internacional de minérios, constatando-se que o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de alguns minérios, portanto, um grande *player* no mercado; e que a balança comercial mineral tem saldo positivo e com grande relevância para o saldo da balança comercial total brasileira.

Com relação à importância do setor para o mercado interno, o capítulo explicitará a geração de emprego, de renda, o desenvolvimento econômico dos municípios que têm como principal setor econômico a mineração e a diferença que isso causa no seu índice de desenvolvimento humano em relação à média do Estado.

Será esclarecida a forma de extração do mineral e a necessidade de investimento alto para concluir essa produção. A necessidade de altos investimentos pode influenciar nas decisões de cuidados e precauções para com o meio ambiente.

2.1 Conjuntura Econômica do Setor Mineral Brasileiro – O impacto na Economia Internacional

A mineração é um setor da economia brasileira de grande importância em razão do Brasil ser um dos principais exportadores de minérios brutos/básicos, semimanufaturados e manufaturados no mundo, com condição favorecida pela sua extensão continental e riqueza mineral notória desde a época do seu descobrimento.

O Brasil obteve relevantes resultados como Exportador (*Global Player*) no ano de 2012, desempenho que lhe garantiu relevantes colocações frente aos demais países. Podem ser destacadas as suas posições nos rankings de exportadores de diversos minérios: a) Nióbio: 1º

lugar; b) Minério de Ferro: 2º lugar; c) Manganês 2º lugar; d) Bauxita: 2º lugar; e) Grafite: 3º lugar; e f) Rochas Ornamentais: 4º lugar (DNPM, 2012).

A partir das Tabelas 1 e 2, formuladas a partir de dados do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC, é possível verificar que a indústria mineral teve uma grande participação na exportação brasileira por fator agregado no período de janeiro a maio de 2018.

Tabela 1: Produção de Minerais: Posição Mundial do Brasil (2012)

Exportador (Global Player)	Exportador	Autossuficiente	Importador/ Produtor	Dependência Externa
Nióbio (1º)	Níquel	Calcário	Cobre	Carvão
Minério de Ferro (2º)	Magnesita	Diamante	Diatomito	Metalúrgico
Manganês (2º)	Caulim	Industrial	Fosfato	Enxofre
Tantalita (2º)	Estanho	Talco	Zinco	Potássio
Grafite (3º)	Vermiculita	Titânio		Terras Raras
Bauxita (2º)	Cromo	Tungstênio		
Rochas Ornamentais (4º)	Ouro			

Fonte: IBRAM (2012), elaboração própria

Tabela 2: Classificação da produção e das Reservas Minerais Brasileiras no Mundo (2012)

Minerais	Produção Brasileira	Posição no Ranking	Reservas Brasileiras	Posição no Ranking
Bauxita	14%	3º	6,8%	5º
Cobre	2%	5º	2%	13º
Rochas Ornamentais	7,7%	3º	5,6%	6º
Ouro	2,3%	12º	3,3%	9º
Minério de Ferro	17%	2º	11%	5º
Caulim	6,8%	5º	28%	2º
Manganês	20%	2º	1,1%	6º
Nióbio	98%	1º	98%	1º
Tantalita	28%	2º	50%	1º
Estanho	4,1%	5º	13%	3º
Zinco	2,4%	12º	0,85%	6º

Fonte: IBRAM (2012), elaboração própria

Na tabela 3 veremos a importância da produção dos minérios no portfólio de exportações brasileiras em 103 dias úteis. A participação dos minérios básicos com relação ao total foi de 9,8% em 2018: 8% em relação ao Minério de Ferro e 1,8% em relação ao Minério de Cobre.

Para analisarmos melhor esse dado iremos compará-lo à porcentagem do petróleo bruto que foi de 9,5% em 2018. Sabe-se que o Petróleo é uma das principais *commodities* exportadas pelo Brasil através da Petrobrás. Os lucros da Petrobras são muito expressivos e geram muita renda, empregos e investimentos. A receita gerada pela estatal, em 2016, a partir

do petróleo foi de US\$ 10,1 bilhões (ANP, 2017) enquanto apenas a receita com minério de ferro no mesmo ano foi de US\$ 13,42 bilhões (DNPM, 2017).

Já no que tange à participação dos minérios semimanufaturados, as importâncias são: de 1,8% de Ferro/aço; 1,3% de Ferros-ligas; 0,8% de Ouro; 0,3% de Ferro Fundido; e de 0,2% de Alumínio bruto. Os percentuais novamente se referem ao total de exportações realizadas pelo Brasil nos primeiros 103 dias úteis de 2018.

Nos manufaturados temos em destaque os Óxidos/hidróxidos de alumínio – 1,2%; os laminados planos – 0,8%; e os tubos de ferro fundido – 0,5%, totalizando a participação da mineração na exportação brasileira no período em 25,5% (Tabela 3). Tal medida significa que a mineração teve uma participação expressiva nas exportações brasileiras no agregado realizadas no período, ficando atrás somente da agricultura, com 29,35% de participação nas exportações no mesmo período.

Uma das grandes explicações para a importância do crescimento da mineração, principalmente após o início do século XXI, foi a crescente e explosiva demanda por minérios para infraestrutura de países em desenvolvimento econômico acelerado, dentre os quais se destacam a China e os países emergentes. Para WANDERLEI (2016), foi gerado um Megaciclo que foi o período de 2003 a 2013 onde houve aumento de demanda de minérios globais em torno de 630% (De US\$38 bilhões para US\$277 bilhões) e um aumento no preço da tonelada do minério de Ferro de US\$32 em 2003 para US\$196 em 2008.

Como mostrado, o minério de Ferro é o principal minério de exportação brasileiro e esse *boom* do Megaciclo impulsionou as exportações do setor mineral e as crescentes buscas por investimentos relacionados dado que a taxa de retorno do investimento sobe conforme a demanda do setor cresce, ainda mais com aumento exponencial dos preços, como visto.

Mesmo após a crise econômica mundial de 2008, que afetou principalmente os países mais desenvolvidos, a mineração continuou com a procura elevada devido às características dos países emergentes com grandes taxas de crescimento no período e com processo de industrialização e urbanização crescente. É o que indica o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM, 2012):

A Indústria Mineral Brasileira registra ao longo da última década crescimento vigoroso graças a fatores como as profundas mudanças socioeconômicas e de infraestrutura que o País tem vivenciado. Muito embora a atividade mineral tenha sofrido redução em suas expectativas em

razão da crise internacional. Esse crescimento é impulsionado pelo processo de urbanização em países emergentes com expressivas áreas territoriais, alta densidade demográfica e alto PIB (Produto Interno Bruto), como os BRICS (Brasil, Rússia, Índia e China), os quais, coincidentemente, são de grande importância para a mineração mundial.

Tais informações podem ser bem avaliadas na Tabela 3:

Tabela 3

Exportação brasileira por fator agregado janeiro/maio – 2018/2017 – US\$ Milhões FOB

	2018		2017		Var. % (m.d)	Part. %	
	Valor	Média	Valor	Média		2018	2017
BÁSICOS	45.280	439,6	42.865	416,2	5,6	48,4	48,8
Soja em Grãos	14.233	138,2	13.315	129,3	6,9	15,2	15,1
Petróleo em bruto	8.848	85,9	7.233	70,2	22,3	9,5	8,2
Minério de ferro	7.497	72,8	8.690	84,4	-13,7	8,0	9,9
Farelo de Soja	2.708	26,3	2.249	21,8	20,4	2,9	2,6
Carne de frango	2.293	22,3	2.610	25,3	-12,1	2,4	3,0
Carne bovina	1.960	19,0	1.754	17,0	-12,1	2,4	2,0
Café em grão	1.643	16,0	1.990	19,3	11,8	2,1	2,3
Minério de cobre	1.040	10,1	914	8,9	-17,4	1,8	1,0
Milho em grão	804	7,8	453	4,4	13,9	1,1	0,5
Fumo em folhas	653	6,3	412	4,0	77,4	0,9	0,5
Carne suína	438	4,3	599	5,8	58,4	0,7	0,7
Algodão em bruto	389	3,8	233	2,3	-26,8	0,5	0,3
Demais	2.773	26,9	2.414	23,4	67,3	0,4	2,7
SEMIMANUFATURADOS	12.212	118,6	12.062	117,1	1,2	13,0	13,7
Celulose	3.504	34,0	2.392	23,2	46,5	3,7	2,7
Açúcar em bruto	2.041	19,8	3.222	31,3	-36,7	2,2	3,7
Semimanufaturados de ferro/aço	1.718	16,7	1.662	16,1	3,3	1,8	1,9
Ferro-ligas	1.195	11,6	987	9,6	21,1	1,3	1,1
Ouro em forma semimanufaturada	765	7,4	757	7,4	1,0	0,8	0,9
Couros e peles	661	6,4	853	8,3	-22,5	0,7	1,0
Óleo de soja em bruto	426	4,1	399	3,9	6,6	0,5	0,5
Madeira serrada	291	2,8	255	2,5	14,3	0,3	0,3
Ferro fundido	289	2,8	270	2,6	7,0	0,3	0,3
Alumínio em bruto	159	1,5	143	1,4	11,1	0,2	0,2
Demais	1.162	11,3	1.121	10,9	3,6	1,2	1,3
MANUFATURADOS	33.844	328,6	30.911	300,1	9,5	36,1	35,2
Automóveis de passageiros	2.558	24,8	2.676	26,0	-4,4	2,7	3,0
Plataforma p/ extração de petróleo	1.535	14,9	0	0,0	*	1,6	0,0
Aviões	1.316	12,8	1.353	13,1	-2,7	1,4	1,5
Veículos de carga	1.106	10,7	1.131	11,0	-2,3	1,2	1,3
Óxidos/ hidróxidos de Alumínio	1.101	10,7	1.085	10,5	1,5	1,2	1,2
Máquinas p/ terraplanagem	1.082	10,5	741	7,2	46,1	1,2	0,8
Óleos combustíveis	1.020	9,9	735	7,1	38,6	1,1	0,8
Autopeças	935	9,1	819	7,9	14,2	1,0	0,9
Motores p/ veículos e partes	833	8,1	677	6,6	23,2	0,9	0,8
Laminados planos	744	7,2	794	7,7	-6,2	0,8	0,9
Polímeros plásticos	737	7,2	807	7,8	-8,7	0,8	0,9
Tratores	644	6,3	438	4,3	47,0	0,7	0,5
Açúcar refinado	596	5,8	1.018	9,9	-41,5	0,6	1,2

	2018		2017		Var. % (m.d.)	Part. %	
	Valor	Média	Valor	Média		2018	2017
Motores e geradores elétricos	506	4,9	433	4,2	16,9	0,5	0,5
Suco de laranja não congelado	482	4,7	406	3,9	18,8	0,5	0,5
Pneumáticos	472	4,6	529	5,1	-10,7	0,5	0,6
Bombas e compressores	467	4,5	451	4,4	3,7	0,5	0,5
Tubos de ferro fundido	437	4,2	252	2,4	73,8	0,5	0,3
Suco de laranja congelado	434	4,2	268	2,6	62,2	0,5	0,3
Papel e cartão	419	4,1	410	4,0	2,3	0,4	0,5
Demais	16.417	159,4	15.888	154,3	3,3	17,5	18,1
OPERAÇÕES ESPECIAIS	2.289	22,2	2.083	20,2	9,9	2,4	2,4
TOTAL	93.625	909,0	87.921	853,6	6,5	100,0	100,0

Fonte: SECEX/MDIC (Jan-Maio/2018: 103 dias úteis; Jan-Maio/2017: 103 dias úteis.)

Os dados da evolução da produção de minérios brasileira demonstram a enorme e crescente demanda do período, partindo do princípio que a oferta suprirá completamente a demanda. “A evolução do valor da produção mineral brasileira de 2008 até 2012 foi de 82%, o crescimento da produção mineral brasileira em uma década (2002 – 2012) foi de 550%” (IBRAM, 2012).

Com um número tão expressivo de crescimento surge a questão para análise: O setor crescerá mais, dado que cresceu mais de cinco vezes em uma década? A resposta será fornecida detalhadamente mais adiante, no mesmo capítulo, mas uma breve conclusão dos pesquisadores e consultores do mercado é que o SMB ainda pode crescer muito, pois ainda há subaproveitamento das áreas de lavra, há baixa provisão de bens públicos como estradas e portos que dificultam a decisão do investimento, ainda há baixos investimentos em pesquisas sobre o território nacional e sobretudo há a incerteza gerada pela instabilidade política e econômica do país, afastando assim o investimento decorrente do alto risco associado.

Um dos fatores que fizeram com que investidores assumissem o risco no Brasil foi o fato do país possuir as maiores reservas minerais de diversos minérios do mundo.

A produção de *commodities* minerais faz parte do leque de setores industriais do qual o Brasil detém vantagem comparativa e absoluta em relação aos demais no âmbito do comércio internacional. Por exemplo, no caso do Nióbio o Brasil é quase um monopolista. “Com mais de 98% das reservas conhecidas no mundo de Nióbio, o Brasil é responsável por mais de 90% do volume comercializado no planeta, seguido por Canadá e Austrália” (BRANCO, 2016).

O Brasil detém também vantagem na produção do Minério de Ferro. Conforme o U.S. Geological Survey e a Conferência das Nações Unidas para o Comércio e o Desenvolvimento – UNCTAD (sigla referente ao termo em inglês) o Brasil é o segundo maior produtor de Minério de Ferro do mundo.

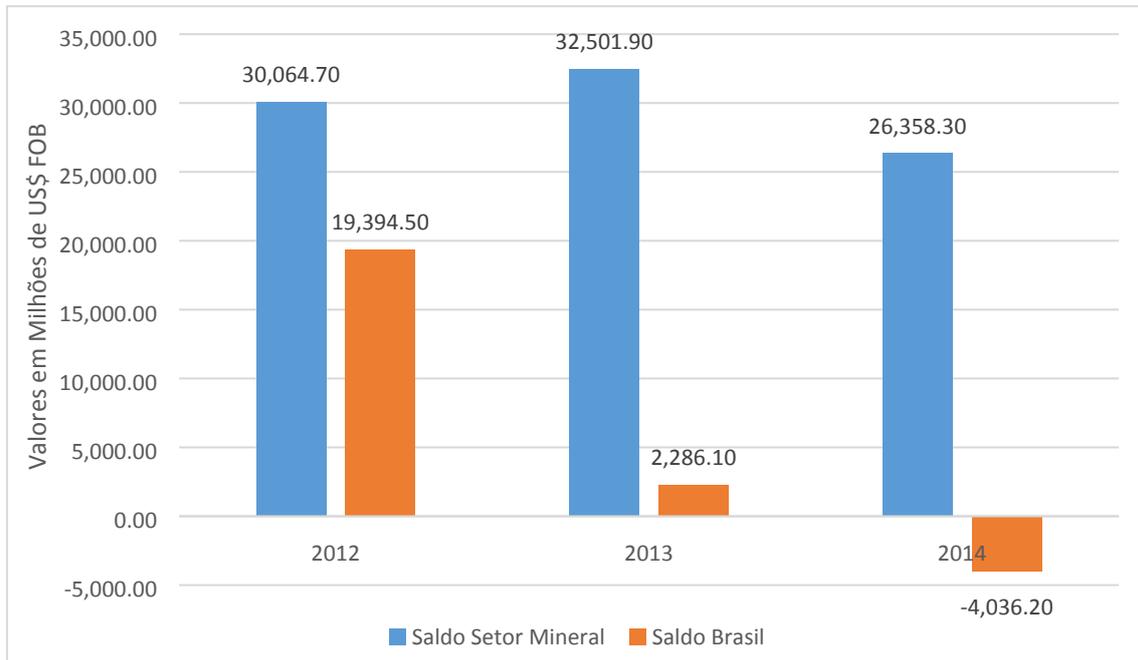
No Brasil há reservas medidas de 29 bilhões de toneladas de Minério de Ferro, ao tempo que há 180 bilhões de toneladas no mundo, ou seja, no Brasil contém 16,12% do minério de Ferro mundial. Porém, há um destaque no minério brasileiro em relação àquele vendido no comércio internacional devido ao alto teor encontrado nos minérios Hematita, (60% de Ferro) predominante no Pará, e Itabirito (50% de Ferro), em Minas Gerais (IBRAM, 2016).

A Produção do Minério de Ferro em 2014 foi de 400 milhões de toneladas e a produção de liga de Nióbio foi de 80 mil toneladas. Em valores monetários a produção mineral brasileira total foi de US\$ 40 bilhões em 2014 (IBRAM, 2015).

Para realizar uma análise comparativa, as exportações minerais em 2014 foram de US\$ 34 bilhões e as exportações totais brasileiras foram de US\$ 225 bilhões. Isso revela que 15,11% das exportações brasileiras em 2014 foram do setor mineral.

O saldo da balança comercial mineral é superavitária e possui forte impacto na balança comercial brasileira. Em 2014 o saldo da balança comercial mineral foi de US\$ 26,356 bilhões e o saldo da balança comercial total do Brasil foi negativa em US\$ 4,036 bilhões. Esses dados evidenciam que a exportação líquida do setor mineral ainda tem notável participação nas contas nacionais. *“Somente no acumulado dos últimos dez anos, o setor de ‘minérios e concentrados’ foi responsável pela agregação de 232 bilhões de dólares ao conjunto de nossas reservas cambiais”* (IBRAM 2015).

A Figura 1 ilustra este cenário:

Figura 1**Comparativo de Saldos do Setor Mineral x Brasil**

Fonte: AliceWeb/MDIC (IBRAM, 2015)

Mais um benefício econômico estratégico do setor mineral é a pouca dependência externa de minerais. A quase autossuficiência do Setor Mineral Brasileiro é outro ponto a se destacar. A não dependência de mercados internacionais para a grande parte dos minérios é muito importante para a indústria nacional, pois reduz os custos com logística e a instabilidade nos preços internacionais devido a barreiras comerciais ou tarifas de importação impostas por países ou blocos econômicos.

O Brasil depende dos seguintes minérios do mercado estrangeiro: Carvão Metalúrgico, Potássio e Terras Raras. Em 2014 a importação de minério foi de US\$ 7,644 bilhões. Já os minerais que o Brasil produz de forma insuficiente, necessitando ainda importar para atender à demanda são: Cobre, Enxofre, Titânio, Fosfato, Diatomito e Zinco (IBRAM, 2016).

2.2 Mercado de Trabalho no Setor Mineral Brasileiro

Podemos analisar o potencial impacto de um setor numa economia através da sua participação nacional na geração de emprego e renda. O processo de produção/extração mineral é intensivo em capital e em mão de obra qualificada e não qualificada.

Na produção mineral, por exemplo, são necessários geólogos, engenheiros de minas, engenheiros civis, engenheiros elétricos, engenheiros mecânicos, analistas de tecnologia da informação (T.I.), administradores, técnicos em segurança do trabalho, técnicos em automação, soldadores mecânicos e operadores em geral.

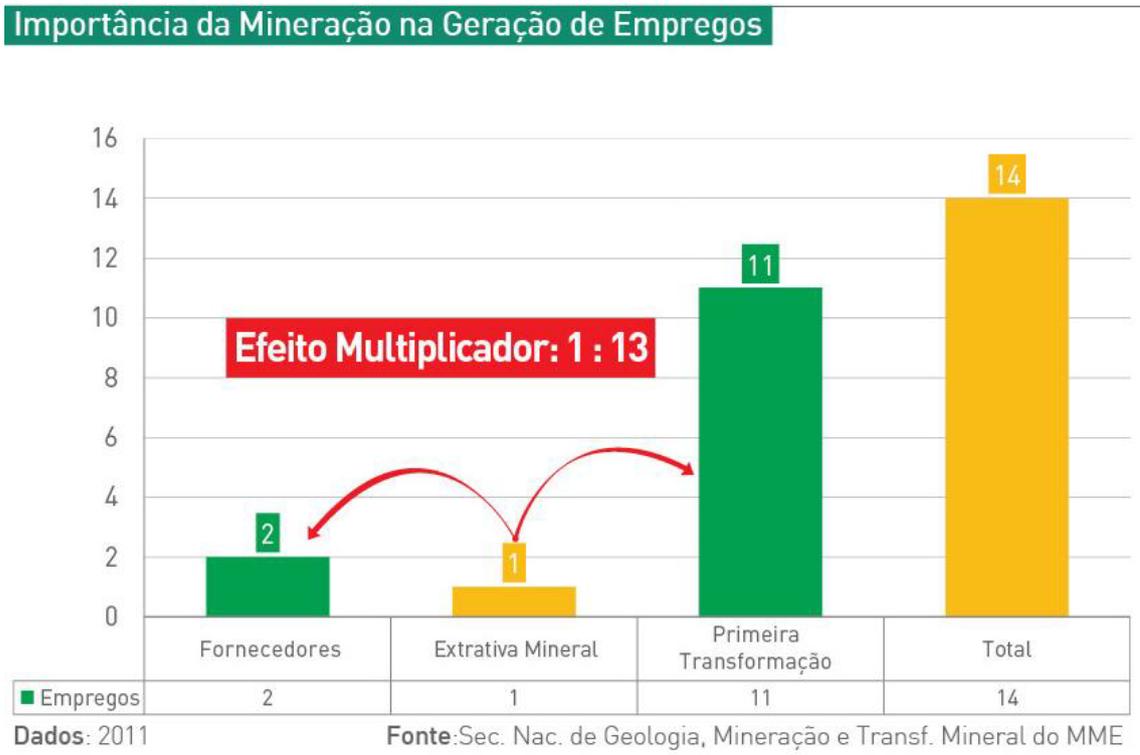
O salário, assim como em todos os setores industriais, varia de acordo com o cargo, a complexidade e a sua produtividade. Segundo RONDINA (2018), na empresa Vale S.A., uma das mais importantes mineradoras do Brasil, um técnico de mineração ganha em média R\$ 4.024,00 mensais, data-base de Jan/2018. E existem várias outras mineradoras, principalmente multinacionais, que demandam trabalhadores no Brasil.

Outra característica do setor que impacta nos salários é a necessidade de realizar operações em locais de difícil acesso ou no interior do país. O incentivo econômico para a locomoção pode variar de 10% a 15% no salário, com direito a benefícios como auxílio-aluguel ou moradia subsidiada. Tais benefícios compensam a escassez de mão-de-obra no local das extrações minerais.

Existe um efeito multiplicador na indústria, seja indireto ou induzido. O setor mineral produz, segundo IBRAM (2015), ao todo 2,7 milhões de empregos envolvidos de alguma forma com a atividade extrativista mineral.

O setor extrativo mineral emprega diretamente 214.070 pessoas (MTE). O setor extrativo mineral gera um efeito multiplicador de 3,6 postos de trabalho sobre a indústria de transformação mineral, ou seja, são 770.652 empregos na cadeia produtiva seguinte. Ao longo de toda cadeia industrial brasileira, o IBRAM apura que este efeito multiplicador ocorre para trás e para frente na cadeia produtiva. Efeito multiplicador de até 13 empregos indiretos ou induzidos; ou seja, quase 2,7 milhões de trabalhadores envolvidos de alguma forma com a atividade de Mineração.

A figura 2 se faz útil para um melhor dimensionamento do efeito multiplicador:

Figura 2**Efeito Multiplicador da Mineração na geração de empregos**

Fonte: IBRAM (2016)

Segundo o IBRAM, um projeto de investimento em mineração gera efeitos multiplicadores na economia da região em empregos diretos para trás nos seguintes seguimentos de insumos: explosivos e desmonte; combustíveis e pneus; e logística. Os efeitos indiretos para trás são nos setores de: serviços e segurança; serviços de abastecimento; e serviços de manutenção.

Já os efeitos multiplicadores diretos para frente na economia da região em que se localizará o projeto de investimento de mineração serão nos setores de produtos laminados; produtos fundidos; e metalurgia e produtos ferrosos. No caso dos efeitos multiplicativos indiretos para frente serão nos setores de peças mecânicas; máquinas e equipamentos industriais; e máquinas e equipamentos agrícolas.

Os efeitos induzidos serão os impactos positivos na economia local que a massa salarial dos trabalhadores e outra remuneração de fatores do setor mineral acarretará. Ou seja, o valor agregado da renda irá impactar na demanda por alimentos; demanda por vestuário, transporte e hotelaria; demanda de serviços; e demanda de construção civil.

2.3 Setor Mineral e o Índice de Desenvolvimento Humano

O Índice de Desenvolvimento Humano – IDH é um método criado pelos economistas Amartya Sen e Mahbubul Haq em 1990 para quantificar e classificar os países no quesito Desenvolvimento Humano através de *proxys* como: expectativa de vida ao nascer; taxa de alfabetização e a taxa de escolarização; e o Produto Interno Bruto – PIB *per capita*. Ou seja, o IDH é medido com dados sobre a educação, a longevidade e a renda das pessoas de uma determinada região. Desde 1993 é utilizado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD.

Outro benefício trazido pelo setor mineral, segundo IBRAM (2015), é uma melhora no IDH nos municípios onde a mineradora se instala.

A atividade de mineração reflete positivamente na qualidade de vida dos cidadãos. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) das cidades mineradoras é maior do que o dos respectivos estados. Mesmo quando são instalados longe de grandes centros urbanos ou mesmo em áreas com baixos níveis sociais, os empreendimentos de mineração se tornam uma possibilidade real para o desenvolvimento sustentável regional.

Sugere-se a análise da Tabela 4.

Tabela 4

Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) cidades mineradoras

Município	IDH Município	IDH Estado
Nova Lima (MG)	0.813	0.731
Paraopebas (PA)	0.715	0.646
Barro Alto (GO)	0.742	0.735
Ariquemes (RO)	0.702	0.690
Criciúma (SC)	0.788	0.774

Fonte: PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento), IBRAM (2015)

Segundo os dados da Tabela 4, retirados do PNUD, pode haver a confirmação da teoria de que a atividade minerária em um município pode impactar positivamente na economia local. Partindo-se do pressuposto que a maior diferença dos municípios acima mencionados para com os demais municípios do estado de origem seja apenas a sua característica como “cidade mineradora”, então a atividade de extração mineral em grande escala beneficia a população e

não somente a empresa mineradora. Como o IDH não calcula apenas a renda, mas também aspectos sociais como longevidade e educação da população, há melhoria social. Ou seja, fomentar o Setor Mineral Brasileiro é fomentar o desenvolvimento humano municipal, estadual e federal.

2.4 Processo de Extração Mineral

A Extração Mineral ocorre de diferentes formas para os diversos minérios existentes. A figura abaixo ilustra a forma mais usual, em que pese complexa, de se tratar um minério bruto. Para melhor compreensão, segue a definição das fases de extração do Minério de Ferro, minério que compõe mais de 70% da participação das exportações minerais brasileiras:

1. Lavra: a primeira etapa de mineração é a extração propriamente dita, que pode ser feita com escavadeiras, tratores que raspam a rocha ou explosivos, quando o minério se encontra longe da superfície. As maiores escavadeiras retiram da lavra 5 mil toneladas de material bruto por hora.
2. Transporte: para levar o minério até a usina, onde ele será preparado para a venda, existem os caminhões fora-de-estrada. O nome já diz tudo: com 6,6 metros de largura, eles não cabem numa estrada comum. Os maiores pesam 203 toneladas, atingem surpreendentes 64 km/h e carregam 365 toneladas, o equivalente a 36 caminhões convencionais.
3. Estéril: na lavra, o ferro esconde-se no meio de um monte de terra e de outros minérios sem valor. Essa parte sem valor econômico, chamada de estéril, é empilhada em alguma área próxima à mina, com cuidados para causar o mínimo impacto ambiental – muitas vezes, árvores são plantadas na pilha de terra para evitar deslizamentos.
4. Britagem: O minério bruto chega à usina em grandes blocos, que são quebrados em máquinas de britagem. São várias etapas de trituração, que esmagam os pedaços de minério até eles ficarem com cerca de 2 centímetros de diâmetro, o tamanho adequado para a separação.
5. Separação: conforme o minério vai saindo da máquina de britagem, ele cai em uma peneira (com telas de diferentes espessuras), que libera a passagem dos pedaços de até 2 cm e lança os maiores de volta à britadeira. O peneiramento é feito com jatos de água, que ajudam a escoar os restos de terra ligados aos pedaços de ferro.
6. Concentração: uma parte do minério fica tão fina que se confunde com os grãos de areia misturados ao material bruto. Para recolher essa parte, costuma-se empregar um

separador magnético, que usa ímãs para agarrar o pó de ferro, enquanto a areia vai embora com a água.

7. Reciclagem de água: toda a água usada para limpar o minério é recolhida no fim do processo num reservatório profundo, enterrado no solo. A areia e a lama, mais pesadas, se acumulam no fundo do reservatório e a água, livre das impurezas, é bombeada para uma barragem, que reabastece todo o processo. Assim, 70 a 80% da água usada na mina é reciclada.
8. Empilhadeira: depois de limpo, peneirado e separado por tamanho, o minério em grãos segue para as empilhadeiras. Como o nome sugere, uma máquina com pás gigantes vai descarregando o minério em pilhas, até formar uma verdadeira montanha de armazenagem.
9. Ferrovia: quando chega a hora de embarcar, as pilhas de minério são transferidas para os vagões de trem, que transportam as toneladas do produto até o porto mais próximo, de onde ele segue em navios para os compradores. As ferrovias são o único meio viável para fazer esse transporte. (ARAÚJO, 2016).

Figura 3

Fluxograma típico de tratamento de minério.

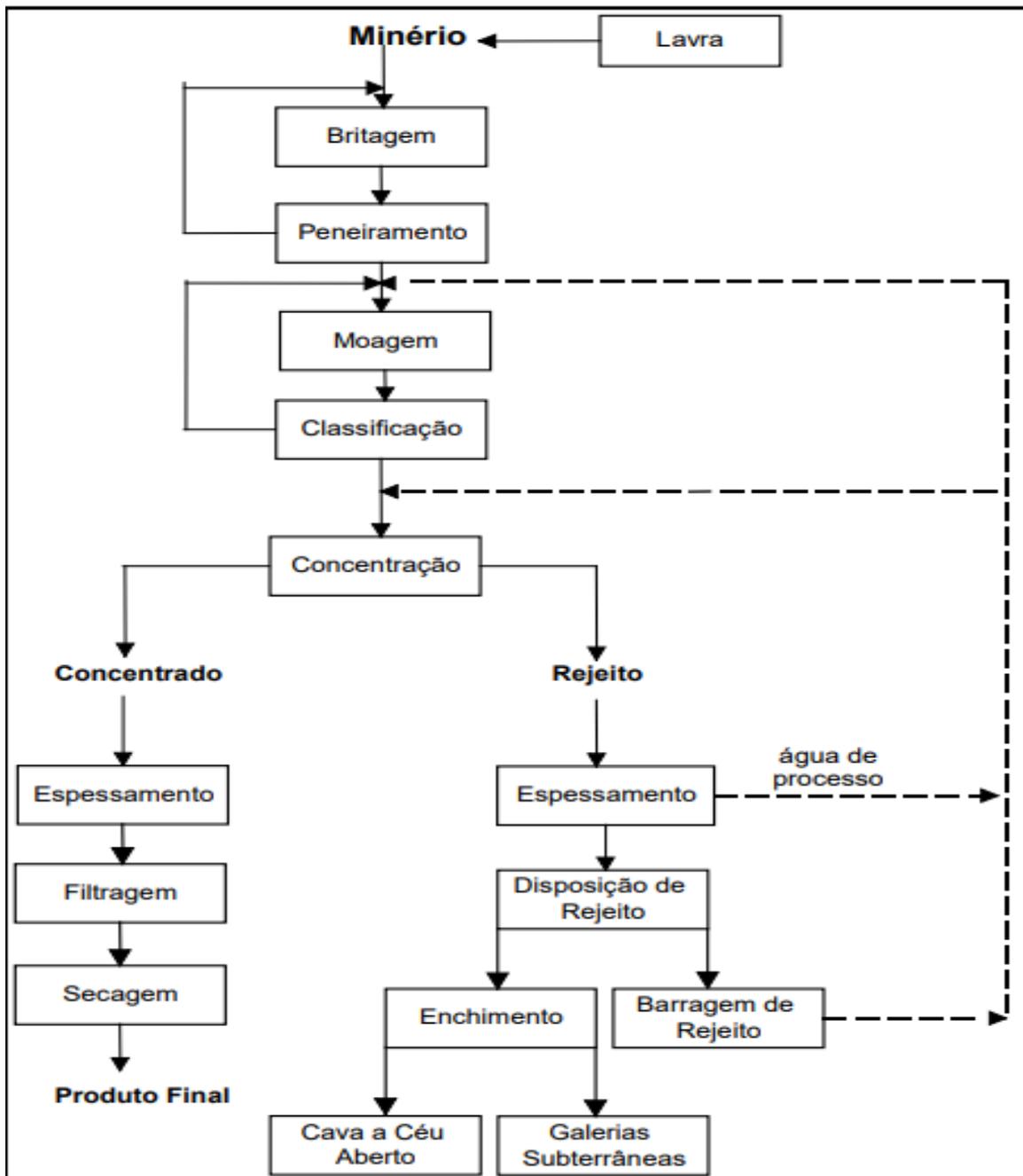


Figura 1 – Fluxograma típico de tratamento de minério.

Fonte: Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), unidade do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTI

Com o detalhamento das técnicas de extração fica evidente que é necessária uma análise econômica minuciosa, pois o investimento em infraestrutura para a atividade de lavra eficiente demanda bastante dinheiro. Com isso, HARTMAN e MUTMANSKY (2002) demonstraram que a atividade de extração mineral pode ser segmentada em quatro etapas:

- a) Prospecção de campos ricos em minério;
- b) Análise do potencial econômico de extração dos recursos encontrados;
- c) Efetiva extração dos minerais; e
- d) Recuperação da área explorada depois que os recursos são extraídos.

As duas primeiras fases são responsáveis por todo o planejamento operacional e econômico do projeto. É na segunda fase que os técnicos especializados projetarão tamanho e intensidade da produção e realizarão o projeto de barragem de rejeitos, com base nas expectativas de produção projetada até a total exploração da mina encontrada.

Segundo HARTMAN e MUTMANSKY (2002) existe a mineração de superfície (a céu aberto) e a mineração subterrânea (ou de subsuperfície).

Nas últimas décadas, a mineração de superfície tem sido mais comum, produzindo, por exemplo, 85% dos minerais dos EUA, excluindo petróleo e gás mineral dos números. Ela é feita através da remoção da vegetação e das camadas de rocha da superfície, processo conhecido como decapagem, afim de alcançar os depósitos de minérios enterrados. Já a mineração subterrânea consiste em cavar túneis e veios na Terra para alcançar depósitos de minério presentes em grandes profundidades. BRASIL (2015)

Sobre o objeto de estudo no presente trabalho – a barragem de rejeitos – o Brasil define muito bem a necessidade de grandes “Reservatórios” de minérios.

Após a extração subterrânea ou de superfície, para se obter enfim os minerais desejados é muitas vezes necessário ainda eliminar os resíduos que não interessam ao minerador, mas estão presentes no material recolhido. Este material é então processado através de meios químicos ou mecânicos, numa atividade definida como processamento mineral (ou limpeza mineral), permitindo separar os minerais dos demais componentes. A limpeza mineral representa parte fundamental do processo. Muitas vezes, mais resíduos do que minérios são extraídos durante a vida útil de uma mina, dependendo da geologia e da localização da fonte. Desta forma, a remoção e destinação dos resíduos representa um grande custo para o minerador, o que torna fundamental para o programa de exploração a caracterização detalhada de todos os materiais presentes na mina. BRASIL (2015)

Com a projeção de extração total da mina, a partir de estudos de viabilidade econômica, o projeto da barragem de rejeitos pode ficar refém de uma análise equivocada, causando erros de projetos estruturais, seja por tempo de atividade ou por intensidade de execução.

Por uma análise mais teórica, como os agentes econômicos maximizam seus lucros e minimizam seus custos, há a possibilidade de, ao minimizar os custos de construção de uma barragem de rejeitos, trazer riscos ambientais, sociais, econômicos irreparáveis e desastrosos.

Por exemplo, segundo Machado (2007), *“O custo de um programa de monitoramento (de barragens de rejeitos) por instrumentos significa no máximo 3% do custo total de construção do empreendimento e a cerca de 10% dos custos de recuperação de uma barragem. ”* Ou seja, 3% do investimento total do empreendimento é um valor considerável, o minerador pode optar por resolver minimizar seus custos por essa via e provocar um aumento dos riscos de rompimento da estrutura.

Capítulo 3 Custos Socioambientais da Mineração para o Brasil

No capítulo 3 serão abordados os danos ambientais causados pela extração mineral. Serão introduzidos os conceitos de Externalidades, Externalidades Positivas e Negativas, Desenvolvimento Sustentável, Eficiência de Pareto, entre outros conceitos que são premissas da Escola de Economia Ambiental Neoclássica.

O presente trabalho irá se basear na Economia Ambiental Neoclássica, o *mainstream* das políticas ambientais atuais no mundo. Sendo assim, o capítulo irá introduzir o que é a Economia Ambiental Neoclássica, seus princípios e pressupostos, sua concepção dos principais problemas atuais e por fim as políticas de prevenção e controle dos danos ambientais. A política em destaque, utilizada como base para o presente trabalho será a política de poluição eficiente.

Por fim, serão expostos os danos causados pela maior tragédia ambiental do país que foi o rompimento da barragem da Samarco em 05 de novembro de 2015. Utilizaremos esse acontecimento para o estudo de caso de dano ao meio ambiente e para analisar a necessidade de implementação de política ambiental para evitar que ocorram novos acidentes como este.

3.1 Externalidades

Carlos Alberto Longo (1983) definiu externalidade como: “*Uma externalidade é uma imposição de um efeito externo causado a terceiros, gerada em uma relação de produção, consumo ou troca*”. Segundo Pindyck e Rubinfeld (1994), o termo externalidade é empregado porque os efeitos sobre custos ou benefícios são externos ao mercado. Ou seja, Externalidade é uma consequência externa de alguma ação de algum agente econômico. Mueller (2012, p. 242) assim define a ocorrência de Externalidade:

Há externalidade quando as decisões de produção ou de consumo de um agente econômico afetam a utilidade ou a produção de outro (s) agente (s) de forma não intencional, e quando não há compensação, pelo agente que produz o efeito externo, aos agentes afetados por ele.

Por exemplo, um custo à sociedade pode ser a poluição de uma empresa que produz pneus. Esse dano ao meio ambiente não trará perdas monetárias para a empresa, será apenas uma característica do processo de produção do pneu. O mercado livremente não irá ajustar esse dano sozinho. Outro exemplo, nesse caso de externalidade positiva, é o benefício de uma empresa investir em educação dos seus funcionários, que gerará um efeito colateral de melhoria

da educação ao redor desse funcionário, partindo do princípio que a educação é transmitida ou ensinada por aquele que a aprendeu seja de pai para filho ou entre seus familiares. Esse benefício não será recompensado para a empresa que pagou o curso.

Para Mueller (2012, p.242) “*O comportamento econômico quase sempre gera efeitos externos – causa externalidades. [...] E para ele existem duas categorias de externalidades: As geradas pelo consumo e as oriundas da produção*”.

O exemplo que Mueller (2012) expõe para a externalidade de consumo é o caso do indivíduo que toca seu aparelho de som em um nível alto perturbando seriamente seu vizinho. Ao consumir a música alta, gera-se uma satisfação em um agente, porém surge um efeito de mal-estar em outro agente, no caso em questão, o vizinho, que é forçado a consumir a mesma música alta sem desejar. Se o mercado agir livremente, o consumidor de música alta irá produzir mais barulho, pois isso aumenta a sua satisfação, e o vizinho ficará cada vez mais incomodado.

O exemplo sobre a produção é um modelo clássico no caso de externalidades que é quando existe a produção de um abatedouro à beira de um rio. A produção do abatedouro gera resíduos e dejetos oriundos do abate dos animais que são despejados rio abaixo. Um pouco mais abaixo do rio existe uma lavanderia que utiliza a água do rio como insumo. Ao poluir a água, o abatedouro cria um custo a mais para a lavanderia pois ela irá gastar com tratamento e purificação da água. Ou seja, o abatedouro conforme aumenta a sua produção aumenta diretamente os custos da lavanderia, causando assim um externalidade à lavanderia.

Sobre a externalidade positiva o exemplo é o de um pomar situado ao lado das instalações de um apicultor. As duas atividades se beneficiam uma da outra. O pomar é polinizado pelas abelhas e as abelhas produzem mais mel devido a quantidade grande de flores do pomar. As atividades exercem externalidade positiva uma sobre a outra.

A poluição, então, é uma consequência de processos produtivos e é causada externamente ao processo. Sendo assim é uma externalidade negativa. Os produtores geram fluxos de resíduos, dejetos que são dispersos no meio ambiente, causando mal-estar aos indivíduos, gerando um custo social, mas não arcam com esses custos (MUELLER, 2012).

Essa relação de aumento de bem-estar para um indivíduo gerar a perda de bem-estar de outro se chama ineficiência de Pareto. O modo operacional de aumentar o bem-estar para uma pessoa implicar em reduzir o bem-estar de outra não é sustentável a longo prazo. Para Vilfredo Pareto, a alocação de um recurso é dita eficiente quando não é possível mais rearranjar esses recursos melhorando o bem-estar de um indivíduo sem reduzir o bem-estar de outro. O ótimo de Pareto, portanto, é a situação na qual é impossível melhorar o bem-estar de um sem piorar o bem-estar de outro.

O fato das Externalidades Negativas serem ineficientes no sentido de Pareto, impossibilita o livre mercado destas, sendo que sem intervenção não seria possível solucionar tal situação. Configurando assim em uma *falha de mercado*.

A Atividade de Extração Mineral provoca diversas Externalidades Negativas principalmente ao meio ambiente, impactando diretamente nos aspectos sociais e econômicos de toda a população.

[...] A enorme movimentação de materiais e a dissipação de energia de tais atividades (extrativistas) geram impactos significativos sobre o espaço, afetando habitats naturais e destruindo a biodiversidade. [...] alguns desses impactos são irreversíveis. Além disso, em vários casos nada se faz para recompor as áreas que sofreram degradação. A degradação de áreas em que se desenvolvem atividades de garimpo, de mineração, pode ser dramática (Mueller, 2012)

Segundo Carlos Farias (2002), “*Os principais problemas oriundos da mineração podem ser englobados em quatro categorias: Poluição da água, poluição do ar, poluição sonora, e subsidência do terreno.*” Farias apresentou uma síntese dos principais impactos ambientais de alguns minerais brasileiros e propõe algumas ações preventivas ou corretivas na tabela abaixo.

Tabela 6

Principais Impactos Ambientais da Mineração No Brasil

Substância Mineral	Estado	Principais problemas	Ações Preventivas ou Corretivas
Ferro	MG	Antigas barragens de contenção, poluição de águas superficiais	Cadastramento das principais barragens de decantação em atividade e as abandonadas; Caracterização das barragens quanto a estabilidade; Preparação de estudos para Estabilização.
Ouro	PA	Utilização de mercúrio na concentração do ouro de forma inadequada; aumento da turbidez, principalmente na região de Tapajós.	Divulgação de técnicas menos impactantes; monitoramento de rios onde houve maior uso de mercúrio

	MG	Rejeitos ricos em arsênio; aumento da turbidez	Mapeamento e contenção dos rejeitos Abandonados.
	MT	Emissão de mercúrio na queima de amálgama.	Divulgação de técnicas menos Impactantes.
Chumbo, Zinco e Prata	SP	Rejeitos ricos em arsênio.	Mapeamento e contenção dos rejeitos Abandonados.
Chumbo	BA	Rejeitos ricos em arsênio.	Mapeamento e contenção dos rejeitos Abandonados.
Zinco	RJ	Barragem de contenção de rejeito, de antiga metalurgia, em péssimo estado de conservação	Realização das obras sugeridas no estudo contratado pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro
Carvão	SC	Contaminação das águas superficiais e subterrâneas pela drenagem ácida provenientes de antigos depósitos de rejeitos	Atendimento às sugestões contidas no Projeto Conceitual para Recuperação da Bacia Carbonífera Sul Catarinense
Agregados para construção civil	RJ	Produção de areia em Itaguaí/Seropédica: contaminação do lençol freático, uso futuro da terra comprometido devido a criação desordenada de áreas alagadas	Disciplinamento da atividade; Estudos de alternativas de abastecimento
	SP	Produção de areia no Vale do Paraíba acarretando a destruição da mata ciliar, turbidez, conflitos com uso e ocupação do solo, acidentes nas rodovias por causa dos transportes	Disciplinamento da atividade; Estudos de alternativas de abastecimento e de transporte
	RJ e SP	Produção de brita nas Regiões Metropolitanas do Rio de Janeiro e São Paulo, acarretando: vibração, ruído, emissão	Aplicação de técnicas menos impactantes; Estudos de alternativas de abastecimento

Calcário	MG e SP	de particulado, transporte, conflitos com uso e ocupação do solo Mineração em áreas de cavernas com impactos no patrimônio espeleológico	Melhor disciplinamento da atividade através da revisão da Resolução Conama nº 5 de 06/08/1987
Gipsita	PE	Desmatamento da região do Araripe devido a utilização de lenha nos fornos de queima da Gipsita	Utilização de outros tipos de combustível e incentivo ao reflorestamento com espécies nativas
Cassiterita	RO e AM	Destruição de Florestas e leitos de Rios	Racionalização da atividade para minimizar os impactos

Fonte: Farias CGEE PNUD 2002

Na tabela 6 fica explícita a variedade de minérios que causam diversos impactos negativos no meio ambiente que podem ocasionar consequências graves e permanentes. Os diversos métodos de prevenção e correção proposto por Farias na Tabela 6 demonstram que há técnicas já elaboradas por pesquisadores e testadas para minimizar esses impactos.

Na tabela 7 abaixo são apresentados os efeitos causados pelos metais pesados na saúde humana. Tratam-se de doenças graves que podem ter a probabilidade de surgimento aumentada devido ao contato com estes metais.

Tabela 7

Efeitos dos metais pesados sobre seres vivos e saúde humana (Substâncias Selecionadas)

Substância	Efeitos sobre o meio ambiente e a saúde humana
Arsênio	Substância tóxica para organismos aquáticos. A ingestão crônica aumenta o risco de câncer de pulmão, bexiga e rins.
Bário	Ingestão de grandes quantidades de compostos de bário pode causar alterações no ritmo cardíaco
Chumbo	Substância bioacumulativa. Ingestão pode afetar sistema nervoso central. É uma substância tóxica para a reprodução humana e provável cancerígeno.
Cobalto	Substância tóxica para organismos aquáticos e bioacumulativa. Exposição oral pode causar náusea e vômito, além de danos ao fígado. É um possível cancerígeno.
Cromo	Pode se apresentar na forma metálica ou em diferentes estados de oxidação. A forma de cromo hexavalente é classificada como cancerígeno.
Manganês	Substância perigosa para o meio ambiente e bioacumulativo. Estudos sugerem que exposição excessiva pode causar déficits neurológicos em crianças, comprometendo funções cognitivas ou causando hiperatividade.
Mercúrio	Em sua forma metálica apresenta baixa mobilidade. Em contato com matéria orgânica pode formar metil mercúrio, que é muito tóxico para organismos aquáticos e bioacumulativo, podendo causar danos ao sistema nervoso central, diminuição do campo visual e redução da coordenação.
Níquel	O níquel metálico é classificado como possível cancerígeno e os compostos de níquel como cancerígenos.
Vanádio	A substância pode causar danos renais, após exposição crônica. O composto pentóxido de vanádio é classificado como possível carcinógeno.
Zinco	A ingestão de grandes doses durante longos períodos pode causar danos ao pâncreas e anemia.

Fonte: POEMAS (2015)

O presente trabalho limitará seu objeto de análise apenas nos rejeitos de mineração, seu armazenamento e seus impactos.

Usinas de minério geram grandes quantidades de resíduos, chamados rejeitos. Por exemplo, 99 toneladas de resíduos são geradas para cada tonelada extraída de cobre. Relação ainda pior é encontrada na mina do ouro, onde uma tonelada de ouro produz 200 mil toneladas de rejeitos. Tais resíduos podem ser tóxicos, com elevado risco de contaminarem o meio ambiente, por isso, o movimento e armazenamento deste material constitui parte importante do processo de planejamento da mina. Se não for adequadamente controlada, a contaminação resultante do vazamento de produtos químicos pode afetar também a saúde da população local (Larmer, 2009 apud BRASIL, 2015, p.14)

Milanez, Wanderley e Ribeiro (2017) apresentam a tecnologia mais utilizada no Brasil no beneficiamento de minérios ferrosos que, como outrora mencionado, constituem mais de 70% das exportações e produção brasileiras:

No Brasil, a principal tecnologia para beneficiamento de minérios ferrosos é a “via úmida”, na qual o minério é separado por diferença de densidade. Esse processo consome grande quantidade de água e ainda gera rejeito na forma de lama, exigindo a construção de barragens (Milanez, Wanderley e Ribeiro, 2017)

A grande escala das operações de extração mineral e de processamento primário são os principais problemas, como afirma Mueller (2012). Com a elevada escala, são gerados grandes volumes de resíduos prejudiciais ao meio ambiente.

Um caso emblemático de externalidade causada por extração mineral, conforme cita Milanez, Wanderley e Ribeiro (2017), foi:

[...]No Brasil, um evento semelhante ocorreu no Pará, também na década de 1980, quando a Mineração Rio do Norte (MRN) – então uma empresa formada pela Vale, Companhia Brasileira de Alumínio e mais sete mineradoras estrangeiras – lançou por quase uma década o rejeito do beneficiamento da bauxita diretamente no Lago Batata, tributário do Rio Trombetas. Em 1989, a MRN foi obrigada a iniciar um programa de recuperação que, apesar de estar em andamento há mais de vinte anos, ainda não conseguiu recuperar plenamente o sistema ecológico do lago.

3.2 Correções de Externalidades Negativas

Uma solução para as Externalidades seria necessariamente internalizá-las ao processo produtivo. MUELLER (2012) entende: “*Internalização no sentido de fazer com que o agente que provoca a poluição arque com os custos que ela impõe sobre os indivíduos e sobre outras empresas*”. Assim estar-se-ia aproximando a economia de uma situação de eficiência, pois os poluidores iriam diminuir sua produção quando seus custos sociais fossem monetizados (incorporados na função de produção). Dessa forma, haveria prejuízo econômico, o que incentivaria o poluidor a compensar os poluídos de alguma forma. De outra forma, se a produção do poluidor simplesmente diminuísse, haveria prejuízo por parte do poluidor e assim o contexto continuaria em situação de ineficiência de Pareto.

Ronald Coase em 1960 defendeu que o mercado sem a interferência do Estado, pode conseguir solucionar os problemas das Externalidades. Em seu livro “O Problema do Custo Social”, Coase analisa que apenas o poluidor ser penalizado pela poluição é também um

problema que o leva a uma ineficiência de Pareto. Há a perda de alocação de recursos, insumos da empresa, renda, empregos gerados, e todos os benefícios que a empresa produz à sociedade.

Para solucionar tal dilema, Coase (1960) propõe que a negociação entre os agentes econômicos interessados levaria a uma alocação ótima dos recursos em questão. Todos os envolvidos são responsáveis e têm que resolver o problema do custo social, “*pois ambos causam danos*”. Neves (2011) argumenta que, para Coase, “*Trata-se de saber se o ganho resultante de impedir o dano é maior ou menor do que a perda provocada pela ação visando a sua eliminação*”. Encontrar-se-á, perante a negociação, o ponto ótimo onde haverá o equilíbrio entre as perdas dos agentes. A regra de decisão defende Coase, é escolher a situação que maximiza o valor total da produção.

Coase (1960) apresenta um exemplo: “*A poluição dos rios provoca a morte de peixes, deve comparar-se o valor do peixe perdido com o valor da produção tornada possível pela atividade poluidora*”.

As premissas base do Teorema de Coase são os direitos de propriedades bem definidos e a inexistência dos custos de transação. Assim, a negociação será feita de maneira voluntária e de forma privada e o fato de não haver custos implicará em uma alocação dos recursos eficiente. Uma política que foi adotada com o princípio no Teorema de Coase foi o mercado de carbono. Onde basicamente os países negociam no mercado internacional créditos de carbono. Um país ou empresa que reduziu a emissão de Gases do Efeito Estufa ganha o crédito de carbono e assim revende para aqueles países ou empresas que emitiram mais Gases ou não atingiram a meta estabelecida.

A ideia de direito de propriedade bem definido é um dos pontos principais da ideia de Coase. Para Douglas North (1981), a má definição dos direitos de propriedade incorre em atrasos que podem gerar impactos no desenvolvimento socioeconômico de toda uma região, dado que a clareza destes seria a garantia para as barganhas e funcionamento de um sistema mercantil ótimo.

As críticas ao trabalho de Coase são que existe uma grande problemática nas negociações privadas principalmente no caso de agentes decidirem os reais custos e os benefícios e calcularem isso levando em consideração o risco moral. Os autores Eric Maskin, Leonid Hurwicz e Roger B. Myerson (2007) contrapõe a visão de plena eficiência do mercado pelo fato de chegarem à conclusão que os agentes não possuem informação completas e seria impossível o livre mercado ser eficiente. “*Os autores defendem que as sociedades não devem contar apenas com os mecanismos do mercado para garantirem os direitos sociais que se*

concretizam pela proteção dos bens públicos, levada a efeito pela concreta atuação do Estado.
” (PORTO, 2011)

MUELLER assim opina acerca da teoria de Coase:

[...] Mas o próprio Coase reconhece que o sistema de negociações só seria aplicável em casos muito especiais. Numa sociedade complexa na qual a degradação ambiental tem características multifacetadas e diferenciadas, envolvendo uma miríade de agentes econômicos de vários tipos, a solução via negociações seria extremamente difícil de implementar (MUELLER, 2012, p.293).

SOARES (1999) exemplifica a assimetria de informações principalmente nos mecanismos de preços para a correção da externalidade:

Algumas deseconomias externas (externalidades negativas) são de difícil medição, e quando mensuráveis podem apresentar uma incidência tão dispersa, sendo a obtenção dos dados praticamente impossível. Isto ocorre porque os indivíduos não têm muito bem definidos seus direitos de propriedade, principalmente em alguns casos de bens públicos, como, por exemplo, o ar e a água.

MUELLER (2012) partindo da ideia de que apenas a lógica do mercado vigorando não haverá eficiência econômica cita:

Existe, pois, um nível de poluição eficiente, isto é, uma poluição compatível com o máximo de bem-estar dos indivíduos em sociedade, mas este não é atingido com o funcionamento de mercados livres. Para tal, são necessárias políticas que aproximem a alocação de recursos de uma situação de ótimo de Pareto.

No presente trabalho iremos analisar os impactos das externalidades negativas do processo de extração mineral e uma possível ferramenta de controle destes impactos. Por isso, no caso das externalidades negativas no meio ambiente, não havendo intervenção governamental, os produtores não teriam estímulos para considerar o custo social da poluição. Com os produtores não levando em consideração os custos monetários das externalidades, a produção seria realizada livremente e sem preocupação com o impacto negativo em outros agentes. Esse comportamento não seria o ótimo de Pareto, ou seja, o aumento de bem-estar de um agente ocorreria em uma perda de bem-estar para outro. Esses resultados não são desejáveis e se constitui em uma falha de mercado.

3.3 A tragédia da Samarco

O maior exemplo de Externalidade Negativa e de desastre ambiental brasileiro foi o rompimento da barragem de Fundão. No dia 5 de novembro de 2015, a barragem de rejeitos

localizada em Bento Rodrigues, distrito de Mariana no estado de Minas Gerais, rompeu com mais de 62 milhões de metros cúbicos de rejeitos de produção de minério de Ferro.

O impacto no meio ambiente e na sociedade desse acidente foi de: 18 mortos, 1 desaparecido, destruição de Bento Rodrigues que era habitado por 642 pessoas, com cerca de 200 imóveis. A lama chegou até o Rio Doce, cuja Bacia Hidrográfica abastece 230 municípios dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo (BAETA, 2015).

A lama produziu destruição socioambiental por 663 km nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce até chegar na foz do último, onde adentrou 80 km² ao mar. Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo, Gesteira, a cidade de Barra Longa e outros cinco povoados no distrito de Camargo, em Mariana, foram completamente arrasados pela lama, causando inclusive perdas humanas em Bento Rodrigues. Mortos e desaparecidos, trabalhadores subcontratados da Samarco e moradores de Bento Rodrigues, totalizaram 19 pessoas; mais de 1.200 pessoas ficaram desabrigadas; pelo menos 1.469 hectares de terras ficaram destruídas, incluindo APPs e UCs (Parque Estadual do Rio Doce; Parque Estadual Sete Salões; Floresta Nacional Goytacazes; e o Corredor da Biodiversidade Sete Salões-Aymoré). Houve prejuízo a pescadores, ribeirinhos, agricultores, assentados da reforma agrária e populações tradicionais, como a tribo Krenak, na zona rural, e aos moradores das cidades ao longo dos rios atingidos. Sete cidades mineiras e duas capixabas tiveram que interromper o abastecimento de água. Trinta e cinco municípios de Minas Gerais ficaram em situação de emergência ou calamidade pública e quatro do Espírito Santo sofreram com os impactos do rompimento da barragem. Os efeitos da lama e da falta de água refletiram sobre residências e prejudicaram atividades econômicas, de geração de energia e industriais. [...] O rompimento da barragem de rejeitos tende a causar, ainda, uma série de impactos socioambientais de curto, médio e longo prazos. [...] Uma parte considerável da calha do rio Doce foi assoreada, o que deverá aumentar os riscos de enchentes nos próximos anos e mudar a dinâmica de inundações; partes que antes não eram ocupadas pelas águas durante as cheias devem passar a ser atingidas (PoEMAS, 2015, p.10).

Para ilustrar a quantidade de lama tóxica que foi liberada no meio ambiente, o total de rejeitos dividido para a população do Brasil resultaria em aproximadamente 450 quilos de rejeitos de mineração para cada brasileiro (BARCELOS e MOTA, 2018).

Barcelos e Mota (2018) realizaram um estudo onde, através do método TEEB, estimaram um preço para a biodiversidade perdida na tragédia. A metodologia *The Economics of Ecosystems and Biodiversity - TEEB* é um método que propõe precificar a biodiversidade, mesmo sabendo que tais bens são complexos para valorar. O estudo calculou a área de 1.430 hectares de área atingida próxima à barragem rompida e levou em consideração a inutilidade do solo e do espaço físico para produção e desenvolvimento econômico. O resultado, levando em consideração os 13 principais “serviços” do meio ambiente, foi estimado em R\$ 578.058.795,18/ano, que deve ser compreendido como o valor da perda ecossistêmica deste território. Esse valor é muito maior do que as propostas de restauração do dano apresentadas pela Samarco.

Bedinelli (2017) fez um levantamento onde totalizou R\$ 552 milhões em 68 multas de órgãos ambientais do governo federal e dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Uma ação civil pública contra a mineradora requer o ressarcimento de R\$ 155 bilhões em compensações pelo dano causado. Os valores reivindicados pela sociedade na matéria de Bedinelli (2017) ainda ficam abaixo dos valores estimados das perdas ecossistêmicas apenas nas terras a jusante (1.430 hectares) estimados por Barcelos e Mota (2018).

Segundo o artigo de Wanderley (2016), o maior desastre ambiental do Brasil, o rompimento da barragem de Fundão da mineradora Samarco no município de Mariana (MG), foi consequência de um megaciclo das commodities juntamente com um comportamento maximizador de lucro da mineradora:

Os diversos episódios de rompimento das barragens de rejeitos, em particular os de elevada gravidade, não deveriam ser vistos como eventos fortuitos, mas como elementos inerentes à dinâmica econômica do setor mineral, internos aos processos capitalistas de acumulação por espoliação e de reprodução ampliada do capital (Wanderley, 2016)

Esse Megaciclo é o período de 2003 a 2013 onde houve aumento de demanda de minérios globais em torno de 630% (de US\$ 38 bilhões para US\$ 277 bilhões) e um aumento no preço da tonelada do minério de ferro de US\$ 32, em 2003, para US\$ 196, em 2008.

Segundo Davies e Martin (2009), em período de alta na procura de minérios as mineradoras se apressam para realizar projetos em minas achadas, utilizando tecnologias inapropriadas em locais inapropriados para eficiente e segura instalação do projeto. Pode-se apressar agências ambientais para rápida liberação do licenciamento, sem que estas avaliem os riscos ambientais por completo; e haver contratação de serviços de engenharia com curtos prazos, tornando o serviço suscetíveis a mais erros e alto custo, pois este será contratado como emergencial, visando o término antecipado do projeto e início da produção em grande intensidade para aproveitar o ótimo momento de aquecimento do mercado. Ainda, para se aumentar a margem de lucro, sobrecarregam-se funcionários ou contratam-se pessoas com menor ou nenhuma experiência.

Bowker e Chambers (2015) avaliam casos de rompimentos de barragens de 1910 a 2010 e chegaram à conclusão de que aumentaram os casos devido a técnicas modernas de mineração que possibilitam construção de megaminas que extraem minérios com baixa concentração mineral, e com baixa concentração há o maior teor de rejeitos retirados e assim

aumento do porte de barragens de rejeitos. Os autores alertam que é necessária uma mudança nos sistemas regulatórios para se adequar a essa projeção.

Para Wanderley (2016), ambas as teorias expostas acima podem ser associadas ao processo de construção e rompimento da barragem de Fundão e do comportamento da Samarco. Alguns números indicam uma acentuada evidência da teoria.

[...] observou-se entre 2011 e 2014 uma elevação em 260% do número de acidentes de trabalho indicando uma tendência de deterioração ampliada das condições de trabalho. Do ponto de vista do retorno financeiro aos acionistas da Samarco, Vale e BHP Billinton, as estratégias financeiras e gerenciais trouxeram resultados substancialmente positivos, possibilitando a manutenção de altos lucros líquidos, mesmo em um cenário recessivo, de retração dos preços e recuo da demanda por minério de ferro e derivados. Desde 2011, a empresa manteve ganhos de lucratividade superiores a R\$2,5 bilhões, sendo o último registrado, em 2014, da ordem de R\$2,81 bilhões (WANDERLEY, 2016).

A mesma conclusão foi apresentada por PoEMAS (2015) que culpa a intensificação da produção e da produtividade do capital humano e físico pelos acidentes com trabalhadores e o rompimento da estrutura da barragem.

A empresa optou por intensificar investimentos baseados em uma aposta irreal na continuidade de elevadas demanda e preço do minério de ferro e, ao optar por garantir níveis de lucratividade e de retorno aos acionistas, intensificou consideravelmente a extração e beneficiamento, aumentando a taxa de acidentes de trabalhadores. O quanto essa decisão administrativa repercutiu nas medidas de segurança da barragem e ocasionou o seu rompimento deverá ser identificado pelas investigações e perícias (PoEMAS, 2016, p.82).

Portanto, de acordo com os autores mencionados, o acidente da Samarco era previsível e prediagnosticado pela teoria econômica, já vista no presente trabalho, onde a empresa maximiza sua utilidade elevando o ritmo do processo produtivo, com o intuito de aumentar a produtividade e assim a sua receita. Era necessário maximizar a receita devido à margem de lucro dos acionistas alta em face de uma tendência decrescente muito forte dos preços das *commodities*, principalmente o minério de ferro, os quais apresentaram queda, de outubro de 2013 (US\$132,57) a outubro de 2015 (US\$53,12), de quase 60% (período que os autores caracterizam como *pós-boom*).

Com esse comportamento em um processo produtivo que causa externalidades negativas, o aumento da produção eleva o risco dessas externalidades se os devidos cuidados não forem tomados por parte da empresa mineradora para elevar conjuntamente os métodos de prevenção e manutenção da estrutura.

[...] o episódio Samarco precisa ser visto, refletido e tratado como uma tragédia evitável, originada nas relações sociais de trabalho e no modelo neoextrativista da

megamineração, com enormes repercussões ambientais e sociais. Frisa-se que, para reverter esse quadro, são necessárias mudanças estruturais que possibilitem um Estado e formas de organização social mais democráticas e eficazes na defesa dos direitos fundamentais, ao trabalho, à saúde, ou ainda ao ambiente equilibrado (LACAZ, PORTO e PINHEIRO, 2016, p.10)

Esse comportamento da firma, como os autores mencionam, que causam aumento dos riscos de rompimento não é característica apenas das empresas mineradoras brasileiras. Em um trabalho comparando casos de rompimentos entre Brasil e Canadá, foram analisadas as semelhanças das estratégias pré e pós os rompimentos. Marshall (2017, p.9) assim concluiu na comparação:

[...] ambas as empresas (brasileira e canadense) parecem ter respondido de forma semelhante às condições do mercado no momento do pós-boom. Para manter as taxas de rentabilidade em um contexto de preços baixos, elas, assim como outras mineradoras ao redor do mundo, adotaram estratégias de intensificação do ritmo de produção e redução de custos, adiando investimentos em manutenção ou novos equipamentos. Isso significou operar com menos salvaguardas, e mesmo lançar rejeitos nas barragens a taxas ou quantidades, além das capacidades projetadas.

Esse fato demonstra que a teoria de livre mercado em setores produtivos, como é o caso da extração mineral, onde são potenciais produtores de Externalidades Negativas, gera um risco à toda a Sociedade e ao meio ambiente, sendo assim, ineficiente no sentido de Pareto. Então se faz necessária a intervenção do Estado para manter o equilíbrio entre a produção econômica e a preservação do meio ambiente, mantendo, desta forma o Desenvolvimento Sustentável.

3.4 Comportamento Corporativo de risco

Um dos objetivos principais da presente proposta é monitorar e desincentivar economicamente o ato de incrementar a produção sabendo que o projeto da capacidade física (barragem de rejeitos) não suporta tecnicamente o aumento da produção.

O comportamento da mineradora visando o aumento de margem de lucro influenciadas por oscilações de preços no mercado de minérios aumenta o risco de ocorrer acidentes ambientais graves que podem impactar negativamente a sociedade e o meio ambiente. Outra causa seria o progresso tecnológico de beneficiamento de minérios avançar mais do que a tecnologia de tratamento dos rejeitos.

Poemas (2015) pesquisou sobre as causas que levaram a ocorrer o rompimento da barragem de Mariana (MG) e chegou à conclusão que a limitação estrutural não suportou o aumento de produção para gerar o aumento da receita:

Há indícios de que existe um aumento do risco de rompimento de barragens no novo ciclo pós-boom do preço dos minérios. Essa relação estaria associada à aceleração dos processos de licenciamento ambiental e à pressão sobre os órgãos licenciadores na fase de preços elevados, bem como à intensificação da produção e pressão por redução de custos no período de redução dos preços. Alguns desses elementos podem ser identificados no desastre tecnológico da Samarco/Vale/BHP1 e seu caráter estrutural sugere que outras empresas podem estar provocando situações de risco semelhantes. Em segundo lugar, existem análises que indicam, no passado recente, um aumento do número de rompimentos de barragens de rejeitos considerados graves e muito graves. Essa tendência estaria associada ao fato das inovações em beneficiamento de minério terem avançado muito mais rapidamente do que aquelas voltadas para o tratamento dos mesmos. Assim, tem sido possível lavar reservas com teor cada vez menor de minério, gerando uma quantidade crescente de rejeito por tonelada de minério beneficiada, e demandando barragens progressivamente maiores. Esse cenário indica, portanto, que falhas de barragens continuarão a acontecer, porém com impactos em escala ampliada. Muitos destes elementos aparecem de modo específico no desastre em questão e nas formas de operação das empresas envolvidas diretamente (PoEMAS, 2015, p.5).

PoEMAS (2015) ainda demonstra que houveram vários rompimentos de pequeno porte no estado de Minas Gerais antes do rompimento de maior porte, que foi o da Samarco, apontando assim que o comportamento privado no período onde os preços dos minérios abaixaram pode ter afetado o aumento da probabilidade de ocorrência de rompimento de barragens de rejeitos.

Tabela 8: Principais desastres envolvendo barragens de mineração em Minas Gerais

Ano	Empresa	Município	Breve descrição
1986	Grupo Itaminas	Itabirito	Rompimento de barragem causando a morte de sete pessoas.
2001	Mineração Rio Verde	Nova Lima	Rompimento de barragem causando assoreamento do 6,4 km do Córrego Taquaras e causando a morte de cinco pessoas.
2006	Mineradora Rio Pomba Cataguases	Mirai	Vazamento de 1.200.000 de m ³ de rejeitos contaminando córregos, causando mortandade de peixes e interrompendo fornecimento de água
2007	Mineradora Rio Pomba Cataguases	Mirai	Rompimento de barragem com 2.280.000 de m ³ de material inundando as cidades de Mirai e Muriaé desalojando mais de 4.000 pessoas.
2008	Companhia Siderúrgica Nacional	Congonhas	Rompimento da estrutura que ligava o vertedouro à represa da Mina Casa de Pedra, causando aumento do volume do Rio Maranhão e desalojando 40 famílias.
2008	Dado não disponibilizado pelo IBAMA	Itabira	Rompimento de barragem com vazamento de rejeito químico de mineração de ouro
2014	Herculano Mineração	Itabirito	Rompimento de barragem causando a morte de três pessoas e ferindo uma.

Fonte: Poemas (2015)

Marshall (2017) faz um estudo comparativo entre dois casos de rompimento de barragens de rejeitos tóxicos, um no Brasil (o caso do rompimento da Samarco) e um no Canadá. O caso canadense é:

Em 04 de Agosto de 2014, uma barragem contendo rejeitos tóxicos da extração de cobre e ouro rompeu-se na província da Colúmbia Britânica, na costa oeste do Canadá. A barragem recebia rejeitos da mina MountPolley, da empresa Imperial Metals. Mais de 24 milhões de m³ de lama contaminada por metais vazou com o rompimento,

causando o maior desastre ambiental da história da mineração no Canadá. O rejeito transbordou o Lago Polley, avançando pelo Córrego Hazeltine até atingir o Lago Quesnel. Terra, sistemas hídricos e habitats de reprodução de salmão foram destruídos. O povo Secwepemc, em cujo território a mina está localizada, perdeu terras e seus meios tradicionais de sustentação, que estavam integralmente associados às suas terras (Marshall, 2017, p.28).

A autora procura encontrar causas semelhantes para os rompimentos nos dois países e indica que:

- Houve redução da interferência do Estado nas questões burocráticas de aspecto regulador, licenças ambientais, e a diminuição de fiscalização do processo extrativo. Em ambos os países, pedia-se agilidade em processos de concessão, flexibilidade e agilidade em processos de licenças:

Em ambos os países, os governos já tinham flexibilizado consideravelmente requisitos de licenciamento e monitoramento ambiental. Mesmo assim, representantes do setor mineral ainda realizavam campanhas de lobby contínuas por mais desregulação, argumentando que procedimentos burocráticos comprometiam sua eficiência e produtividade (MARSHALL, 2017, p.31).

- As mineradoras financiaram campanhas eleitorais de políticos (no caso do Canadá, o *Lobby* é legalizado).

A Imperial Metals, juntamente com suas subsidiárias contribuiu com mais de US\$ 175 mil para o Partido Liberal da Colúmbia Britânica entre 2003 e 2013 (BALL, 2014). Outra importante mineradora, Teck, também fez doações da ordem de US\$ 1,2 milhão no mesmo período (SINOSKI, 2014). [...] No Brasil, a captura regulatória é também uma realidade consolidada. De forma geral, a prática de contribuições empresariais para campanhas eleitorais, permitida até 2015, distorcia o sistema político. Empresas vinculadas à Vale financiaram as campanhas da ex-presidente Dilma Rousseff (PT) e, conseqüentemente, de Michel Temer (PMDB), bem como do governador do estado de Minas Gerais, Fernando Pimentel (PT) e do governador do Espírito Santo, Paulo Hartung (eleito pelo PMDB). A pressão corporativa por mais desregulação se manteve mesmo após o desastre. Quando a Câmara dos Deputados criou uma Comissão Externa para acompanhar as conseqüências da tragédia, 10 dos 19 deputados escolhidos haviam tido suas campanhas financiadas por empresas do grupo Vale (POEMAS, 2015, *apud* Marshall, 2017, p.33).

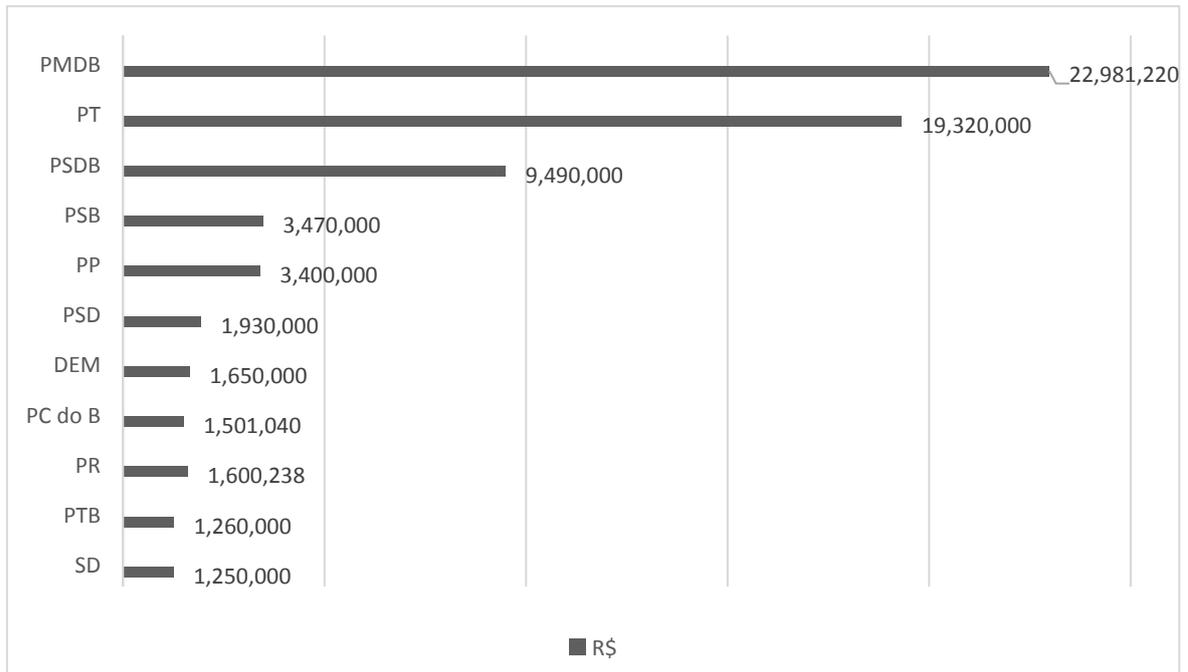
- As mineradoras mantiveram as margens de lucro em um contexto de queda de preços. Assim, adotaram a estratégia de intensificar o ritmo de produção e reduzir os custos, adiando investimentos em manutenção e novos equipamentos.

De acordo com o professor Werner Antweiler da Escola de Negócios da Universidade da Colúmbia Britânica, os dados sobre os tipos e quantidade de substâncias que eram lançados na barragem de rejeitos da MPMC (Empresa canadense) indicam um aumento considerável da produção ao longo de 2013, no período imediatamente anterior ao rompimento da barragem. De acordo com Antweiler, a produção de rejeitos teve uma grande elevação naquele ano, quando comparado com os quatro anos anteriores, o que acarretou também no aumento da taxa de lançamento de rejeitos na barragem (ANTWEILER, 2014). [...] De forma semelhante, o aumento e queda dos preços das commodities também tiveram um grande impacto no setor mineral no Brasil. O minério de ferro despencou de uma alta histórica de US\$ 156 por tonelada

em 2008 para US\$ 56 por tonelada em 2015 (THE WORLD BANK, 2017). A Samarco acelerou consideravelmente sua escala de produção e, conseqüentemente, quantidade de rejeitos, durante o boom, e manteve a expansão no pós-boom para garantir os níveis de lucratividade. A quarta pelletizadora da empresa, inaugurada em 2014, aumentou sua produção em 37%. Ao mesmo tempo, a empresa buscava reduzir custos, comprometendo setores como manutenção e segurança (ARARIPE and ROCHA, 2015, POEMAS, 2015, *apud* Marshall, 2017, p.35).

A respeito do financiamento de campanha por parte da Vale indicada acima, é importante expor que a Samarco Mineração S.A. possui uma estruturação societária, desde 2000, juntamente com a BHP Billiton Brasil Ltda. e a Vale. *“É um modelo de joint venture no qual a responsabilidade jurídica sobre as operações da Samarco recai exclusivamente sobre a Vale”* (PoEMAS, 2015). Sendo assim, a Samarco, na época do acidente de Mariana, já era um consórcio das empresas Samarco/BHP Billiton/Vale.

Na Figura 12 ilustram-se as doações de campanha das empresas do grupo Vale à partidos políticos do Brasil, o que pode vir a ser um possível indício de uma política de troca de favores como sugere PoEMAS (2015). Pois, partindo de uma análise microfundamentada, as mineradoras vão querer um benefício no mínimo igual ao valor que estão “doando” aos partidos políticos. Essas vantagens podem ser, igual sinalizou Marshall (2017), um favorecimento em processos de fiscalização, uma agilidade no processo de licenciamento ambiental, alguma flexibilidade em padrões de segurança, ou seja, uma menor interferência estatal no processo produtivo da empresa em períodos anteriores ao desastre em MG.

Figura 12**Doações eleitorais recebidas por partido (2014)**

Fonte: TSE (2015)

A partir de dados fornecidos pela Samarco Mineração S.A., em seu site nas Demonstrações de Resultados, conseguimos visualizar o crescimento da receita bruta de vendas de 2007 a 2016.

Tabela 9**Receita Bruta de Vendas (em milhares de R\$) Samarco Mineração S.A. (2007-2016)**

Ano	Receita Bruta de Vendas (Consolidado)
2007	2.515.121
2008	4.239.728
2009	2.837.232
2010	6.239.799
2011	7.058.930
2012	6.549.679
2013	7.204.417
2014	7.536.864
2015	6.481.508
2016	207.056

Fonte: SAMARCO (2018)

Com os dados na tabela acima podemos observar que houve um salto significativo nas receitas da empresa principalmente no ano de 2010 onde ocorre um aumento de 120% de receita bruta. Esse aumento nas receitas pode ter sido por maturação de investimentos de médio prazo, pode ter sido por fator alheio ao simples fato de um aumento indiscriminado de produção para se obter maior margem de lucro. Mas no caso, o resultado em 2015 foi um rompimento da barragem e esse aumento das receitas com preços das *commodities* em queda pode ter sido a causa do desastre, como indicam Poemas (2015) e Marshall (2017).

Os agentes públicos precisam estar atentos as essas variações de produção principalmente em barragens de grande risco e dano potencial. A proposta em questão não incentiva a queda de produção, pelo contrário, qualquer economista quer o aumento de renda e emprego para a economia, porém é necessário um aumento de produção consciente dos prejuízos que podem vir a trazer, observados os limites físicos e técnicos da estrutura física.

Após a apresentação acerca de alguns dos benefícios e externalidades negativas do processo mineral, fica evidente que o setor público necessita de meios mais eficientes para conseguir manter as operações das empresas mineradoras produzindo sem um impacto socioambiental que comprometa as gerações futuras, como foi o caso da tragédia da Samarco. Ou seja, é necessário a implementação de mais instrumentos de política de controle onde analisam os comportamentos corporativo das empresas, dadas as alterações no macrocenário de mercado (PoEMAS, 2015).

3.5 Desenvolvimento Sustentável

No Relatório da Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMD, 1987, p.43) se lê:

Desenvolvimento Sustentável é o desenvolvimento que garante o atendimento das necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas necessidades. Engloba dois conceitos chaves: 1- O conceito de necessidades, em particular as necessidades básicas dos pobres de todo o mundo, aos quais se deve dar absoluta prioridade; e 2- O conceito de limitações, impostas pelo estado da tecnologia e pela organização social, à capacidade do meio ambiente de assegurar sejam atendidas as necessidades presentes e futuras.

Para MUELLER (2012), as metas econômicas centrais do desenvolvimento sustentável são:

- A manutenção e a ampliação da qualidade de vida, numa perspectiva de longo prazo;
- A realização de um amplo esforço para a redução da pobreza; e
- A atuação no sentido da manutenção do capital básico da sociedade humana, definido para incluir, além do capital produzido, o capital natural.

Portanto, para alcançar o desenvolvimento sustentável é necessário obter o crescimento econômico, acumulação de capital, juntamente com a preservação do meio ambiente.

MUELLER (2012) apresenta um conceito de desenvolvimento sustentável como: *“O fluxo máximo de produto passível de ser gerado a partir de um estoque de capital em expansão, obedecida a exigência da sua conservação”*. Isso significa que é necessária a acumulação de capital social, capital humano e o capital natural. O desenvolvimento se dá quando o “capital total” é acumulado pelas gerações presentes e deixado para as gerações futuras.

O capital natural é o único que compõe o capital total que é finito e demanda cuidado e preservação. O uso indiscriminado nas gerações presentes pode prejudicar a sustentabilidade do processo de acumulação dos demais capitais e seu desenvolvimento (MUELLER, 2012).

É necessária, então, uma combinação da eficiência produtiva com a equidade e a defesa do meio ambiente, pois todos os agentes econômicos sabem, que a longo prazo, um comportamento ambientalmente destrutivo tende a ter consequências catastróficas no futuro. Conforme ressalta Lelé (1991, p.613):

O desenvolvimento sustentável é um “meta-arranjo” que une a todos, do industrial preocupado com seus lucros ao agricultor de subsistência minimizador de riscos, ao assistente social ligado ao objetivo de maior equidade, ao primeiro-mundista preocupado com a poluição ou com a preservação da vida selvagem, ao formulador de políticas que procura maximizar o crescimento, ao burocrata orientado por objetivos e, portanto, ao político interessado em cooptar eleitores.

Novamente, o desenvolvimento sustentável tem como base o critério de Eficiência de Pareto. *“Isto porque ele admite que muitos podem ganhar, mas exige que ninguém perca – nem os atuais ricos, nem os atuais pobres e nem as gerações futuras”* (MUELLER, 2012, p.137).

Portanto, sociedades modernas vêm procurando aperfeiçoar, através da interferência do Estado, políticas ambientais capazes de buscar uma solução para impactos ambientais negativos provocados pela atividade econômica, buscando assim um desenvolvimento sustentável.

3.6 A teoria Neoclássica da Poluição

A teoria neoclássica da poluição utiliza modelos estáticos de equilíbrio geral competitivo para desenvolver análises dos problemas decorrentes do despejo de rejeitos pelo processo de produção frente ao processo de consumo da teoria das Externalidades. A hipótese implícita é a de que não existem fortes limitações do lado da disponibilidade de materiais e de energia e que o problema ambiental mais sério está na emissão de rejeitos e de poluentes no meio ambiente, com repercussões sobre o bem-estar social (MUELLER 2012).

Os modelos de equilíbrio geral objetivam demonstrar em que condições o comportamento independente de milhares de agentes econômicos que atuam em mercados de bens e serviços e de fatores de produção, cada um se esforçando para maximizar sua satisfação (bem-estar) ou o seu lucro, conduz o sistema econômico a uma situação de equilíbrio geral eficiente (MUELLER, 2012, p.231).

Os modelos neoclássicos procuram responder às seguintes questões básicas:

- 1 Quais os danos da poluição e de outras formas de degradação ambiental decorrentes do funcionamento do sistema econômico?
- 2 Quais os custos e os benefícios de modalidades diferentes de controle da poluição e de outras formas de degradação ambiental?

- 3 Quais os principais obstáculos, introduzidos pela poluição, para o atingimento da eficiência econômica (no sentido de Pareto)?
- 4 Quais os melhores instrumentos de que a sociedade dispõe para atingir níveis eficientes de proteção ambiental?

O tratamento pela economia ambiental neoclássica dessas questões vem se fazendo em dois planos: o microeconômico e o global (agregado). No plano microeconômico, analisam-se recursos naturais específicos: petróleo, minerais, recursos pesqueiros, recursos florestais. No plano agregado incluem-se as tentativas de responder à questão (4) (MUELLER, 2012, p.224).

A partir da análise de cada agente será possível alcançar a escolha mais eficiente. Levam em consideração a utilidade de cada indivíduo e os efeitos no seu bem-estar de cada ação econômica. O bem-estar total é a soma de todo bem-estar individual. A avaliação do impacto é a variação líquida desse bem-estar total. Como vimos, nem toda ação beneficia todos os agentes, então se a avaliação sobre o bem-estar total do impacto de uma atividade for positiva, ela é viável pois gera mais benefícios do que prejuízos aos agentes como um todo. Se a variação líquida for negativa ela possui mais danos aos indivíduos do que benefícios, então ela é considerada um “mal” para a população.

Com a análise microfundamentada do benefício e do dano, é possível, segundo o modelo teórico neoclássico, se obter conhecimento da poluição ótima do ponto de vista dos indivíduos da sociedade. Através das utilidades dos agentes, o modelo é capaz de calcular o Benefício Marginal da poluição provocada pela produção e o Custo Marginal da Poluição.

A poluição eficiente será o nível de poluição que maximiza o benefício social líquido da poluição, ou seja, o ponto será onde o Benefício Marginal da poluição seja igual ao Custo Marginal da poluição. Assim o benefício social líquido da poluição será o maior possível. Essa política é Pareto-Eficiente.

A poluição zero não é possível porque essa decisão implicaria a não produção, como vimos anteriormente, e é necessário que se produza para se obter o desenvolvimento econômico. Uma economia com poluição zero é também uma economia sem produção, sem emprego e sem renda.

Então, o equilíbrio entre os benefícios e os custos da poluição quantificados através do benefício social líquido é a melhor maneira de implementar uma política ambiental. *“Na prática é extremamente difícil determinar, mesmo aproximadamente, a poluição ótima da análise neoclássica. Assim, quase sempre acaba sendo necessário fixar exogenamente padrões de qualidade”* (MUELLER, 2012, p.300).

A Economia Ambiental Neoclássica propõe dois tipos de abordagens de mecanismos de contenção de poluição:

1. Políticas de comando e controle; e
2. Políticas de estímulos de mercado.

As políticas de comando e controle são mecanismos estabelecidos por decretos, leis ou regulamentos estipulando o que os indivíduos podem ou não fazer com respeito à poluição. Geralmente são adotados limites de quantidades máximas de poluição que produtores e/ou consumidores podem emitir por período de tempo, sob pena de repressão, multa, embargo de atividades e, no extremo, até de prisão (MUELLER, 2012).

As políticas de estímulos de mercado funcionam com base nos incentivos e desincentivos/penalidades de mercado, com o objetivo de controlar o comportamento do poluidor, com base nos padrões ambientais fixados.

Partindo da ideia de que, em mercados livres, os agentes econômicos poluem demais porque nada lhes custa poluir, a abordagem de incentivos de mercado recomenda que se criem mecanismos para obrigá-los a internalizar os custos que impõem sobre a sociedade pela degradação que provocam. Trata-se do princípio do poluidor pagador (MUELLER, 2012, p.300).

O grande problema da política de comando e controle é que, dependendo da política, serão necessários muitos custos para o governo fiscalizar as empresas poluidoras. Tornando, assim, inviável economicamente implementar certos tipos de políticas, pois os agentes poluidores terão conhecimento da inviabilidade de controle total por parte do governo, tornando assim a política ineficaz.

Porém, através de mecanismos de alerta, como o presente trabalho irá propor, viabilizariam e otimizariam os recursos de fiscalização em empresas e agentes poluidores. Para alguns setores industriais é possível adotar um dispositivo de alarme de algum possível dano excessivo, e, assim, agências reguladoras ou órgãos ambientais fariam a análise do processo produtivo ou conduta.

Capítulo 4 Proposta de Monitoramento de barragens de rejeitos via receita das empresas mineradoras

4.1 Objetivos

A) Monitorar e analisar o aumento da receita bruta da mineradora em períodos de preços estáveis ou em queda no mercado de *commodities*. Avaliar a quantidade produzida ou a escala de produção da empresa é o objetivo final de análise do instrumento. O intuito é verificar se a capacidade produtiva está de acordo com a capacidade técnica de armazenamento do projeto da barragem de rejeitos.

Um dos objetivos centrais da proposta é monitorar e inibir possíveis ações de produção extrativista mineral superior ao limite técnico declarado no projeto de execução pelo engenheiro responsável da barragem de rejeitos através da receita bruta declarada pelas mineradoras. A ideia é utilizar a teoria microeconômica básica de receita para rastrear e monitorar possíveis comportamentos empresariais que destoam muito da tendência de mercado do período.

O monitoramento através da receita é capaz de verificar o comportamento ao longo de uma série histórica e detectar saltos que fogem de uma normalidade dos dados já declarados com um projeto de barragem sem alterações estruturais de suporte para tal produção crescente.

A proposta não indica que uma mineradora que possua receita crescente está operando irresponsavelmente e nem uma mineradora que está com receita caindo esteja fora de risco. A proposta é identificar mineradoras que operam com grande salto na receita bruta para responder à diligência da causalidade do disparo da receita, e caso se encontre irregularidades, realizar a fiscalização *in loco*.

B) Criação de mais uma variável de alerta na política de controle de segurança de barragens de rejeitos.

A integração do instrumento de monitoramento via receita com os demais instrumentos de monitoramento já existentes pode nortear com mais eficiência os empreendimentos com risco alto de dano potencial.

C) Aumento da probabilidade de fiscalizar ou auditar as mineradoras que operam com irregularidades. Com o novo instrumento, pode haver diminuição de incidência de superprodução.

A implementação do instrumento de monitoramento das barragens via receitas, de imediato, aumenta a sensação do minerador de ser monitorado por parte do Estado e sabe que, caso esteja ocorrendo alguma irregularidade nas operações, a probabilidade de fiscalização aumenta com o comportamento de risco.

D) Monitoramento à distância. Instrumento se diferencia dos demais monitores de barragens de rejeitos pois é capaz de monitorar à distância. É um diferencial para órgãos que possuem déficit no quadro de funcionários e pouco recurso financeiro. Através de um sistema informatizado, pode-se reunir informações sobre receitas de mineradoras, preços dos minérios, quantidade produzida e capacidade de armazenagem do projeto inicial ou em execução. O custo desse sistema e colheita das informações é muito baixo em relação ao custo de remanejamento de equipe para vistorias in loco e mais baixo ainda em relação aos benefícios que pode trazer como evitar uma tragédia de proporções iguais às de Mariana – MG.

E) Descentralização do poder de escolha de fiscalizações e possibilidade de coordenação unificada do sistema. Órgãos ou agentes inclinados politicamente perdem força ou são neutralizados quando tem política de controle em que se levam em consideração variáveis objetivas.

Outro objetivo do monitoramento via receita é diminuir a incidência de parcialidade política nos processos de decisões de fiscalizações. Com o instrumento operando com análise na anormalidade da receita, haverá uma objetividade nos parâmetros e critérios de decisão da equipe responsável pela auditoria ou fiscalização. Isso diminui as facilidades e afrouxamentos por parte de agentes públicos dos órgãos fiscalizadores motivados por troca de favores e se, mesmo assim, ocorrer tais atos ilícitos, *a posteriori* é possível detectar por meio de auditorias a conduta do responsável e penalizá-lo. A objetividade no processo de decisão de fiscalizações pode inibir, diminuir ou rastrear a corrupção nos processos de fiscalização, problemas de agente-principal e de *Moral Hazard*, assim como foi constatado nos trabalhos de Marshall (2017) solicitando a diminuição de uma possível parcialidade nos processos de decisão de fiscalização e afrouxamentos em licenças ambientais ou planos emergenciais, como solicita a PNSB (Apêndice A).

Com as informações sobre as receitas das mineradoras no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), que é um sistema criado juntamente com

a PNSB, haverá a possibilidade de diversos órgãos públicos federais, municipais e estaduais terem acesso e provocar o órgão de controle, ou órgão do judiciário e/ou órgão ambiental sobre alguma evidência de irregularidade. Há ainda a possibilidade da sociedade civil ter o mesmo acesso, principalmente a comunidade a jusante de barragem de rejeitos que será a mais afetada se houver um rompimento em grandes proporções, como foi o caso da Samarco.

F) O monitoramento da receita pode monitorar conjuntamente a CFEM, assim órgãos fiscalizadores conseguem monitorar a curva de CFEM paga e, caso haja auditoria, existe a facilidade de expor informações financeiras da empresa ao longo do tempo.

G) Estimular a alocação Pareto-Eficiente.

Se o monitoramento proposto for colocado em prática, isto poderá incentivar a alocação Pareto eficiente dos recursos disponíveis para a produção mineral, partindo do princípio que uma receita bem-comportada é o resultado da maximização do bem-estar do empreendedor a um determinado nível sustentável para o meio ambiente, preservando assim a população presente e futura e conseguindo chegar a um nível de poluição ótima onde todos os agentes da sociedade tem o seu bem-estar protegido e maximizado eficientemente.

4.2 Metodologia

A metodologia do monitoramento tem como base a definição de receita bruta. Receita bruta é o resultado da multiplicação entre o preço vendido do bem e a quantidade produzida do mesmo bem em um determinado período.

Receita bruta: O minerador irá fornecer os dados de sua receita bruta através da demonstração de resultados. Essa prática já é adotada no Relatório Anual de Lavra (RAL) com o intuito de verificar se a CFEM está sendo recolhida corretamente pelo empreendedor. A PNSB cria meio jurídicos legais para o órgão fiscalizador colher informações sobre o processo produtivo de qualquer empresa mineradora em exercício no país.

Preço das *commodities*: O preço é transacionado em mercado livre global através da lei de oferta e demanda, assim, o preço é o resultado de equilíbrio cotado em bolsas de valores. Desta forma, o órgão fiscalizador consegue acompanhar o preço do minério nos mercados e a sua oscilação. Se o órgão fiscalizador encontrar uma queda abrupta nos preços dos minérios pode esperar uma queda nas receitas das mineradoras e se houver um aumento nos preços dos minérios haverá um aumento nas receitas das mineradoras também. Caso encontre algum

comportamento diferente, outra variável deve ter influenciado no resultado, a exemplo da quantidade produzida (como no caso em análise).

Quantidade produzida: A quantidade produzida é a variável que irá manter a receita bruta estável ou positiva em uma queda nos preços dos minérios. Ao verificar tal situação o órgão fiscalizador deve questionar o empreendedor ou analisar os dados coletados para saber se a quantidade produzida está de acordo com a capacidade de armazenamento do projeto da barragem de rejeitos. Se houver inconsistência ou omissão por parte do empreendedor, essa pode ser uma possível evidência de irregularidades e assim o órgão enviaria uma equipe técnica para a fiscalização *in loco*. Esse instrumento pode servir de base ou estar inserido em processos de decisões de fiscalizações e auditorias, tornando as políticas de controles mais eficazes e menos subjetivas. Como PoEMAS (2015) e Marshall (2017) indicam, a subjetividade no processo de fiscalizações pode facilitar a interferência por parte da mineradora em processos decisórios dos agentes públicos. Com um instrumento objetivo, como é o instrumento de monitoramento com base nas receitas brutas, as fiscalizações se tornam mais objetivas e com embasamento teórico factível.

Capítulo 5 Conclusão

O setor mineral brasileiro é de fundamental importância para o país, agrega muitos benefícios econômicos como emprego e renda à população, por exemplo. Porém, é um setor onde gera muitas externalidades negativas para a mesma população, e uma produção extrativista intensa e ilimitada pode causar danos graves à população presente e à população futura.

São necessárias políticas de fiscalização e controle para minimizar os riscos de graves danos socioambientais. Incentivando assim a alocação Pareto-Eficiente dos recursos por parte do minerador e da sociedade para assim se obter uma poluição ótima e assim todos os agentes conseguirem um desenvolvimento sustentável (Mueller, 2012).

Com a tragédia da Samarco em 2015, fica evidente que a política de segurança de barragens brasileira necessita de novos instrumentos para auxiliar as fiscalizações e mais debates e discussões sobre os instrumentos já existentes. PoEMAS (2015) e MARSHALL (2017) coletam dados sobre as causalidades da tragédia em MG e citam problemas endógenos do próprio processo de produção extrativista que a teoria econômica já previa, que é a teoria do agente maximizador de lucros e minimizador de custos. Essa evidência empírica da teoria da firma microeconômica pode ter levado a mineradora Samarco a produzir além da capacidade de armazenamento da barragem de Fundão e assim provocando o rompimento.

A proposta do trabalho visa justamente monitorar tal comportamento corporativo de risco das mineradoras (Marshall, 2017). Por meio de um instrumento de implementação simples e de custo baixo, informações financeiras, tais como receita bruta e preços dos minérios, são tratadas, para assim conseguir-se analisar a quantidade de minérios produzida e a produção em execução, para confrontar com a informação da capacidade de armazenamento das barragens de rejeitos indicada no projeto inicial da barragem ou no projeto em execução atual.

O custo do instrumento proposto possui uma vantagem relativamente menor aos métodos de monitoramento usuais sabendo que o custo de implementação de um instrumento de controle à distância alimentado com informações do minerador e do mercado é muito mais barato financeiramente e economicamente do que alocar equipes de fiscalização para vistorias *in loco* sem um parâmetro objetivo para realizar tal vistoria. O benefício que esse monitoramento pode trazer à sociedade necessita de evidência empírica para mensurar, mas se

essa proposta evitar ou inibir atos que levem a um desastre como o que ocorreu no dia 5 de novembro de 2015 no município de Mariana – MG, os recursos destinados à implementação desse instrumento e o tempo despendido para criá-lo foram eficientemente alocados.

Referências Bibliográficas

ALVARENGA, Darlan. Lucro da Vale cresce 32% em 2017, para R\$ 17,6 bilhões. Economia. 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/vale-registra-lucro-de-r-176-bilhoes-em-2017.ghtml> Visto em:12/11/18

ANTWEILER, W. 2014, 08 Ago. Lessons from the Mount Polley mine tailings spill. Werner's Blog — Opinion, Analysis, Commentary.

ARARIPE, S., ROCHA, H. 2015. Maior crime ambiental do Brasil deixa lições e alerta. Plurale em Revista, 50, 24-29.

ARAÚJO, Tarso. Como são extraídos minerais de uma mina? 2016. Disponível em: <https://mundoestranho.abril.com.br/ciencia/como-sao-extraidos-minerais-de-uma-mina/> visto 19/06/18.

BAETA, Juliana. Contaminação do rio Doce ameaça vida marinha no Espírito Santo. O Tempo. Consultado em 10 de novembro de 2015.

BALL, D. P. 2014, 09 Ago. Imperial Metals' Political Gifts to BC Liberals Total \$234,000. The Tye. Disponível em: <https://thetyee.ca/News/2014/08/09/Imperial-Metals-Monetary-Gifts/> .

BARCELOS, Tiago Soares; MOTA, Loyslene Freitas. A tragédia de Mariana/MG e a valoração econômica e ambiental da área atingida: método TEEB. II Simpósio de produção científica da UNIFESSPA. 2018

BEDINELLI, Talita. Samarco pagou só 1% do valor de multas ambientais por tragédia de Mariana. El país. São Paulo. 09 Ago 2017. https://brasil.elpais.com/brasil/2017/08/08/politica/1502229456_738687.html

BOWKER, L.; Chambers, D. “The risk, public liability & economics of tailings storage facility failures”. Research Paper. Stonington, ME, 2015.

BRANCO, Pércio de Moraes. Nióbio Brasileiro. CPRM. 2016

BRASIL, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis: 2017. Rio de Janeiro.

-----, Informe Mineral, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). nº 2, 2014.

-----, Potencial Econômico da Prospecção e Pesquisa de Ouro no Brasil, DNPM, 1991.

-----, Informações e análises da economia mineral brasileira. Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM). 2012.

-----, Informações e análises da economia mineral brasileira. Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM). 2015.

-----, Lei nº 13.540, de 18 de Dezembro de 2017. Altera as Leis nos 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e 8.001, de 13 de março de 1990, para dispor sobre a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM). Diário Oficial da União, Brasília.

-----, Ministério da Indústria, comércio exterior e Serviços (MDIC).

-----, Plano Nacional de Mineração 2030. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM), Ministério de Minas e Energia (MME). Maio de 2011.

BRASIL, Eric Universo Rodrigues. O novo código de Mineração no Brasil: Uma análise econômica da compensação financeira sobre a exploração dos recursos. São Paulo, 2015.

CALAES, Gilberto Dias. Análise comparativa da competitividade do setor mineral nacional. 2009

CARVALHO, P. S. L. de, et al. Minério de ferro. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 39, p. 197-233, mar. 2014.

CETEM. Introdução ao Tratamento de Minérios. ano III, no 3. 2010.

COASE, R. H. The problem of social cost. Journal of law and economics, Chicago, p.1-44, out. 1960.

DAVIES, M.; Martin, T.. “Mining market cycles and tailings dam incidents”. In: 13th International Conference on Tailings and Mine Waste, Banff, AB, 2009.

FARIAS, Carlos Eugênio Gomes. Mineração e Meio Ambiente no Brasil. Relatório preparado para o CGEE-PNUD, 2002.

- G1 PA. 10 pontos para entender o vazamento de barragem de mineradora que contamina Barcarena, no PA. 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/10-pontos-para-entender-o-vazamento-de-barragem-de-mineradora-que-contamina-barcarena-no-pa.ghtml>
- HARTMAN, H. L.; MUTMANSKY, J. M. Introductory Mining Engineering. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2002.
- IPEA, O que é? Mercado SPOT. 2006. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2099:catid=28
- LACAZ, Francisco Antonio de Castro; PORTO, Marcelo Firpo de Sousa; PINHEIRO, Tarcísio Márcio Magalhães. Tragédias brasileiras contemporâneas: o caso do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão/Samarco. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, 2016.
- LARMER, B. The real price of gold. National Geographic. Janeiro 2009.
- LÉLÉ, S. M. Sustainable development: a critical review. World Development, Montreal, v. 19, n. 6, p. 607-621, June 1991.
- LONGO, Carlos Alberto. Economia do Setor Público. São Paulo: Editora Atlas. 1993
- MACHADO, William Gladstone de Freitas. Monitoramento de barragens de contenção de rejeitos de mineração. São Paulo, 2007.
- MARSHALL, Judith. Rompimentos de barragens de rejeitos no Brasil e no Canadá: uma análise do comportamento corporativo. 2017.
- MILANEZ, B., WANDERLEY, L. J., RIBEIRO, T. O que não se aprendeu com a tragédia no Rio Doce. Le Monde Diplomatique Brasil, 2017.
http://www.sitraemg.org.br/post_type_artigo/o-que-nao-se-aprendeu-com-tragedia-no-rio-doce/
- MUELLER, Charles C. Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2012.
- NEVES, V. (2011). “Onde para o mercado? ”. Revista Crítica de Ciências Sociais, 95: 55-68. Disponível em <https://rccs.revues.org/4368#article-4368>
- NORTH, D. Structure and change in Economic history. New York: Norton, 1981.
- PINDYCK, Robert S. e RUBINFELD, Daniel L. MICROECONOMIA. São Paulo: Makron Books, 1994.

PoEMAS. Antes fosse mais leve a carga: avaliação dos aspectos econômicos, políticos e sociais do desastre da Samarco/Vale/BHP em Mariana (MG). Mimeo. 2015.

PORTO, Fábio da Silva. As Externalidades: Análise de um enfoque do pensamento de Ronald H. Coase. 2011

RONDINA, José. Emprego na área de mineração 2018: fique por dentro das oportunidades. 2018. Disponível em: <https://viacarreira.com/emprego-na-area-de-mineracao-2018-123742/> visto em 03/11/18.

OLIVEIRA NETO, Raul; PETTER, Carlos Otávio. A abordagem da economia ambiental no contexto da mineração. Rem: Rev. Esc. Minas, Ouro Preto, v. 58, n. 1, 71, Mar.2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672005000100012&lng=en&nrm=iso . visto em 09 Nov. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672005000100012> .

SAMARCO, Mineração S.A., Relatório da Administração e Demonstrações Financeiras. 2018. Disponível em: <https://www.samarco.com/relatorios/>

SOARES, Emília Salgado. Externalidades negativas e seus impactos no mercado. São Paulo: EAESP/FGV, 1999. 90 p. (Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação da EAESP/ FGV, Área de Concentração: Planejamento e Finanças Públicas).

SINOSKI, K. 2014, 08 Dez. Major Imperial Metals share holder held private fund raiser for Clark's re-election bid. Vancouver Sun. Disponível em: <http://www.vancouversun.com/news/Major+Imperial+Metals+shareholder+held+private+fundraiser+Clark+election/10102715/story.html>

THE WORLD BANK. 2017, Commodity Markets. Disponível em: <http://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets> .

TRINUNAL SUPERIOR ELEITORAL (TSE). Prestação de Contas Eleitorais. Consulta aos Doadores e Fornecedores de Campanha de Candidatos. Disponível em: <http://inter01.tse.jus.br/spceweb.consulta.receitasdespesas2014/abrirTelaReceitascandidato.action>

VARIAN, H. R. Microeconomia: princípios básicos. 2ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 1994. 710p.

WANDERLEY, Luiz Jardim et al . Desastre da Samarco/Vale/BHP no Vale do Rio Doce: aspectos econômicos, políticos e socio ambientais. Cienc. Cult, SãoPaulo, v. 68, n. 3, p. 30-35, Sept. 2016 .

Apêndice 1 Competitividade do Setor Mineral Brasileiro

Um dos principais fatores que medem competitividade em algum setor industrial e atrai a visibilidade e interesse de grandes investidores é o custo baixo de produção. Com o custo baixo, a margem de lucro (relação lucro/receita) aumenta fazendo com que a taxa de retorno do investimento seja mais atrativa.

A atividade minerária é bastante intensiva em capital, como já foi dito anteriormente. A pesquisa geológica para detecção de área economicamente explorável, a dificuldade de extração do minério e a larga escala de produção fazem com que sejam necessários altos investimentos para realizar a produção. HARTMAN e MUTMANSKY (2002) resumem um pouco dos custos de capital na citação abaixo.

Sobre o custo do minerador, a atividade de extração em larga escala é intensiva em capital e exige o uso de maquinário pesado, tanto na exploração quanto no desenvolvimento de minas, pois exige constantes remoções e estocagens de materiais de diferentes características físicas. Escavadeiras, tratores, caminhões, esteiras e explosivos, todos de grande porte, são equipamentos constantes nas plantas produtivas. Grandes brocas são usadas para escavar o solo e obter amostras para análise. Na mineração subterrânea, bondes e elevadores transportam mineiros, máquinas, minerais e resíduos para dentro e para fora das minas. Na mineração de superfície, guindastes e pás são empregados para mover grandes quantidades de solo. As plantas de processamento utilizam máquinas esmagadoras, moinhos, reatores e outros equipamentos para tratar o material extraído e obter os compostos desejados – Hartman e Mutmanky (2002)

CARVALHO (2014) analisa os custos de produção de Minério de Ferro entre os países produtores e define custo de mina:

Os custos de mina [...] contemplam custos efetivos para extração do minério, que em sua maior parte correspondem aos royalties com base no peso ou volume, e custos de conversão, que são todos os custos, desde a extração do minério e beneficiamento até o carregamento no navio.

Sendo assim, ele coleta dados do mercado e apura que o Brasil possui o menor custo de mina juntamente com a Austrália em 2012. “*O Brasil apresentou o menor custo médio: 41,10 c/dmtu (Centavos por tonelada seca de minério), cerca de 20% abaixo do segundo menor custo, que foi da Austrália – 51,72 c/dmtu*” CARVALHO (2014). O autor comenta que o custo médio de mina mundial foi de 80,03 c/dmtu na época.

Já o custo econômico, que, para CARVALHO (2014) pode ser utilizado para a estimativa do preço potencial de longo prazo e que em condições competitivas tende ao custo marginal da indústria de mineração, a Austrália foi o único país com custo médio econômico menor que o do Brasil, 82,37 c/dmtu e 93,37 c/dmtu respectivamente.

Esses números de custos podem ajudar a explicar por que 70% da produção mundial de Minério de Ferro é resultado da soma das produções de Austrália e Brasil. A média do custo econômico médio marginal dos dois países pode ser utilizado como uma *Proxy* para o preço de médio prazo, para CARVALHO (2014). Sendo assim, o autor indica que de 2013 a 2017 pode-se estimar um preço em torno de US\$ 90 a tonelada do Minério de Ferro. O que não foi constatado posteriormente ao trabalho do CARVALHO (2014) onde o preço médio ficou abaixo dos 90 US\$/ton, em 70 US\$/ton, chegando a ficar abaixo de 50 US\$/ton no início de 2016, no período de 2013 a 2017.

“Os países mais competitivos na perspectiva dos custos econômicos são a Austrália, o Brasil, a África do Sul e a Índia e deverão continuar nessa posição pelo menos até 2021” (CARVALHO, 2014). Competitividade, nesse caso, está no sentido da teoria clássica da economia onde o preço do minério tende ao custo marginal de produção da indústria de mineração.

As grandes barreiras da indústria mineral são a escassez de reservas minerais de porte global, competir por mão de obra especializada e equipamentos mais eficientes, e tudo isso em tempo hábil para aproveitar o aquecimento do mercado de *commodities*, tendo em vista que em algum momento os países desenvolvidos reduzirão seus crescimentos e demandarão menos minérios, como é o caso da China. Carvalho (2014) argumenta que é necessária uma gestão dos recursos e dos custos nas oscilações de mercado:

O sucesso no longo prazo no setor de mineração exige das mineradoras uma gestão efetiva dos custos de produção nos diferentes ciclos de demanda. Esforços para controlar custos, especialmente durante os momentos de baixa demanda, deverão se tornar cada vez mais intensos. Estima-se que os custos de mineração, que aumentaram 32% entre 2003 e 2010, poderão se elevar até 40% ou mais nos próximos dez anos.

Outro problema a se enfrentar é a falta de planejamento energético para atender a demanda do setor industrial que resulta na elevação do preço da energia devido à sua baixa oferta. Conforme Carvalho (2014), o custo da energia na produção de minério de ferro no Brasil é estimado em 25% do custo total de produção. Na África do Sul é de 23%, no Canadá 19% e na Austrália 14%.

Outro custo importante é o custo de pesquisas de exploração das minas economicamente viáveis e a probabilidade de encontrar uma potencial mina para exploração. Para pegarmos um exemplo de investimento em pesquisa de exploração, o Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM realizou um estudo entre os períodos de 1969 a 1988 para analisar o custo médio de exploração para ouro no Brasil. Constatou-se que 78 empresas investiram US\$ 388 milhões em exploração de ouro primário no período. Foram achados 34 depósitos e apenas 24 foram considerados economicamente viáveis. O estudo concluiu que esse custo médio de exploração é competitivo em relação à Austrália e Canadá (DNPM, 1991).

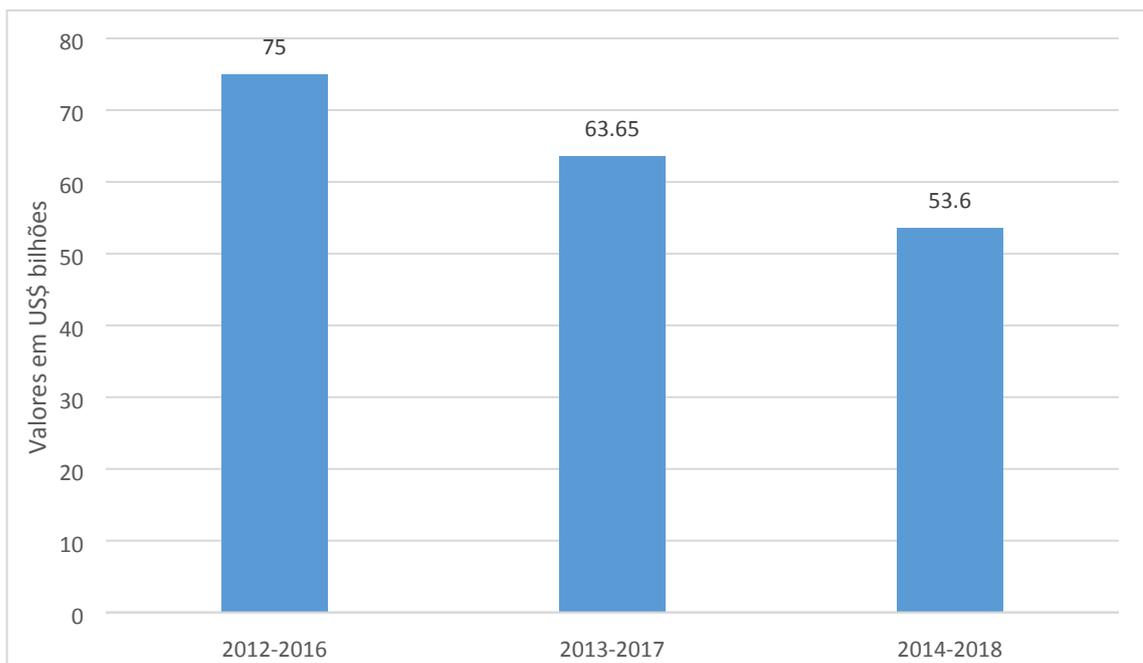
Como reflexo das estimativas de Carvalho indicando o SMB como um setor atrativo para investimentos, o setor mineral brasileiro tem despertado bastante interesse de investidores privados. *“A previsão de investimentos apurada pelo IBRAM contempla o período de 5 anos e contemplam a infraestrutura necessária ao empreendimento. A última apuração, período 2014 a 2018 é de US\$ 53,6 bilhões”* (IBRAM, 2015).

“Os Estados de Minas Gerais e Pará concentram os maiores investimentos: de 41,8% e 21,93% respectivamente. Os demais estados possuem valores menores que 3%, representando um total de 5,53%” (IBRAM, 2015).

Interessante se observar a figura 4:

Figura 4

Investimento no Setor Mineral de 5 em 5 anos



Fonte: IBRAM (2015)

Outra variável central de interesse econômico são os preços das *commodities* e sua tendência no mercado presente e futuro. Como vemos nos gráficos abaixo, houve uma tendência histórica no período a um aumento do preço do minério de ferro, houve um choque negativo devido à crise econômica de 2008 do sistema financeiro americano, mas pelos dados do *Credit Suisse* (2013), há uma média crescente dos preços do Minério de Ferro. Os minérios Fosfato, Potássio, Manganês e Nióbio também possuem tendência de crescimento de valor de mercado, segundo dados do MDIC. Veja-se:

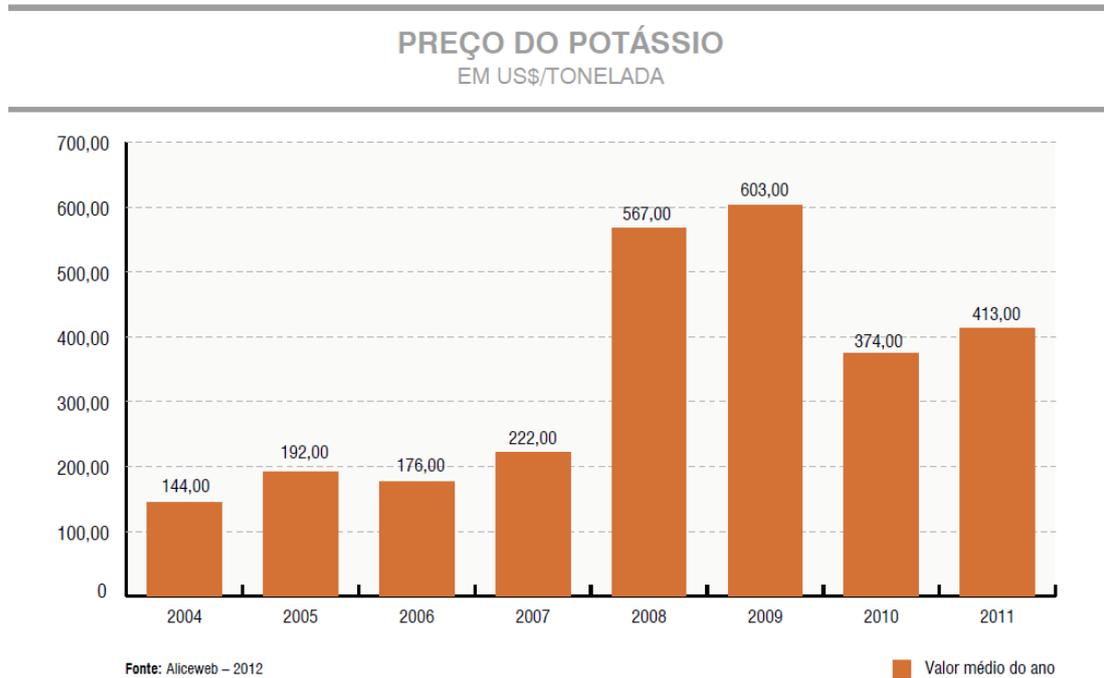
Figura 5

Preços do Minério de Ferro – SPOT¹ (CFR CHINA).

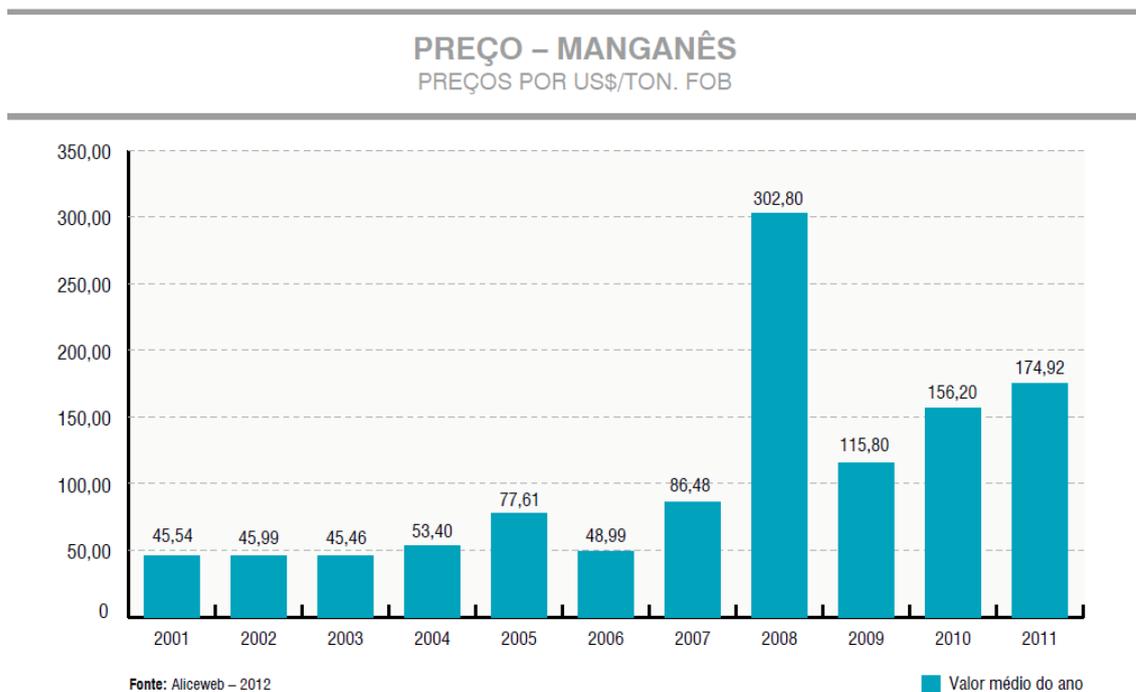


Fonte: IBRAM (2015)

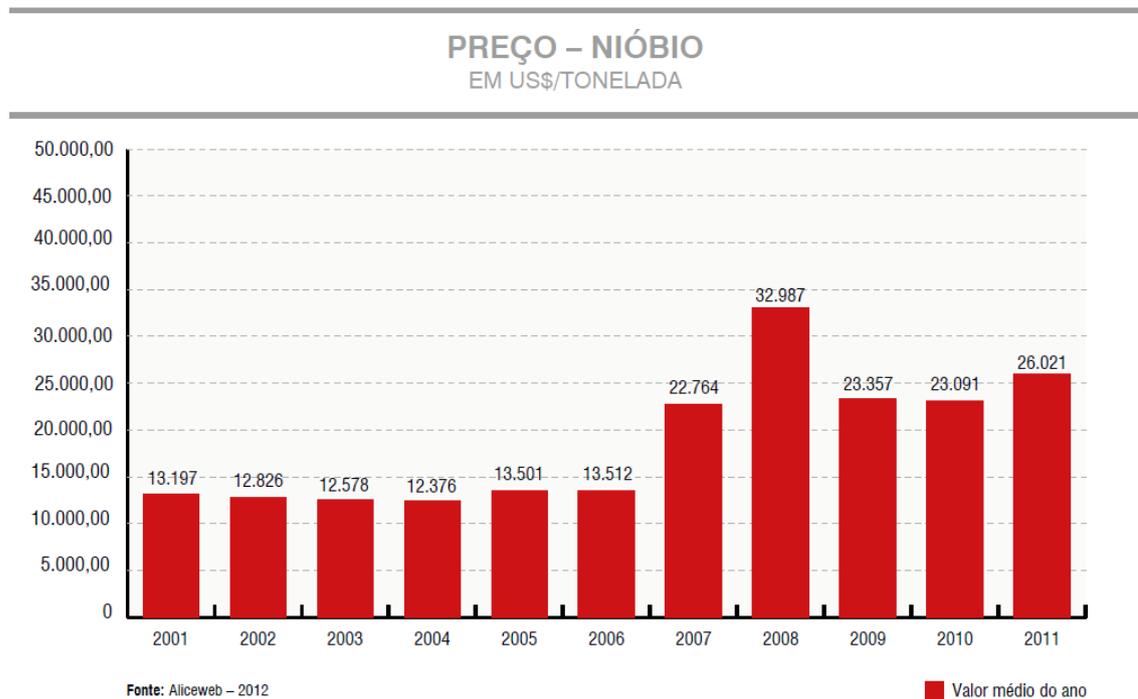
¹ SPOT - um dos vários significados que a palavra inglesa spot tem é "instantâneo", "imediatamente". E é exatamente essa a característica do mercado spot, porque ele admite apenas transações em que a entrega da mercadoria é imediata e o pagamento é feito à vista. Por isso, é também chamado de mercado disponível, mercado físico ou mercado pronto, contrastando com a natureza dos mercados futuro e a termo, cujos pagamentos são efetuados em prazos que variam de cinco dias a dois anos após a negociação. (IPEA, 2006)

Figura 6**Preços do Potássio – SPOT (CFR CHINA).**

Fonte: IBRAM (2015)

Figura 7**Preços do Manganês – SPOT (CFR CHINA).**

Fonte: IBRAM (2015)

Figura 8**Preços do Nióbio – SPOT (CFR CHINA)**

Fonte: IBRAM (2015)

O Ministério de Minas e Energia realizou um Plano Nacional de Mineração 2030 - PNM2030 (2011) onde apresenta diretrizes gerais para a área mineral brasileira e previsões com base na conjuntura de dados históricos e no contexto estrutural internacional em meados de 2011. Com base nessas informações, realizaram um estudo para nortear políticas públicas nos próximos 20 anos. Na tabela abaixo encontramos a previsão de Exportação, Importação, Consumo Aparente e Produção de alguns minérios ferrosos dos quais o Brasil é produtor/exportador até 2030. Fazendo uma análise rápida, vemos que a variação positiva indica aumento das variáveis em expressivas porcentagens até 2030, dados os valores atuais de cada indicador. Para o presente trabalho as variáveis observadas são produção e exportação. No caso do Minério de Ferro que compõe mais de 70% do total das exportações minerais brasileira a produção variará de 4,1% a 7,6% a cada 7 anos e a exportação variará de 4% a 9,2% a cada 7 anos até 2030 com base no ano de 2008.

Figura 9

Previsão de produção, importação, exportação e consumo de minérios ferrosos 2015 /2022 /2030

TABELA 4.1

Previsão de produção, importação, exportação e consumo de minérios ferrosos 2015 /2022/ 2030

Minérios Ferrosos		Minérios Ferrosos	2008	2015	15/08	2022	22/15	2030	30/22
Ferro	Produção	Mt	351	585	7,6%	795	4,5%	1.098	4,1%
	Importação	Mt	0	0	0	0	0	0	0
	Exportação	Mt	231	428	9,2%	582	4,5%	797	4,0%
	C. Aparente	Mt	120	157	3,9%	213	4,5%	301	4,4%
Pelotas	Produção	Mt	55	66	2,6%	87	4,0%	119	4,0%
	Importação	Mt	0	0	-	0	-	0	-
	Exportação	Mt	50	60	2,6%	74	3,0%	95	3,2%
	C. Aparente	Mt	5,0	6,0	3,0%	13	11,3%	24	8,0%
Manganês	Produção	Mt	3,21	4,31	4,3%	5,80	4,3%	8,15	4,3%
	Importação	Mt	0,12	0,17	5,1%	0,24	5,1%	0,36	5,1%
	Exportação	Mt	2,0	2,6	3,8%	3,37	3,8%	4,54	3,8%
	C. Aparente	Mt	1,33	1,88	5,1%	2,67	5,1%	3,97	5,1%
Nióbio (Nb ₂ O ₅ , contido)	Produção	kt	61,0	83	4,5%	113	4,5%	161	4,5%
	Importação	kt	0	0	-	0	-	0	-
	Exportação	kt	0	0	-	0	-	0	-
	C. Aparente	kt	61,0	83,0	4,5%	113	4,5%	161	4,5%
Cromo (Cr ₂ O ₃ contido)	Produção	kt	300	422	5,0%	594	5,0%	879	5,0%
	Importação	kt	12,6	17,8	5,1%	25,3	5,1%	37,6	5,1%
	Exportação	kt	24,4	31,7	3,8%	41,1	3,8%	55,6	3,8%
	C. Aparente	kt	288	408	5,1%	578	5,1%	861	5,1%

Fonte: DNPM. Projeção: Secretaria Executiva do PNM-2030.

Notas: sobre o consumo aparente de minério de ferro: Aço – para a projeção do consumo de minério de ferro utilizou-se a projeção de produção de aço bruto, considerando que 75% do aço serão produzidos em usinas integradas (e 25% em aciarias elétricas, que utilizam sucata e gusa como insumos), assim, multiplicando-se a produção projetada de aço bruto por 0,75 e por 1,6, que se refere à relação minério/gusa considerada para essas usinas. Ferro-gusa – dos guseiros independentes, a demanda de minério foi determinada pela relação minério/gusa de 1,7. Pelota – tomou-se a relação minério/pelota igual a 1,0.

Fonte: PNM 2030 (2011)

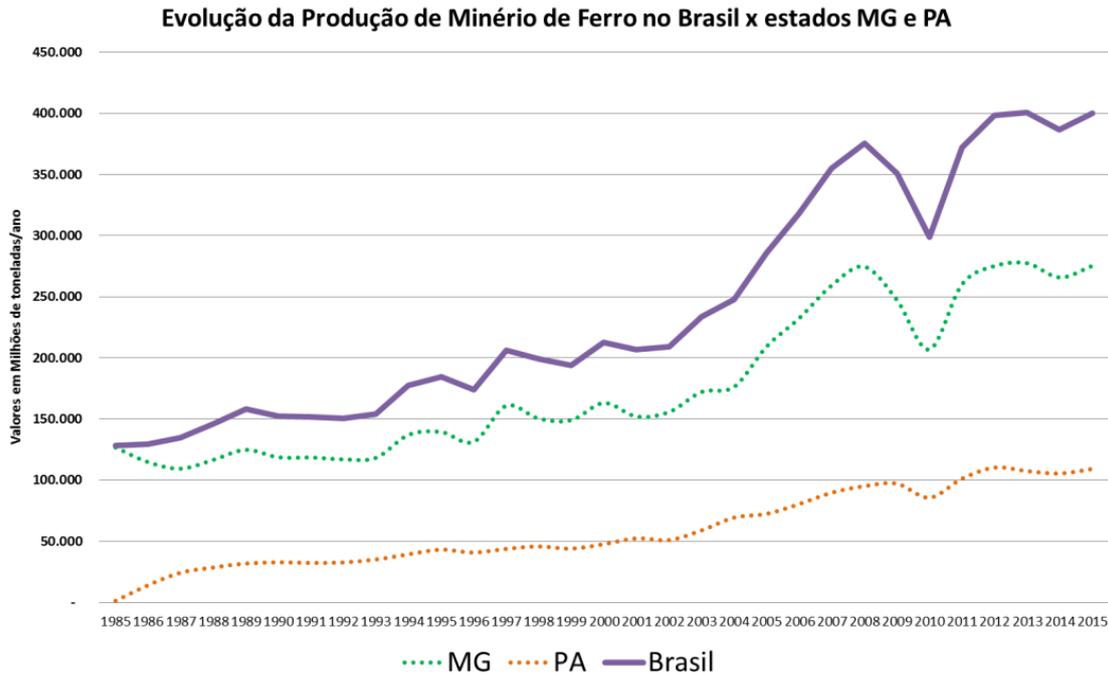
Os principais produtores brasileiros de Minério de Ferro (em volume) são a Vale S.A. com 319,2 Milhões ton/a e a Companhia Siderúrgica Nacional/Namisa com 33 Milhões ton/a, dados de 2014 (IBRAM, 2015).

O percentual de produção total de Minério de Ferro dos dois maiores estados com relação ao total brasileiro foi de Minas gerais com 51,6% (177.675.000 toneladas); e do Pará com 32% (110.132.000 toneladas), dados referentes a 2014 (IBRAM, 2015). Conforme o gráfico abaixo, vê-se que a produção continua em uma crescente tendência de crescimento

brasileiro, e como Minas Gerais e Pará possuem direta relação com a produção brasileira, a tendência segue quase na mesma proporção.

Figura 10

Evolução da Produção de Minério de Ferro no Brasil x estados MG e PA



Fonte: DNPM, elaboração IBRAM (2015)

Um estudo organizado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento – BNDES no qual entrevistaram executivos de grandes mineradoras que atuam no Brasil - Anglo American Minério de Ferro Brasil S.A, Mineração Usiminas S.A, MMX Mineração e Metálicos S.A. e Vale S.A., no período de agosto a setembro de 2013, constatou que:

Há um consenso entre os executivos de que a demanda por minério de ferro continuará aquecida nos próximos cinco a dez anos. Mesmo com a desaceleração econômica chinesa, entende-se que ainda haverá uma atividade econômica intensa sustentando a demanda nos patamares atuais. Alguns exemplos citados por trás da manutenção da demanda são: 1 -Taxa de urbanização – recentemente a China superou a taxa nominal de 50% de urbanização. No entanto, o valor ‘real’ é inferior, uma vez que parte desse resultado contempla os trabalhadores temporários que residem nas áreas urbanas para a realização das obras de infraestrutura. Suas respectivas famílias ainda permanecem nas áreas rurais. Se considerada uma taxa de urbanização plena na casa de 70% - 80% da população, isso significará um movimento migratório de algumas décadas até o alcance desse patamar, o que representará um consumo sustentável de bens de consumo (leia-se, produtos com conteúdo de aço) e, por consequência, a demanda por minério de ferro. 2 - Investimentos em infraestrutura – é fato que os investimentos em infraestrutura não apresentarão a magnitude observada até então; no entanto, ainda há atividade suficiente para a manutenção da demanda aquecida. Um exemplo disso são as atuais taxas de ocupação das ferrovias chinesas, que se encontram em níveis de utilização superiores aos de alguns países da Europa e Japão, o que leva a crer que o

governo chinês terá de investir ainda mais em sua malha ferroviária para garantir o escoamento de produção, bem como o transporte da população CARVALHO (2014).

A posição otimista sobre o mercado de minérios dos executivos das mineradoras é um bom sinal para o Brasil e para as expectativas de crescimento e investimento do setor. Ressalte-se que posteriormente, a Vale, maior empresa mineradora brasileira, registrou no ano de 2017, lucro líquido de R\$17,6 bilhões que representa aumento de 32,4% em relação ao dado do ano anterior (ALVARENGA, 2018).

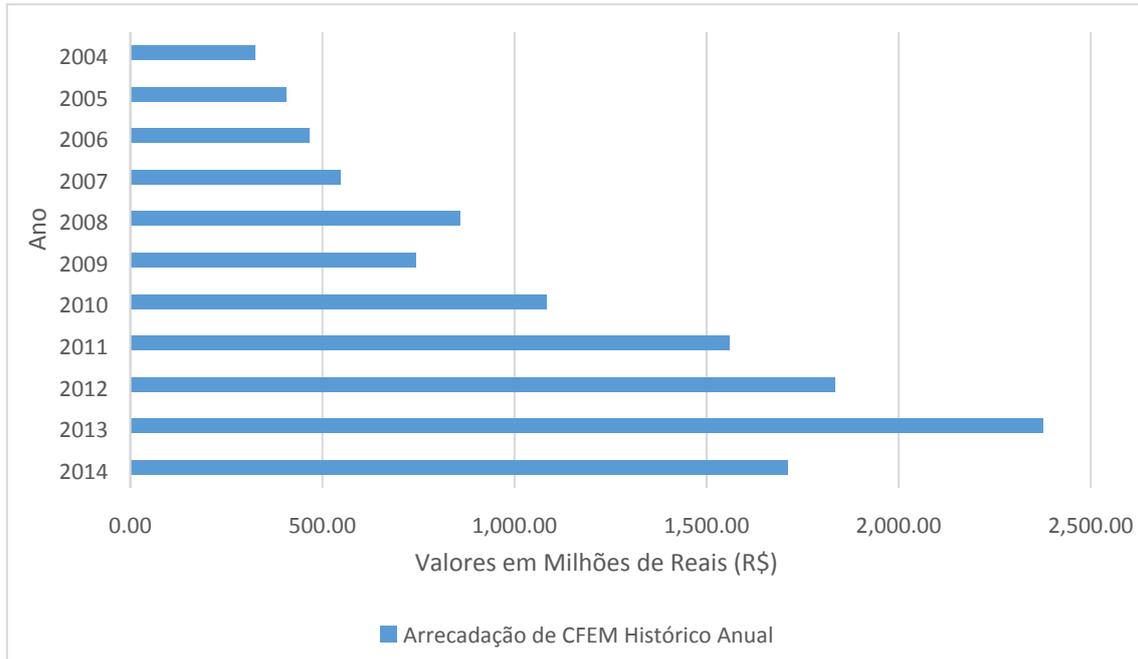
Apêndice 2 *Royalties* da Mineração

A extração de minérios em solo brasileiro por empresas privadas sejam elas nacionais ou internacionais enseja a obrigação tributária de arrecadar a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM, também chamada como *royalties* da mineração, obedecendo as alíquotas previstas na Lei 8.001/1990. O minerador paga uma porcentagem sobre o faturamento bruto, obrigatoriamente, como compensação financeira por explorar um recurso natural finito do Brasil.

Esta compensação financeira é o retorno da atividade minerária que impacta diretamente a população. Os tributos são arrecadados pelo órgão regulador da atividade e são repassados aos Municípios, Estados e Distrito Federal nos quais foi realizada a extração dos minérios.

Este tributo é uma “*contraprestação pela utilização econômica dos recursos minerais em seus respectivos territórios*”. Este é o entendimento do órgão regulador DNPM, que, após a criação Lei nº 13.540, de 18 de dezembro 2017, tornou-se Agência Nacional de Mineração – ANM.

A Constituição de 1988 assegurou aos entes federados Compensação Financeira pela Exploração dos Recursos Minerais - CFEM, conforme o artigo 20, §1º. Esse aspecto é de suma importância na compreensão sistemática da exploração mineral no Brasil. É por meio dessa compensação que os entes federados (União, Estados, Distrito Federal e Municípios) obtêm a parcela que lhes cabe do valor dos recursos minerais e podem aplicar tais receitas em prol da população – as quais se adicionam, é claro, os benefícios advindos da própria atividade industrial de exploração e aproveitamento dos recursos. O ano de 2013 foi recorde em arrecadação de CFEM no Brasil, foram R\$ 2,376 bilhões, e em 2014, R\$ 1,711 bilhões (IBRAM 2015)

Figura 11: Arrecadação de CFEM Histórico Anual

Fonte: IBRAM (2015)

A distribuição da compensação financeira é feita de acordo com os seguintes percentuais e critérios: 7% para a entidade reguladora do setor de mineração; 1% para o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FNDCT destinado ao desenvolvimento científico e tecnológico do setor mineral; 1,8% para o Centro de Tecnologia Mineral (Cetem), vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações para a realização de pesquisas, estudos e projetos de tratamento, beneficiamento e industrialização de bens minerais; 0,2% para o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), para atividades de proteção ambiental em regiões impactadas pela mineração; 15% para o Distrito Federal e os Estados onde ocorrer a produção; 60% para o Distrito Federal e os Municípios onde ocorrer a produção; 15% para o Distrito Federal e os Municípios, quando afetados pela atividade de mineração e a produção não ocorrer em seus territórios, nas seguintes situações: a) cortados pelas infraestruturas utilizadas para o transporte ferroviário ou dutoviário de substâncias minerais; b) afetados pelas operações portuárias e de embarque e desembarque de substâncias minerais; c) onde se localizem as pilhas de estéril, as barragens de rejeitos e as instalações de beneficiamento de substâncias minerais, bem como as demais instalações previstas no plano de aproveitamento econômico.

A CFEM incidirá: na venda, sobre a receita bruta da venda, deduzidos os tributos incidentes sobre sua comercialização; no consumo, sobre a receita bruta calculada, considerado o preço corrente do bem mineral, ou de seu similar, no mercado local, regional, nacional ou internacional, conforme o caso, ou o valor de referência, definido a partir do valor do produto final obtido após a conclusão do respectivo processo de beneficiamento; nas exportações, sobre a receita calculada, considerada como base de cálculo, no mínimo, o preço parâmetro definido pela Secretaria da Receita Federal do Brasil do Ministério da Fazenda, com fundamento no art. 19-A da Lei no 9.430, de 27 de dezembro de 1996, e na legislação complementar, ou, na hipótese de inexistência do preço parâmetro, será considerado o valor de referência, observado o disposto nos §§ 10 e 14 deste artigo; na hipótese de bem mineral adquirido em hasta pública, sobre o valor de arrematação; ou na hipótese de extração sob o regime de permissão de lavra garimpeira, sobre o valor da primeira aquisição do bem mineral” (FONTE: Lei nº 13.540, de 18 de dezembro de 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/CCivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13540.htm.)

As alíquotas das substâncias minerais são: 1% Rochas, areias, cascalhos, saibros e demais substâncias minerais quando destinadas ao uso imediato na construção civil; rochas ornamentais; águas minerais e termais; 1,5% Ouro; 2% Diamante e demais substâncias minerais; 3% Bauxita, manganês, nióbio e sal-gema; 3,5% podendo ser diminuída para até 2% com objetivo de não prejudicar a viabilidade econômica de jazidas com baixos desempenho e rentabilidade em razão do teor de ferro, da escala de produção, do pagamento de tributos e do número de empregados. (Fonte: Lei nº 13.540, de 18 de dezembro de 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/CCivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13540.htm) (Tabela 5)

A CFEM, portanto, é de grande importância para a arrecadação fiscal pública, para o desenvolvimento de pesquisas e investimentos, para o aprimoramento dos órgãos de fiscalização minerário e ambientais e para o provimento de bens públicos a exemplo da infraestrutura pública como portos, ferrovias, estradas, etc. Ou seja, o caráter compensatório da extração de um recurso não renovável do solo brasileiro irá gerar reinvestimento público no país. *“O papel dos royalties é o de promover a justa redistribuição dos benefícios econômicos que a mineração gera, com base em uma partilha dos ganhos entre o empreendedor e a sociedade”* (PNM 2030, 2011, p.65).

Tabela 5**Alíquotas para fins de incidência da CFEM**

a) Alíquotas das substâncias minerais:

ALÍQUOTA	SUBSTÂNCIA MINERAL
1% (Um por cento)	Rochas, areias, cascalhos, saibros e demais substâncias minerais quando destinadas ao uso imediato na construção civil; rochas ornamentais; águas minerais e termais
1,5% (um inteiro e cinco décimos por cento)	Ouro
2% (dois por cento)	Diamante e demais substâncias minerais
3% (três por cento)	Bauxita, manganês, nióbio e sal-gema
3,5% (três inteiros e cinco décimos por cento)	Ferro, observadas as letras b e c

b) Decreto do Presidente da República, a ser publicado em até noventa dias a partir da promulgação desta Lei, estabelecerá critérios para que a entidade reguladora do setor de mineração, mediante demanda devidamente justificada, possa reduzir, excepcionalmente, a alíquota da CFEM do ferro de 3,5% para até 2% com objetivo de não prejudicar a viabilidade econômica de jazidas com baixos desempenho e rentabilidade em razão do teor de ferro, da escala de produção, do pagamento de tributos e do número de empregados.

c) A decisão e o parecer técnico da entidade reguladora do setor de mineração relativos à redução da alíquota da CFEM, de que trata a letra b deste Anexo, serão divulgados em seu sítio oficial na internet, e a redução somente entrará em vigor sessenta dias a partir da divulgação.

Fonte: Lei nº 13.540, de 18 de dezembro de 2017

Anexo

Política Nacional de Segurança de Barragens PNSB

LEI Nº 12.334, DE 20 DE SETEMBRO DE 2010.

Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

CAPÍTULO I

DISPOSIÇÕES GERAIS

Art. 1º Esta Lei estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB).

Parágrafo único. Esta Lei aplica-se a barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais que apresentem pelo menos uma das seguintes características:

I - altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m (quinze metros);

II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos);

III - reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;

IV - categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 6º.

Art. 2º Para os efeitos desta Lei, são estabelecidas as seguintes definições:

I - barragem: qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas;

II - reservatório: acumulação não natural de água, de substâncias líquidas ou de mistura de líquidos e sólidos;

III - segurança de barragem: condição que vise a manter a sua integridade estrutural e operacional e a preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente;

IV - empreendedor: agente privado ou governamental com direito real sobre as terras onde se localizam a barragem e o reservatório ou que explore a barragem para benefício próprio ou da coletividade;

V - órgão fiscalizador: autoridade do poder público responsável pelas ações de fiscalização da segurança da barragem de sua competência;

VI - gestão de risco: ações de caráter normativo, bem como aplicação de medidas para prevenção, controle e mitigação de riscos;

VII - dano potencial associado à barragem: dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem.

CAPÍTULO II

DOS OBJETIVOS

Art. 3º São objetivos da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB):

I - garantir a observância de padrões de segurança de barragens de maneira a reduzir a possibilidade de acidente e suas consequências;

II - regulamentar as ações de segurança a serem adotadas nas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação e de usos futuros de barragens em todo o território nacional;

III - promover o monitoramento e o acompanhamento das ações de segurança empregadas pelos responsáveis por barragens;

IV - criar condições para que se amplie o universo de controle de barragens pelo poder público, com base na fiscalização, orientação e correção das ações de segurança;

V - coligir informações que subsidiem o gerenciamento da segurança de barragens pelos governos;

VI - estabelecer conformidades de natureza técnica que permitam a avaliação da adequação aos parâmetros estabelecidos pelo poder público;

VII - fomentar a cultura de segurança de barragens e gestão de riscos.

CAPÍTULO III

DOS FUNDAMENTOS E DA FISCALIZAÇÃO

Art. 4º São fundamentos da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB):

I - a segurança de uma barragem deve ser considerada nas suas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação e de usos futuros;

II - a população deve ser informada e estimulada a participar, direta ou indiretamente, das ações preventivas e emergenciais;

III - o empreendedor é o responsável legal pela segurança da barragem, cabendo-lhe o desenvolvimento de ações para garanti-la;

IV - a promoção de mecanismos de participação e controle social;

V - a segurança de uma barragem influi diretamente na sua sustentabilidade e no alcance de seus potenciais efeitos sociais e ambientais.

Art. 5º A fiscalização da segurança de barragens caberá, sem prejuízo das ações fiscalizatórias dos órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama):

I - à entidade que outorgou o direito de uso dos recursos hídricos, observado o domínio do corpo hídrico, quando o objeto for de acumulação de água, exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico;

II - à entidade que concedeu ou autorizou o uso do potencial hidráulico, quando se tratar de uso preponderante para fins de geração hidrelétrica;

III - à entidade outorgante de direitos minerários para fins de disposição final ou temporária de rejeitos;

IV - à entidade que forneceu a licença ambiental de instalação e operação para fins de disposição de resíduos industriais.

CAPÍTULO IV

DOS INSTRUMENTOS

Art. 6º São instrumentos da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB):

I - o sistema de classificação de barragens por categoria de risco e por dano potencial associado;

II - o Plano de Segurança de Barragem;

III - o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB);

IV - o Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente (Sinima);

V - o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental;

VI - o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais;

VII - o Relatório de Segurança de Barragens.

Seção I

Da Classificação

Art. 7º As barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, por dano potencial associado e pelo seu volume, com base em critérios gerais estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

§ 1º A classificação por categoria de risco em alto, médio ou baixo será feita em função das características técnicas, do estado de conservação do empreendimento e do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem.

§ 2º A classificação por categoria de dano potencial associado à barragem em alto, médio ou baixo será feita em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem.

Seção II

Do Plano de Segurança da Barragem

Art. 8º O Plano de Segurança da Barragem deve compreender, no mínimo, as seguintes informações:

I - identificação do empreendedor;

II - dados técnicos referentes à implantação do empreendimento, inclusive, no caso de empreendimentos construídos após a promulgação desta Lei, do projeto como construído, bem como aqueles necessários para a operação e manutenção da barragem;

III - estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem;

IV - manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento e relatórios de segurança da barragem;

V - regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem;

VI - indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos, a serem resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes, exceto aqueles indispensáveis à manutenção e à operação da barragem;

VII - Plano de Ação de Emergência (PAE), quando exigido;

VIII - relatórios das inspeções de segurança;

IX - revisões periódicas de segurança.

§ 1º A periodicidade de atualização, a qualificação do responsável técnico, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento dos planos de segurança deverão ser estabelecidos pelo órgão fiscalizador.

§ 2º As exigências indicadas nas inspeções periódicas de segurança da barragem deverão ser contempladas nas atualizações do Plano de Segurança.

Art. 9º As inspeções de segurança regular e especial terão a sua periodicidade, a qualificação da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento definidos pelo órgão fiscalizador em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem.

§ 1º A inspeção de segurança regular será efetuada pela própria equipe de segurança da barragem, devendo o relatório resultante estar disponível ao órgão fiscalizador e à sociedade civil.

§ 2º A inspeção de segurança especial será elaborada, conforme orientação do órgão fiscalizador, por equipe multidisciplinar de especialistas, em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem, nas fases de construção, operação e desativação, devendo considerar as alterações das condições a montante e a jusante da barragem.

§ 3º Os relatórios resultantes das inspeções de segurança devem indicar as ações a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança da barragem.

Art. 10. Deverá ser realizada Revisão Periódica de Segurança de Barragem com o objetivo de verificar o estado geral de segurança da barragem, considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, a atualização dos dados hidrológicos e as alterações das condições a montante e a jusante da barragem.

§ 1º A periodicidade, a qualificação técnica da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento da revisão periódica de segurança serão estabelecidos pelo órgão fiscalizador em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem.

§ 2º A Revisão Periódica de Segurança de Barragem deve indicar as ações a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança da barragem, compreendendo, para tanto:

I - o exame de toda a documentação da barragem, em particular dos relatórios de inspeção;

II - o exame dos procedimentos de manutenção e operação adotados pelo empreendedor;

III - a análise comparativa do desempenho da barragem em relação às revisões efetuadas anteriormente.

Art. 11. O órgão fiscalizador poderá determinar a elaboração de PAE em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem, devendo exigí-lo sempre para a barragem classificada como de dano potencial associado alto.

Art. 12. O PAE estabelecerá as ações a serem executadas pelo empreendedor da barragem em caso de situação de emergência, bem como identificará os agentes a serem notificados dessa ocorrência, devendo contemplar, pelo menos:

I - identificação e análise das possíveis situações de emergência;

II - procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento ou de condições potenciais de ruptura da barragem;

III - procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência, com indicação do responsável pela ação;

IV - estratégia e meio de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas em situação de emergência.

Parágrafo único. O PAE deve estar disponível no empreendimento e nas prefeituras envolvidas, bem como ser encaminhado às autoridades competentes e aos organismos de defesa civil.

Seção III

Do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB)

Art. 13. É instituído o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), para registro informatizado das condições de segurança de barragens em todo o território nacional.

Parágrafo único. O SNISB compreenderá um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de suas informações, devendo contemplar barragens em construção, em operação e desativadas.

Art. 14. São princípios básicos para o funcionamento do SNISB:

I - descentralização da obtenção e produção de dados e informações;

II - coordenação unificada do sistema;

III - acesso a dados e informações garantido a toda a sociedade.

Seção IV

Da Educação e da Comunicação

Art. 15. A PNSB deverá estabelecer programa de educação e de comunicação sobre segurança de barragem, com o objetivo de conscientizar a sociedade da importância da segurança de barragens, o qual contemplará as seguintes medidas:

I - apoio e promoção de ações descentralizadas para conscientização e desenvolvimento de conhecimento sobre segurança de barragens;

II - elaboração de material didático;

III - manutenção de sistema de divulgação sobre a segurança das barragens sob sua jurisdição;

IV - promoção de parcerias com instituições de ensino, pesquisa e associações técnicas relacionadas à engenharia de barragens e áreas afins;

V - disponibilização anual do Relatório de Segurança de Barragens.

CAPÍTULO V

DAS COMPETÊNCIAS

Art. 16. O órgão fiscalizador, no âmbito de suas atribuições legais, é obrigado a:

I - manter cadastro das barragens sob sua jurisdição, com identificação dos empreendedores, para fins de incorporação ao SNISB;

II - exigir do empreendedor a anotação de responsabilidade técnica, por profissional habilitado pelo Sistema Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (Confea) / Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (Crea), dos estudos, planos, projetos, construção, fiscalização e demais relatórios citados nesta Lei;

III - exigir do empreendedor o cumprimento das recomendações contidas nos relatórios de inspeção e revisão periódica de segurança;

IV - articular-se com outros órgãos envolvidos com a implantação e a operação de barragens no âmbito da bacia hidrográfica;

V - exigir do empreendedor o cadastramento e a atualização das informações relativas à barragem no SNISB.

§ 1º O órgão fiscalizador deverá informar imediatamente à Agência Nacional de Águas (ANA) e ao Sistema Nacional de Defesa Civil (Sindec) qualquer não conformidade que implique risco imediato à segurança ou qualquer acidente ocorrido nas barragens sob sua jurisdição.

§ 2º O órgão fiscalizador deverá implantar o cadastro das barragens a que alude o inciso I no prazo máximo de 2 (dois) anos, a partir da data de publicação desta Lei.

Art. 17. O empreendedor da barragem obriga-se a:

I - prover os recursos necessários à garantia da segurança da barragem;

II - providenciar, para novos empreendimentos, a elaboração do projeto final como construído;

III - organizar e manter em bom estado de conservação as informações e a documentação referentes ao projeto, à construção, à operação, à manutenção, à segurança e, quando couber, à desativação da barragem;

IV - informar ao respectivo órgão fiscalizador qualquer alteração que possa acarretar redução da capacidade de descarga da barragem ou que possa comprometer a sua segurança;

V - manter serviço especializado em segurança de barragem, conforme estabelecido no Plano de Segurança da Barragem;

VI - permitir o acesso irrestrito do órgão fiscalizador e dos órgãos integrantes do Sindec ao local da barragem e à sua documentação de segurança;

VII - providenciar a elaboração e a atualização do Plano de Segurança da Barragem, observadas as recomendações das inspeções e as revisões periódicas de segurança;

VIII - realizar as inspeções de segurança previstas no art. 9º desta Lei;

IX - elaborar as revisões periódicas de segurança;

X - elaborar o PAE, quando exigido;

XI - manter registros dos níveis dos reservatórios, com a respectiva correspondência em volume armazenado, bem como das características químicas e físicas do fluido armazenado, conforme estabelecido pelo órgão fiscalizador;

XII - manter registros dos níveis de contaminação do solo e do lençol freático na área de influência do reservatório, conforme estabelecido pelo órgão fiscalizador;

XIII - cadastrar e manter atualizadas as informações relativas à barragem no SNISB.

Parágrafo único. Para reservatórios de aproveitamento hidrelétrico, a alteração de que trata o inciso IV também deverá ser informada ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

CAPÍTULO VI

DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 18. A barragem que não atender aos requisitos de segurança nos termos da legislação pertinente deverá ser recuperada ou desativada pelo seu empreendedor, que deverá comunicar ao órgão fiscalizador as providências adotadas.

§ 1º A recuperação ou a desativação da barragem deverá ser objeto de projeto específico.

§ 2º Na eventualidade de omissão ou inação do empreendedor, o órgão fiscalizador poderá tomar medidas com vistas à minimização de riscos e de danos potenciais associados à segurança da barragem, devendo os custos dessa ação ser ressarcidos pelo empreendedor.

Art. 19. Os empreendedores de barragens enquadradas no parágrafo único do art. 1º terão prazo de 2 (dois) anos, contado a partir da publicação desta Lei, para submeter à aprovação dos órgãos fiscalizadores o relatório especificando as ações e o cronograma para a implantação do Plano de Segurança da Barragem.

Parágrafo único. Após o recebimento do relatório de que trata o **caput**, os órgãos fiscalizadores terão prazo de até 1 (um) ano para se pronunciarem.

Art. 20. O art. 35 da [Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997](#), passa a vigorar acrescido dos seguintes incisos XI, XII e XIII:

“Art. 35.

.....

XI - zelar pela implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB);

XII - estabelecer diretrizes para implementação da PNSB, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB);

XIII - apreciar o Relatório de Segurança de Barragens, fazendo, se necessário, recomendações para melhoria da segurança das obras, bem como encaminhá-lo ao Congresso Nacional.” (NR)

Art. 21. O **caput** do art. 4º da [Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000](#), passa a vigorar acrescido dos seguintes incisos XX, XXI e XXII:

“Art. 4º

.....

XX - organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB);

XXI - promover a articulação entre os órgãos fiscalizadores de barragens;

XXII - coordenar a elaboração do Relatório de Segurança de Barragens e encaminhá-lo, anualmente, ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), de forma consolidada.

.....” (NR)

Art. 22. O descumprimento dos dispositivos desta Lei sujeita os infratores às penalidades estabelecidas na legislação pertinente.

Art. 23. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Brasília, 20 de setembro de 2010; 189º da Independência e 122º da República.