

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG**  
**FACULDADE DE ECONOMIA**  
**CENTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO**

Victor Ramon Oliveira Moraes

**PRODUÇÃO DESTRUTIVA, DEPENDÊNCIA E MINERAÇÃO: implicações  
socioeconômicas da exploração mineral industrial no Brasil**

**Belo Horizonte**

**2024**

Victor Ramon Oliveira Moraes

**PRODUÇÃO DESTRUTIVA, DEPENDÊNCIA E MINERAÇÃO: implicações  
socioeconômicas da exploração mineral industrial no Brasil**

Dissertação apresentada ao Centro de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Administração

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Deise Luiza da Silva Ferraz

Belo Horizonte

2024

Ficha catalográfica

M828p Moraes, Victor Ramon Oliveira.

2024 Produção destrutiva, dependência e mineração [manuscrito]:  
implicações socioeconômicas da exploração mineral industrial no  
Brasil / Victor Ramon Oliveira Moraes. – 2024.  
1 v.

Orientadora: Deise Luiza da Silva Ferraz.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais,  
Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração.

Inclui bibliografia e anexos.

1. Minas e recursos minerais - Teses. 2. Trabalho – Teses – 3.  
Administração – Teses. I. Ferraz, Deise Luiza da Silva. II. Universidade  
Federal de Minas Gerais. Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em  
Administração. III. Título.

CDD: 658

Elaborado por Fabiana Santos

CRB-6/2530 Biblioteca da

FACE/UFMG. – FS/112/2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS  
CENTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISAS EM ADMINISTRAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

### **ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ADMINISTRAÇÃO do Senhor **VICTOR RAMON OLIVEIRA MORAES**, REGISTRO N° 779/2024 No dia 27 de março de 2024, às 14:00 horas, reuniu-se remotamente, por videoconferência, a Comissão Examinadora de Dissertação, indicada pelo Colegiado do Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração do CEPEAD, em 08 de março de 2024, para julgar o trabalho final intitulado "**Produção Destrutiva, dependência e mineração: implicações socioeconômicas da exploração mineral industrial no Brasil**", requisito para a obtenção do **Grau de Mestre em Administração**, linha de pesquisa: **Estudos Organizacionais, Trabalho e Pessoas**. Abrindo a sessão, a Senhora Presidente da Comissão, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Deise Luiza da Silva Ferraz, após dar conhecimento aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra ao candidato para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores com a respectiva defesa do candidato. Logo após, a Comissão se reuniu sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do seguinte resultado final:

( X ) APROVAÇÃO

( ) REPROVAÇÃO

O resultado final foi comunicado publicamente ao candidato pela Senhora Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, a Senhora Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 27 de março de 2024.

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Deise Luiza da Silva Ferraz  
ORIENTADORA - CEPEAD/UFMG

Prof. Dr. Henrique Almeida de Queiroz  
UFJF

Prof. Dr. José Henrique de Faria  
UFPR

Prof. Dr. Rossi Henrique Soares Chaves



Documento assinado eletronicamente por **Deise Luiza da Silva Ferraz, Professora do Magistério Superior**, em 12/04/2024, às 11:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Henrique Almeida de Queiroz, Usuário Externo**, em 27/04/2024, às 16:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rossi Henrique Soares Chaves, Usuário Externo**, em 29/04/2024, às 12:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **José Henrique de Faria, Usuário Externo**, em 02/05/2024, às 15:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufmg.br/sei/controlador externo.php?acao=documento conferir&id orgao acesso externo=0>, informando o código verificador **3133645** e o código CRC **6AA996D1**.

## **Agradecimentos**

Nas próximas linhas tentarei agradecer a pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a produção deste trabalho e para a minha formação acadêmica. Isso implica, necessariamente, em não contemplar de maneira integral todas as pessoas que contribuíram, diretamente ou indiretamente, nesta caminhada que venho trilhando desde 2022.

A todos os meus familiares, pais, tios, avós e primos, deixo a minha mais profunda gratidão pelo apoio incondicional, emocional e material, para que eu chegasse até aqui. Sem a confiança e o apoio de vocês nada disso seria realizável. Gostaria de agradecer em especial ao meu avô, Francisco Alberto, e à minha avó, Lindelse Neves, por conversarem comigo sobre o meu trabalho e por todos conselhos e cuidados. É inenarrável o sentimento de gratidão e amor que sinto por vocês, e orgulha-me perceber que de algum jeito o meu jeito traz um pouco de vocês. Inspirações maiores, como a Bahia foi para Dorival.

Gostaria de agradecer imensamente à professora Dra. Deise Luiza da Silva Ferraz, orientadora desta dissertação, pelos ensinamentos, discussões e conselhos, que foram essenciais para o meu desenvolvimento acadêmico e pessoal. Deixo registrada também minha profunda gratidão ao professor Dr. Rossi Henrique Soares Chaves pelas discussões e por todas as vezes que me estendeu a mão em ajuda, tornando as coisas mais leves e claras. Vocês foram extremamente importantes para minha formação acadêmica e humana, e ensinaram-me a enxergar além. Agradeço, sobretudo, pela amizade e pelo companheirismo que sempre tiveram comigo.

Registro os meus mais profundos agradecimentos ao Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais pela bolsa de mestrado concedida e por proporcionar todo o material necessário para o desenvolvimento da pesquisa. Além disso, agradeço à CAPES pela concessão de verba para apresentação de trabalhos derivados da dissertação em congressos. Agradeço também à Universidade Federal de Minas Gerais, em especial ao programa de pós-graduação em administração (CEPEAD), por todo o aprendizado e pelas oportunidades nestes 2 anos de mestrado.

Gostaria de agradecer ainda aos professores Bruno Bechara e Carlyne Barros pelas oportunidades e por contribuírem com o meu desenvolvimento enquanto pesquisador. Para mim, é um privilégio ter pesquisado com vocês. Não poderia deixar de agradecer também a

João Pedro Spagnollo e Scarlett Lauriano pela revisão do texto e tradução do resumo, além de estimados amigos também foram fundamentais para produção desse material. Por fim, não poderia esquecer os agradecimentos às pessoas que me apoiaram de alguma maneira durante o mestrado: Matheus Martins, Jefferson Goes, Paula Fernandes, Marília Duarte, Ramom Carvalho, Cecília Hamacek, Kaio Rosa, Gabriel Neves, João Victor Ribeiro, Karol Figueiredo e tantos outros incontáveis companheiros e companheiras essenciais durante o período em que estive no mestrado. Obrigado por estarem ao meu lado durante essa trajetória.

O Rio? É doce.  
A Vale? Amarga.  
Ai, antes fosse  
Mais leve a Carga

Entre estatais  
e multinacionais,  
quantos ais!

A dívida interna.  
A dívida externa.  
A dívida eterna.

Quantas toneladas exportamos  
De ferro?  
Quantas lágrimas disfarçamos  
Sem berro?

**Lira Itabirana – Carlos Drummond de Andrade**

## Resumo

A presente dissertação tem como objetivo apreender as contradições dos processos produtivos mineradores industriais em suas manifestações econômicas, sociais, nas relações de trabalho e de produção das condições materiais de existência. Os objetivos específicos elencados foram, respectivamente: a) investigar os desdobramentos da produção mineral na economia dos principais municípios mineradores; b) entender quais são os principais elementos do processo produtivo que culminam no adoecimento dos trabalhadores da indústria extrativa mineral contemporaneamente; e c) Analisar quais são os potenciais riscos e danos relacionados com a forma pela qual o rejeito e o estéril do processo mineral industrial é predominantemente tratado no Brasil. Para tanto, o aporte teórico metodológico adotado na pesquisa foi o materialismo histórico, de modo que se tornou possível a apreensão do real e o distanciamento das manifestações meramente imediatas. Dessa forma, realizou levantamento bibliográfico por meio da metodologia de *scoping review* para identificar como a produção do conhecimento têm abordado a temática em tela e para identificar lacunas críticas passíveis de serem exploradas. Além disso, foram coletados dados a partir de levantamentos documentais em relatórios financeiros e de sustentabilidade das principais empresas que operam no Brasil, além da coleta em bancos de dados de propriedade de órgãos públicos e de organizações do terceiro setor relacionadas à temática da exploração mineral. Os dados foram analisados de maneira descritiva e exploratória, conjuntamente com o referido aporte teórico. A investigação, que parte da primazia do objeto de investigação, identificou como principais resultados que os impactos socioeconômicos nos principais municípios brasileiros que desempenham a atividade mineral estão relacionados sobretudo a: i) relação de dependência econômica que se estabelece nos territórios em que se desenvolvem as atividades mineradoras; ii) ao processo socialmente determinado de adoecimento e acidentalidade da força de trabalho tão recorrente e deletério no setor mineral; e iii) utilização e às condições precárias de segurança e estabilidade de barragens de rejeitos utilizadas no processo de produção. Por fim, conclui-se que a forma como a produção extrativa mineral industrial se realiza no Brasil priva as populações do acesso à terra e das possibilidades de reprodução da própria existência, ao passo que geram dependência econômica por parte da administração pública municipal. As expropriações resultam na radical modificação do espaço em favor da produção de valor e da maximização dos lucros e a produção mineradora se constitui como um fator de adoecimento para toda sociedade, ao passo que manifesta sua nefasta destrutividade nas cargas de trabalho deletérias à saúde dos trabalhadores, que têm o seu nexu biopsíquico paulatinamente desgastado em função do

processo de trabalho, ocasionando inúmeros afastamentos, tanto acidentários quanto não acidentários. As condições de vida e de reprodução da existência nos territórios em que a mineração industrial se realiza veem-se comprometidas, tendo em vista o curto prazo para o esgotamento dos recursos minerais não renováveis explorados de maneira cada vez mais acelerada. A utilização de barragens de rejeito nos territórios, que se justifica pela redução dos custos produtivos, representa um potencial destrutivo de gigantesca magnitude para a vida em sociedade.

**Palavras-chave:** mineração; processo de trabalho-saúde; dependência; produção destrutiva; barragens de rejeitos.

## **Abstract**

This dissertation aims to understand the contradictions of industrial mining production processes in their economic and social manifestations, in work relations and in the production of material conditions of existence. The specific objectives listed were, respectively: a) to investigate the consequences of mineral production in the economy of the main mining municipalities; b) understand what are the main elements of the production process that culminate in the illness of workers in the mineral extractive industry at the same time; and c) Analyze the potential risks and damages related to the way in which waste and waste from the industrial mineral process is predominantly treated in Brazil. To this end, the theoretical and methodological support adopted in the research was historical materialism, so that it became possible to grasp the real and distance itself from merely immediate manifestations. In this way, a bibliographical survey was carried out using the scoping review methodology to identify how the production of knowledge has addressed the topic at hand and to identify critical gaps that can be explored. In addition, data was collected from documentary surveys in financial and sustainability reports from the main companies operating in Brazil, in addition to collection in databases owned by public bodies and third sector organizations related to the topic of mineral exploration. The data were analyzed in a descriptive and exploratory manner, together with the aforementioned theoretical contribution. The investigation, which starts from the primacy of the object of investigation, identified as main results that the socioeconomic impacts in the main Brazilian municipalities that carry out mining activities are mainly related to: i) relationship of economic dependence that is established in the territories in which the mining activities are developed mining activities; ii) the socially determined process of illness and accidental occurrence of the workforce, which is so recurrent and harmful in the mineral sector; and iii) use and precarious conditions of safety and stability of tailings dams used in the production process. Finally, it is concluded that the way in which industrial mineral extractive production is carried out in Brazil deprives populations of access to land and the possibilities of reproducing their own existence, while generating economic dependence on the part of the municipal public administration. Expropriations result in the radical modification of space in favor of the production of value and the maximization of profits and mining production constitutes a factor of illness for the entire society, while it manifests its harmful destructiveness in workloads that are harmful to the health of workers. , which have their biopsychic nexus gradually eroded due to the work process, causing numerous leaves of absence, both accidental and non-accidental. The conditions of life and reproduction of existence in the territories where

industrial mining takes place are compromised, given the short term for the depletion of non-renewable mineral resources exploited in an increasingly accelerated manner. The use of tailings dams in the territories, which is justified by the reduction in production costs, represents a destructive potential of gigantic magnitude for life in society.

**Keywords:** mining, workplace health process, dependency, destructive production, tailing dams.

## Lista de Ilustrações

Figura 1 – Produção de ouro no Brasil ao longo do século XVIII	34
Gráfico 1 – Preço do Minério de Ferro em US\$D por tonelada no mercado internacional	42
Gráfico 2 – Preço da Tonelada de Cobre por US\$D no mercado internacional	42
Gráfico 3 – Lucro das principais empresas mineradoras brasileiras entre 2006 e 2022	43
Gráfico 4 – Depreciação e Amortização das principais empresas mineradoras no Brasil em milhões de US\$ nos últimos 20 anos	50
Figura 2 - Mapa da expansão da mineração no estado de Minas Gerais por décadas durante os anos 1980 até 2014	54
Figura 3: Lavra Convencional e Sistema Truckless	58
Figura 4 – Síntese do processo produtivo mineral grande industrial	67
Gráfico 5 – Gastos com pesquisa e desenvolvimento da Vale e Anglo American ao longo dos anos em milhões de US\$	68
Gráfico 6 – Gastos com capital em milhões de US\$ da Vale e da Anglo American ao longo do tempo	69
Gráfico 7 – Gastos com implementação de projetos e gastos para manutenção da estrutura já existente da Vale e da Anglo American ao longo dos anos	70
Gráfico 8 – Valor adicionado ao PIB anualmente por atividade econômica em Parauapebas	73
Gráfico 9 – Valor adicionado ao PIB anualmente por atividade econômica em Canaã dos Carajás	74
Gráfico 10 – Valor adicionado ao PIB anualmente por atividade econômica em Conceição do Mato Dentro	74
Gráfico 11 – Valor adicionado ao PIB anualmente por atividade econômica em São Gonçalo do Rio Abaixo	74
Gráfico 12 – Valor adicionado ao PIB anualmente por atividade econômica em Itabirito	75
Gráfico 13 – Valor adicionado ao PIB anualmente por atividade econômica em Mariana	76

Gráfico 14 – Valor adicionado ao PIB anualmente por atividade econômica em Itabira	76
Gráfico 15 – Valor adicionado ao PIB anualmente por atividade econômica em Congonhas	77
Gráfico 16 – Valor adicionado ao PIB anualmente por atividade econômica em Nova Lima	77
Gráfico 17 – Valor adicionado ao PIB anualmente por atividade econômica em Marabá	78
Gráfico 18 – Área plantadas ou destinadas à colheita para o período de 2005 a 2022 em termos percentuais, ano base 2005	79
Gráfico 19 – Variação percentual da participação do setor agropecuário na composição da produção interna municipal entre 2005 e 2021	82
Gráfico 20 – Participação percentual da agropecuária nos estados do Pará e Minas Gerais	82
Gráfico 21 – Variação percentual na receita municipal total e na arrecadação de CFEM em Parauapebas, com ano base 2013	84
Gráfico 22 – Variação percentual na receita municipal total e na arrecadação de CFEM em Canaã dos Carajás, com ano base 2013	84
Gráfico 23 – Variação percentual na receita municipal total e na arrecadação de CFEM em Conceição do Mato Dentro, com ano base 2013	85
Gráfico 24 – Variação percentual na receita municipal total e na arrecadação de CFEM em Itabirito, com ano base 2013	85
Gráfico 25 – Variação percentual na receita municipal total e na arrecadação de CFEM em Mariana, com ano base 2013	86
Gráfico 26 – Variação percentual na receita municipal total e na arrecadação de CFEM em São Gonçalo do Rio Abaixo, com ano base 2013	86
Gráfico 27 – Variação percentual na receita municipal total e na arrecadação de CFEM em Itabira, com ano base 2013	87
Gráfico 28 – Variação percentual na receita municipal total e na arrecadação de CFEM em Congonhas, com ano base 2014	87
Gráfico 29 – Variação percentual na receita municipal total e na arrecadação de CFEM em Nova Lima, com ano base 2013	88

Gráfico 30 – Variação percentual na receita municipal total e na arrecadação de CFEM em Marabá, com ano base 2013	88
Gráfico 31 – Frequência Acumulada de admitidos e desligados na indústria extrativa mineral para os municípios de análise entre 2011 e 2019	92
Gráfico 32 – Percentual de postos de emprego por setor do IBGE em Parauapebas em 2021	93
Gráfico 33 – Percentual de postos de emprego por setor do IBGE em Canaã dos Carajás em 2021	93
Gráfico 34 – Percentual de postos de emprego por setor do IBGE em Conceição do Mato Dentro em 2021	94
Gráfico 35 – Percentual de postos de emprego por setor do IBGE em Itabirito em 2021	94
Gráfico 36 – Percentual de postos de emprego por setor do IBGE em Mariana em 2021	95
Gráfico 37 – Percentual de postos de emprego por setor do IBGE em São Gonçalo do Rio Abaixo em 2021	95
Gráfico 38 – Percentual de postos de emprego por setor do IBGE em Itabira em 2021	96
Gráfico 39 – Percentual de postos de emprego por setor do IBGE em Congonhas em 2021	96
Gráfico 40 – Percentual de postos de emprego por setor do IBGE em Nova Lima em 2021	97
Gráfico 41 – Percentual de postos de emprego por setor do IBGE em Marabá em 2021	97
Gráfico 42 – Funcionários próprios, terceirizados e remuneração	101
Gráfico 43 – Principais Agentes Causadores de Acidentes de Trabalho na Indústria Mineral Extrativa (2020-2022) - Acumulado de todos os municípios	103
Figura 5 – Mapa das barragens com Categoria de Risco Alta no Brasil em 2022	131
Figura 6 - Mapa das barragens com Categoria de Risco Alta em Minas Gerais em 2022	131
Gráfico 44 – Acidentes com barragens por grau de severidade no mundo por décadas	135
Figura 7 - Cronologia da barragem de Fundão	139
Figura 8 - Receita de vendas, produção física e estimativa de investimento em saúde do e segurança do trabalho na Vale	140

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Quantidade de empresas e pessoas físicas por Porte de Minas, Usinas, Captação e Complexos para empreendimentos mineradores de recursos minerais metálicos em 2021 (Ferro, Níquel, Cobre e Ouro)	31
Tabela 2 – Principais cidades mineradoras no Brasil em 2022	32
Tabela 3 – Aquisições e fusões da Vale S.A. no século XXI	44
Tabela 4 – Empresas de Mineração líderes de mercado em todo mundo com base na capitalização de mercado em março de 2023. (em bilhões de dólares)	52
Tabela 5 – Patentes e respectivas funções tecnológicas desenvolvidas pela Vale na etapa de lavra no processo de produção	59
Tabela 6 – Patentes e funções tecnológicas desenvolvidas pela Vale na etapa de beneficiamento de minérios	62
Tabela 7 – Patentes e funções tecnológicas desenvolvidas pela Vale na logística de transporte (ferrovia e porto)	64
Tabela 8 – Percentual de variação em áreas destinadas para plantação ou para colheita entre 2005 e 2022	80
Tabela 9 – Percentual médio de variação de áreas destinadas para plantação ou colheita entre 2005 e 2022. Ano base 2005	81
Tabela 10 – Remuneração dos trabalhadores da indústria extrativa mineral nos principais municípios mineradores por faixas de salário-mínimo no ano de 2021	102
Tabela 11 – Grau de escolaridade da força de trabalho da indústria extrativa mineral para substâncias minerais metálicas para os municípios selecionados no ano de 2021	103
Tabela 12 – Principais classificações de riscos ocupacionais e exposições no setor extrativo mineral	106
Tabela 13 – Perfil dos afastamentos acumulados para o intervalo de 2012 a 2022 na indústria extrativa de substâncias minerais metálicas para os municípios selecionados	107

Tabela 14 – Classificação dos afastamentos não acidentários para indústria extrativa de substâncias minerais metálicas por Código Internacional de Doença (CID) no período de 2020 a 2022 para os municípios analisados	109
Tabela 15 – Número de afastamentos não acidentários conforme a Classificação Internacional de Doenças para produção de minério de ferro e substâncias minerais metálicas não ferrosas entre 2020 e 2022 para os principais municípios mineradores	110
Tabela 16 – Número acumulado de afastamentos não acidentários para as 5 principais ocupações da indústria extrativa mineral nos 10 municípios analisados no período de 2020 a 2022	112
Tabela 17 – Principais Grupos de Agentes Causadores de Acidentes de Trabalho no Setor Mineral para os Municípios Selecionados	113
Tabela 18 – Lesões mais frequentes na indústria extrativa mineral de minerais metálicos para os municípios pesquisados (2020-2022)	116
Tabela 19 – Partes do corpo mais frequentemente atingidas (2010-2022) para indústrias extrativas de minerais metálicos nos municípios de análise	117
Tabela 20 – Número acumulado de afastamentos acidentários para as 5 principais ocupações da indústria extrativa mineral nos 10 municípios analisados no período de 2020 a 2022	118
Tabela 21 – Ano de exaustão das principais reservas minerais de ferro, níquel, cobre e manganês exploradas pela Vale no Brasil	120
Tabela 22 – Barragens por dano potencial associado (DPA) nos municípios estudados em 2023	124
Tabela 23 – Classificação quanto ao dano potencial associado – DPA	125
Tabela 24 – Características das Barragens de Alto Risco no Brasil	128
Tabela 25 – Rompimentos de barragens por país e grau de severidade ao longo do século XXI (até 2022)	132
Tabela 26 – Rompimentos de Barragens no Brasil ao longo do século XXI até o ano de 2022	133
Tabela 27 – Média Anual de Acidentes e Falhas com Barragens por décadas ao longo do tempo	

em todo o mundo 136

Tabela 28 – Número de acidentes e falhas com barragens de rejeitos consideradas sérias ou muito sérias no século XXI por regiões continentais 136

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>2. MÉTODO</b> .....	25
2.1. Levantamento Bibliográfico .....	26
2.2. Bases de Dados .....	27
2.3. Levantamento Documental. ....	29
<b>3. A GRANDE INDÚSTRIA MINERADORA NO BRASIL CONTEMPORÂNEO</b> .....	30
3.1. Reestruturação do setor mineral e expansão da fronteira mineradora brasileira.....	40
3.2 O processo produtivo mineral industrial brasileiro e os avanços tecnológicos.....	55
<b>4. ESPAÇO, DEPENDÊNCIA E PRODUÇÃO MINERAL NOS MUNICÍPIOS</b> .....	72
4.1 Trabalho, concentração de postos de emprego e remuneração.....	89
<b>5. O PROCESSO SOCIALMENTE DETERMINADO DE ADOECIMENTO DA FORÇA DE TRABALHO EMPREGADA PELA INDÚSTRIA EXTRATIVA MINERAL</b> .....	104
<b>6. PRODUÇÃO DESTRUTIVA E BARRAGENS DE REJEITO</b> .....	119
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	143
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	147
<b>ANEXOS</b> .....	158

## 1. INTRODUÇÃO

A atividade extrativa mineral se configura como uma atividade econômica que possui relevância no processo de desenvolvimento social brasileiro. Com a extração de ouro, tal atividade teve início ao longo do século XVIII, mas já a partir do século XIX a extração de minério de ferro passa a se configurar como principal atividade de exploração mineral em termos de faturamento total (Prado Jr., 2011). A exploração extrativa, que foi o principal fator determinante para o povoamento do interior do Brasil, realizou-se neste período, em proveito das nações centrais, já que as colônias se viam estabelecidas no comércio mundial como uma vasta empresa colonial nos trópicos, tendo a sua produção destinada às metrópoles (Prado Jr., 1965).

Na hodiernidade, a mineração ainda possui uma relevância central na economia brasileira, com a permanência da orientação exportadora e da exploração desigual dos recursos minerais em direção aos países centrais. Ainda nos dias de hoje, o Brasil é um país especializado na produção e exportação de commodities (Carvalho, 2018), posição já secular assumida pelo país na divisão internacional do trabalho, que se perpetua e se acentua sob a ótica da dependência e da globalização no fim do século XX, que tende a provocar uma reprimarização da pauta exportadora e uma desigualdade nos termos de troca entre as nações centrais e periféricas do capitalismo (Martins, 2011). No ano de 2020, a mineração representou parcela substancial da produção interna anual, cerca de 5%, equivalendo a 47,885 bilhões de dólares, enquanto o minério de ferro se configura como o segundo principal produto da pauta exportadora brasileira, de acordo com o Anuário Mineral Brasileiro de 2022 (ANM, 2022).

Se, por um lado, a mineração se estabelece como um setor central para reprodução ampliada do capitalismo no Brasil, por outro, muitos são os impactos socioeconômicos e ambientais advindos da atividade mineradora da grande indústria. Dessa forma, apesar de a produção mineral se realizar a partir de distintas bases técnicas, como ocorre nos empreendimentos minerais manufatureiros de agregados ou de rochas ornamentais, ou ainda nos empreendimentos cooperativos minerais que exploram em grande parte pedras preciosas e ouro (IBGM, 2018), a presente investigação se volta para o estudo da atividade produtiva mineradora da grande indústria. Como veremos adiante, a grande indústria mineradora brasileira está vinculada sobretudo à produção de substâncias minerais metálicas, principalmente o ferro, o cobre e o níquel.

Nesse sentido, compreende-se a grande indústria como sendo a base técnica em que ocorre a introdução da maquinaria combinada, que dita em conjunto o ritmo e a realização do processo de produção: trata-se de uma cooperação entre máquinas operadas por trabalhadores, tornados um apêndice da máquina. Nesse estágio de desenvolvimento das forças produtivas, busca-se construir um sistema articulado de máquinas com o menor número possível de interrupções e de intervenções humanas. Ocorre, dessa maneira, na grande indústria, a completa subsunção do trabalho ao domínio do capitalista, que dita não só a forma pela qual o processo de trabalho será organizado a partir da base técnica não desenvolvida no bojo do desenvolvimento capitalista, mas também determina tal base técnica que subjaz a forma como o trabalho será executado. Essa subsunção só se torna possível com a utilização de um sistema articulado de maquinaria, capaz de orientar o ritmo e a intensidade do processo de produção (Marx, 2015). Decorre disso, também, que o processo produtivo mineral sob o modo de produção capitalista é extremamente perigoso e insalubre para os trabalhadores, o setor possui o maior número de acidentes do trabalho no Brasil contemporaneamente. Os trabalhadores da grande indústria extrativa mineral são expostos a cargas de trabalho de diversas naturezas, que contribuem gradativamente para o desgaste dessa força de trabalho através dos acidentes e adoecimentos no trabalho. Além disso, observa-se um intenso processo de terceirização da força de trabalho nos últimos anos, reduzindo a remuneração dos trabalhadores e aumentando a desresponsabilização das empresas mineradoras (Milanez *et al.*, 2017)

Outro aspecto da atividade mineradora é apontado por Santos (2012), em cada espaço se desenvolvem processos produtivos e formas de acumulação de capital específicas, de modo que ocorre um processo de especialização das cidades na produção de determinados produtos e serviços, podendo estabelecer relações de troca com o mercado interno e com o mercado externo. Tal especialização pode ser observada sobremaneira nas cidades em que se encontram recursos naturais minerais, nessas localidades se cria uma dependência da referida atividade produtiva atrelada a capitais externos ao passo que os rastros dessa produção são sentidos, de modo mais intenso, pela comunidade local e regional.

Segundo da Silva e Andrade (2010), tratando-se de uma atividade produtiva que se realiza através da intervenção direta no meio ambiente, muitos são os danos ambientais e sociais ocasionados diretamente pelo processo de produção mineral, sendo os principais: supressão da cobertura vegetal, remoção de solos superficiais produtivos, exposição dos solos mais profundos a processos erosivos que podem culminar no assoreamento de meios fluviais, poluição dos recursos hídricos com diversos metais e bioacumulação de metais em peixes e

outros animais de mesma cadeia alimentar. Como aponta Padilha (2020), ocorre também o comprometimento de estruturas urbanas por meio de rachaduras e tremores, em virtude da trepidação do trem de carga e das atividades extrativas, que envolvem explosões e a britagem do minério.

No quadrilátero ferrífero e na Serra de Carajás (principais locais de exploração mineral nos estados de Minas Gerais e do Pará, respectivamente), a atividade minerária vem desmatando e impedindo a capacidade de regeneração da mata atlântica e de tipos específicos de vegetação nativa de regiões que reservas ferríferas, os campos rupestres ferruginosos. As espécies vegetais presentes nestes locais possuem um papel fundamental para a manutenção do equilíbrio ambiental, por sua capacidade de retenção de partículas minerais que estão presentes no ambiente e nos solos em seu tecido vegetal, já que a dispersão dessas partículas é nociva para outras espécies vegetais e também para saúde humana. Assim, a presença livre de tais partículas minerais no ambiente significa a exposição da população local a agentes químicos causadores de adoecimentos, como a silicose e doenças cardiorrespiratórias. A exploração mineral e a expansão da fronteira minerária têm crescentemente aumentado o risco de extinção dessas espécies, dotadas desta capacidade ambiental reguladora (Carmo, 2023) (Rezende, 2016).

Ademais, a construção de aterros hidráulicos para contenção de rejeito e estéril, que é o método de tratamento de rejeitos predominantemente utilizado pela grande indústria mineradora brasileira, já apresenta diversos impactos sociais, econômicos e ambientais, tais como a inundação de grandes áreas, a supressão da cobertura vegetal, o deslocamento de populações, o risco de falhas com barragens, entre outros. A questão se torna mais problemática quando ocorrem rompimentos de barragens que podem ocasionar múltiplas perdas de vidas, intensa destruição urbana e rural, inutilização dos solos, desequilíbrio ecológico, entre outras consequências devastadoras (Milanez *et al.*, 2019)

Nesse diapasão, as atividades mineradoras industriais estão associadas a processos de produção de grande vulto e, em paralelo, a grande magnitude da escala produtiva também gera impactos ambientais e socioeconômicos específicos em cada localidade em que a produção se realiza, visto que o espaço é um produto de relações de produção socialmente determinadas (Lefebvre, 2000). Desta forma, buscando compreender para além das implicações imediatas da exploração mineral industrial brasileira, surge a questão norteadora da problemática da pesquisa em tela: como se expressam as contradições advindas dos processos produtivos mineradores

industriais em suas manifestações econômicas, sociais, nas relações de trabalho e de produção das condições materiais de existência?

Por conseguinte, o objetivo do presente trabalho é apreender as contradições dos processos produtivos mineradores industriais em suas manifestações econômicas, sociais, nas relações de trabalho e de produção das condições materiais de existência. Para tanto, foram elencados os seguintes objetivos específicos:

- a) Investigar os desdobramentos da produção mineral na economia dos principais municípios mineradores;
- b) Entender quais são os principais elementos do processo produtivo que culminam no adoecimento dos trabalhadores da indústria extrativa mineral contemporaneamente;
- c) Analisar quais são os potenciais riscos e danos relacionados com a forma pela qual o rejeito e o estéril do processo mineral grande industrial é predominantemente tratado no Brasil.

Para tanto, a pesquisa elencou os dez municípios onde ocorreu uma maior exploração mineral no Brasil em 2023, tendo como critério a quantia de Compensação Financeira de Exploração Mineral recebida pelos municípios no ano de 2022, que é diretamente proporcional ao volume mineral explorado no município. Desse modo, os municípios de análise respectivamente selecionados em ordem de exploração foram: Parauapebas, Canaã dos Carajás, Conceição do Mato Dentro, Itabirito, Mariana, São Gonçalo do Rio Abaixo, Itabira, Congonhas, Nova Lima e Marabá.

O estudo tem como abordagem metodológica o materialismo histórico, de modo a, para além de identificar os impactos socioeconômicos, buscar desvelá-los criticamente à luz do movimento da reprodução ampliada do capital. Além disso, o processo de teorização se apoiou em dados secundários para sua realização, coletados a partir de análises documentais de relatórios e coleta de dados em bases de dados públicas e privadas, visto que os dados coletados são analisados de forma exploratória. Além disso, a pesquisa realizou levantamentos bibliográficos nas principais bases de dados mundiais e em repositórios de universidades brasileiras com o intuito de apreender o que se tem produzido cientificamente sobre a temática e para identificar as lacunas críticas na produção do conhecimento passíveis de serem desenvolvidas. Ademais, o processo de teorização é marcado pela utilização de vasto aporte teórico marxista e os procedimentos metodológicos serão devidamente explicitados no capítulo de metodologia subsequente.

O desenvolvimento do trabalho se inicia com uma contextualização que busca situar as empresas mineradoras brasileiras quanto à sua inserção no mercado mundial, bem como apresenta uma reconstituição histórica das modificações que ocorreram no setor mineral brasileiro no século XXI. Além disso, realiza-se o estudo das etapas da produção mineral e dos avanços tecnológicos nela implementados. Torna-se indispensável expor, ainda que brevemente, como esse setor se reproduz na periferia capitalista a partir de sua historicidade e sua constituição no Brasil, para que, dessa forma, torne-se possível compreender de maneira mais precisa os impactos socioeconômicos advindos dessa atividade produtiva nos espaços em que se realiza a produção mineral.

A princípio, para investigar como a produção mineral industrial afeta a economia e a produção nos municípios, foram analisadas as seguintes variáveis e relações longitudinalmente: a) valor adicionado por atividade econômica na produção interna municipal; b) relação de dependência entre a arrecadação municipal e a arrecadação de CFEM; c) evolução de atividades que concorrem com a mineração pelo uso da terra, como a agricultura e a pecuária; d) monopolização dos postos de emprego; e) saldo de admissões e desligamento de trabalhadores. Busca-se compreender como se realiza a produção do espaço a partir das relações sociais de produção determinadas que se estabelecem nesses espaços.

Em seguida, tendo em vista o alto grau de periculosidade do processo produtivo mineral e a alta incidência de acidentes e adoecimentos, busca-se compreender melhor a unidade entre trabalho e saúde nos principais municípios mineradores brasileiros. Dessa forma, propõe-se um estudo sobre os afastamentos acidentários e não acidentários nas referidas localidades, de modo a buscar identificar as principais cargas de trabalho e seus consequentes elementos de desgaste da força de trabalho. Busca-se investigar os agravos através das seguintes variáveis para os afastamentos acidentários e não acidentários: principais agentes causadores de acidentes e adoecimentos; tipos de doenças; principais partes do corpo afetadas; fraturas mais frequentes; e grupos de doenças mais incidentes.

Por fim, a investigação se volta para o estudo dos aterros hidráulicos e de seus efeitos devastadores nos territórios. São apresentados estudos das condições de estabilidade e segurança das barragens brasileiras registradas na Agência Nacional da Mineração (ANM) e uma investigação do histórico brasileiro de falhas, acidentes e rompimentos de barragens em comparação com outros países do mundo. Nessa seção, para deprender as condições de estabilidade e segurança das barragens, analisam-se as variáveis de dano potencial associado, categoria de risco e nível de emergência. Para avaliar o histórico de falhas, rompimentos e

acidentes com barragens buscou-se analisar a frequência da incidência dos rompimentos de barragens e o grau de severidade associado a cada um dos episódios de falhas registrados.

Além dessa introdução, a dissertação é dividida em mais 5 capítulos. O segundo capítulo apresenta os aspectos metodológicos da pesquisa, explicita as acepções fundamentais ontoepistêmicas da abordagem marxista e, além disso, apresenta duas subseções focadas em discorrer, de maneira mais minuciosa, sobre as ferramentas e instrumentos metodológicos adotados para coleta de dados e seleção de bibliografia, quais sejam: pesquisa bibliográfica, levantamento documental e bases de dados.

O terceiro capítulo apresenta a discussão da dependência econômica da atividade mineral nos principais municípios mineradores. Nessa seção o espaço é compreendido como um produto social de relações sociais de produção determinadas, que se estabelecem a partir de interesses de empresas capitalistas internacionalizadas (Lefebvre, 2000) (Santos, 2016). No quarto capítulo busca-se compreender o processo socialmente determinado de adoecimento e de morbidade dos trabalhadores da indústria extrativa mineral à luz da medicina social do trabalho (Laurell; Noriega, 1987). Em seguida, o quinto capítulo resgata a discussão acerca dos riscos potenciais e efetivos associados à utilização de barragens de rejeitos. Como aporte teórico buscou-se trabalhar as contribuições de Foster (2005) e de Mészáros (1989). Ao final do trabalho são dispostas as considerações finais e podem ser encontrados as referências bibliográficas e os anexos.

## 2. MÉTODO

A abordagem metodológica adotada para atingir os objetivos propostos neste trabalho é o materialismo histórico. Parte-se da observação imediata do objeto e, em seguida, busca-se apreender o real, para além da manifestação aparente observada, pois “se a aparência e a essência das coisas coincidissem, a ciência seria desnecessária” (Marx, 2017, p. 880).

A abordagem materialista possui três pressupostos fundamentais: as contradições, que constituem os fenômenos (visto que o real se reproduz como um ser dotado de contradições), a categoria de totalidade e a historicidade do objeto de pesquisa (Ferraz, 2015). Neste ínterim, urge que investiguemos o objeto de análise com a finalidade de buscar apreender as determinações constitutivas do seu modo de ser e de se reproduzir. Desta forma, torna-se possível apreender expressões do real no campo do pensamento (em outras palavras, as categorias analíticas) para a apreensão da manifestação fenomênica em tela a partir da abstração, já que a essência se configura como uma rica totalidade de muitas determinações, uma unidade da diversidade (Marx, 2011). A princípio, a investigação nos conduz a determinações mais simples e abstratas com o intuito de, num primeiro momento, apropriar-se da matéria em suas minúcias e nexos internos, para que, posteriormente, tais determinações permitam a apreensão do real em sua totalidade e sua exposição segundo a forma, para além da abstração, na realidade concreta (Marx, 2015).

“O caso singular definido com precisão científica deve ter superado as formas fenomênicas imediatas que contém, pois só assim o conhecimento da essência encontra sua aplicação mais exata possível. De tudo isso, deriva que o reflexo científico da realidade deve dissolver a relação imediata entre fenômeno e essência a fim de poder expressar teoricamente a essência, bem como as leis que regulam a conexão entre a essência e o fenômeno. A expressão geral assim obtida deve, por certo, ser sempre aplicável aos fenômenos, conter em si as suas leis; mas exteriormente, vista precisamente pelo lado do fenômeno, esta unidade pressupõe uma anterior separação, que é também mantida no que diz respeito à imediatez do fenômeno” (LUKÁCS, 2018, p.202 e 203).

Tendo em vista que o método marxiano é fundado no materialismo e na práxis, é evidente que as categorias analíticas apreendidas no nível da abstração não são puramente lógicas e não são gestadas sob a égide da razão pura. Pelo contrário, as categorias analíticas advêm de abstrações pautadas nas expressões que emanam do modo de ser e de se reproduzir do objeto, portanto se configuram como representações teóricas que emergem a partir da materialidade e das determinações fundamentais do objeto (Marx, 2017b).

Cabe à teoria crítica no campo das ciências administrativas questionar a si mesma, diante do panorama do capitalismo hodierno, que emerge sob relações de exploração cada vez mais sofisticadas, nas quais o imperialismo globalizado e a deterioração das condições de vida dos trabalhadores diante das reestruturações produtivas do capitalismo global se acentuam cada vez mais (Faria, 2009).

## 2.1 Levantamento Bibliográfico

A técnica de pesquisa aqui empreendida deseja identificar o que a produção do conhecimento tem concluído sobre a temática. Deste modo, com o objetivo de realizar uma revisão de literatura robusta, utilizou-se a metodologia de *scoping review*. Essa ferramenta metodológica é adequada para examinar a extensão, o alcance e a natureza da atividade de pesquisa, além de ser uma técnica que possibilita a identificação de insuficiências na produção científica sobre a temática em questão, de modo a identificar lacunas críticas na produção do conhecimento acerca das temáticas em questão (Arksey; O'Malley, 2005).

Buscando atingir uma maior abrangência na pesquisa, as bases de dados utilizadas para coleta foram a *Web of Science*, *Scielo* e *Scopus*. Os idiomas selecionados foram o português, espanhol, inglês e francês, ao passo que os tipos documentos selecionados foram artigos. Além disso, a fórmula de busca utilizada para pesquisa foi feita em formato de tópico, ou seja, buscaram-se as palavras da fórmula nos títulos, resumo e palavras-chave.

Em um primeiro momento, buscou-se identificar artigos inerentes à atividade produtiva mineradora industrial brasileira (a referida fórmula de busca pode ser conferida no Anexo I desse trabalho), mas no decorrer da investigação, sobressaíram algumas particularidades imanescentes ao objeto estudado. Tais particularidades estão ligadas sobretudo aos impactos socioeconômicos e ambientais causados nos municípios mineradores pelos processos de exploração e de produção mineral, às quais a investigação buscou se ater. A partir disso, foi elaborada uma segunda fórmula de busca, considerando os mesmos filtros anteriormente utilizados, mas dessa vez com o objetivo de identificar trabalhos voltados para os impactos socioeconômicos da atividade mineradora grande industrial (a fórmula pode ser conferida no Anexo II). As buscas, então, se estenderam para repositórios de teses e dissertações depositadas em universidades públicas brasileiras.

Assim, o estudo do objeto e dos seus elementos constitutivos determinantes caminhou para uma investigação dos impactos socioeconômicos dos processos produtivos das grandes

indústrias mineradoras brasileiras nos principais municípios produtores de minério. Com o aprofundamento do processo de investigação do objeto, através da análise da bibliografia levantada e da descrição material propiciada pelos dados, emergiram categorias analíticas específicas, levando em conta as determinações emanadas do objeto em tela, para que, dessa forma, pudessem ser apreendidas as expressões do real, de modo que os materiais e dados selecionados pudessem ser sempre analisados criticamente.

## 2.2 Bases de Dados

Para os necessários aprofundamento da discussão, buscou-se realizar coletas de dados secundários em bases de dados elaboradas por órgãos públicos e organizações do terceiro setor. As variáveis coletadas estão presentes em dez diferentes bases de dados e permitem a melhor identificação e análise da magnitude dos impactos socioeconômicos nos principais municípios mineradores. Além disso, vale salientar que alguns dados coletados passaram por transformações, ora sendo analisados a partir da média, ora analisados através das variações percentuais.

Com o objetivo de propiciar uma melhor contextualização do setor mineral brasileiro e da sua respectiva inserção no mercado mundial, foram realizadas coletas de dados em bases de dados disponível em *Power BI* de propriedade da Agência Nacional de Mineração (ANM). Nesse caso, as duas bases utilizadas foram o Anuário Mineral Brasileiro Interativo (ANM, 2023a) e a base Comércio Exterior do Setor Mineral (COMEXMIN) (ANM, 2023b). Nas respectivas bases foram coletadas as variáveis de arrecadação municipal de CFEM, porte das empresas mineradoras, preços de minérios, identificação dos principais municípios mineradores e das principais empresas mineradoras instaladas nessas localidades.

Para melhor investigar a capacidade de inovação das empresas mineradoras que operam nas localidades de análise, buscou-se identificar a função de suas patentes registradas. A busca se realizou na base de dados de patentes do Instituto Nacional da Propriedade Industrial, órgão vinculado ao Ministério da Economia do Brasil (INPI, 2023). A busca foi feita através da opção de pesquisa avançada e as patentes foram pesquisadas por depositante, através de nome e CNPJ das empresas mineradoras que depositaram solicitações de registros de patentes.

Para discutir a dependência regional da atividade mineradora nos municípios estudados, recorreu-se a diversas bases de dados públicas: Sistema IBGE de Recuperação Automática

(SIDRA, 2023); Relatório Anual de Informações Sociais (RAIS, 2023); Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED, 2023); Finanças Municipais (FINBRA, 2023). As bases de dados são de propriedade do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) e do Tesouro Nacional. As variáveis coletadas foram: produção interna municipal, participação dos setores econômicos na produção interna, saldo de admissões e desligamentos de trabalhadores, concentração de postos de emprego por atividade econômica, remuneração e nível de escolaridade. Vale salientar que, quando necessário, as variáveis foram analisadas para indústria extrativa mineral de substância metálicas, codificada pela Classificação Nacional das Atividades Econômicas (CNAE 2.0) como B07 (extração de minerais metálicos).

A base de dados Smartlab – Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho (SMARTLAB, 2023) foi utilizada para estudar os afastamentos acidentários e não acidentários para o setor extrativo mineral nos municípios analisados. A base é uma iniciativa do Ministério Público do Trabalho (MPT) e Organização Internacional do Trabalho (OIT) no Brasil, e congrega dados coletados por diversos órgãos públicos relacionados ao trabalho e à saúde. Os dados utilizados para compreensão dos afastamentos e agravos nos principais municípios mineradores brasileiros foram retirados da comunicação de acidente de trabalho (CAT) e foram produzidos pelos Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) e Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN). As principais variáveis coletadas para os afastamentos acidentários e não acidentários a partir do recorte da pesquisa foram: principais agentes causadores, lesões mais frequentes, partes do corpo mais afetadas, perfil dos afastamentos, afastamentos por Classificação Internacional de Doenças (CID) e capítulos de doenças mais incidentes.

Por fim, para discutir os impactos socioeconômicos voltados ao tratamento e manejo dos rejeitos do processo produtivo mineral grande industrial, investigou-se a segurança e estabilidade dos aterros hidráulicos (barragens) brasileiros e também o histórico de falhas, acidentes e rompimentos de barragens que ocorreram no Brasil. Para tanto, para apreender os riscos inerentes às barragens de rejeito brasileiras na contemporaneidade, coletaram-se dados do Sistema Integrado de Gestão de Barragens em Mineração (SIGBM, 2023) de propriedade da ANM. Além disso, utilizou-se a base de dados Tailings Dam Failures 1915-2022 (TSF, 2023), que é organizada pelo *Center for Science in Public Participation*, organização não governamental voltada para elaboração de projetos e relatórios no setor mineral. As variáveis coletadas nas bases foram: categoria de risco (CRI), dano potencial associado (DPA),

quantidade e localização de barragens, nível de emergência, mapeamento das barragens de CRI alta, rompimentos de barragem por país e grau de severidade da falha. As bases podem ser conferidas no Anexo III.

### 2.3 Levantamento Documental

A coleta de dados documentais compreende o levantamento de dados a partir de diversos tipos de documentos escritos ou não escritos, tais como arquivos públicos, documentos, relatórios, declarações, entre outros. Os dados documentais, em geral, são estáveis e acessíveis, podendo ser uma valiosa fonte contributiva para o processo de teorização, fornecendo suporte à investigação do referido objeto. Além disso, torna-se indispensável realizar uma análise crítica acerca do contexto e das circunstâncias em que os documentos foram produzidos, para que, dessa forma, os dados documentais forneçam certo grau de materialidade no percurso investigativo do objeto (Junior *et al.*, 2021).

Foram utilizados os relatórios integrados e 20-F das Vale, Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e Anglo American, que são as principais empresas que operam nos municípios analisados. Além disso, utilizaram-se relatórios e publicações do IBRAM Mineração do Brasil e resoluções da ANM para compreensão dos fluxos comerciais, classificações e expansões produtivas no referido setor. As variáveis coletadas foram: gastos com capital, pesquisa e desenvolvimento, depreciação, remuneração, terceirização da mão de obra e data prevista de exaustão das minas exploradas. Pode-se conferir no Anexo III do presente trabalho todos os documentos e bases de dados utilizados na coleta de dados.

### 3. A GRANDE INDÚSTRIA MINERADORA NO BRASIL CONTEMPORÂNEO

A exploração mineral industrial é o setor da grande indústria que mais chama atenção contemporaneamente, tanto em virtude da escala produtiva das empresas envolvidas, quanto por conta dos recorrentes crimes ambientais praticados pelas grandes mineradoras. Como aponta o Anuário Brasileiro Mineral Iterativo ANM (2023a), o total da produção das 11 principais substâncias metálicas (alumínio, cobre, cromo, estanho, ferro, manganês, nióbio, níquel, ouro, vanádio e zinco), que representam 89% da produção mineral total brasileira, corresponde a um montante de 312,9 bilhões de reais por ano, de modo que 88,12% da produção é realizada nos estados de Minas Gerais e do Pará.

Com relação à produção total, 80% (250 bilhões reais) das receitas aferidas correspondem à produção de minério de ferro; 8,65% (27,7 bilhões de reais) corresponde à produção de ouro; 5,83% (18,24 bilhões) representa a produção de cobre e 2,2% (6,88 bilhões reais) a de níquel. Apenas a exploração desses quatro minerais representa aproximadamente 96,7% (302,57 bilhões de reais) da produção das substâncias minerais metálicas do país. Como é possível observar por meio dos dados presentes no Anuário Brasileiro Iterativo (ANM, 2023a).

Como aponta Queiroz (2016), os pequenos e médios empreendimentos minerais se concentram na produção de agregados minerais, gemas e metais preciosos, de modo que a maior parte dos empreendimentos minerais de grande porte estão concentrados na produção de recursos minerais metálicos. A exploração dos três principais minérios se realiza sobretudo a partir de empreendimentos de grande e médio porte. Além disso, pode-se observar que poucos são os empreendimentos de menor porte que realizam a mineração desses metais específicos, podendo-se constatar de que se trata de um segmento de exploração mineral restrito a um número menor de empresas, como pode ser visto na Tabela 1.

**Tabela 1 - Quantidade de empresas e pessoas físicas por Porte de Minas, Usinas, Captação e Complexos para empreendimentos mineradores de recursos minerais metálicos em 2021 (Ferro, Níquel, Cobre e Ouro)**

	Ferro	Níquel	Cobre	Total/Percentual
<b>Micro Porte</b>	8	1	0	9 (10,465%)
<b>Pequeno Porte</b>	10	1	0	11 (12,35%)
<b>Médio Porte</b>	18	0	1	19 (22,09%)
<b>Grande Porte</b>	37	3	7	47 (54,65%)
<b>Total / Percentual</b>	73 (24,91%)	5 (1,71)	8 (2,73%)	86 (100%)

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados em ANM (2023a). Disponível em:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiaZTRkNjI3MWVlMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2IiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a>

Buscando identificar as principais grandes indústrias mineradoras, pôde-se notar que, apesar do Anuário Mineral Brasileiro apresentar 39 empresas produtoras de substâncias metálicas, no ano de 2021 a Vale, a MBR, a Salobo e a Samarco (empresas subsidiárias da Vale) foram responsáveis por aproximadamente 75,3 % (188,51 bilhões) da produção de minério de ferro, 68,35 % (12,4622 bilhões) da produção de cobre e 23,76% (1,635 bilhões) da produção de níquel. Desta forma, constata-se que a Vale e suas empresas subsidiárias representam a maior parcela da produção mineral das principais substâncias metálicas produzidas no Brasil. Em 2021, a empresa foi responsável pela produção de cerca de 64,75% (194,27 bilhões) do total da produção mineral brasileira (ANM, 2022).

Ainda, como é possível inferir com base no anuário mineral brasileiro (ANM, 2023), a Anglo American é a segunda principal empresa mineradora no país em termos de volume produtivo. A mineradora produz 7,39% (18,475 bilhões) do ferro brasileiro e 55,93% (3,85 bilhões) do níquel em território brasileiro, totalizando 7,13% (22,325 bilhões) do valor da produção mineral brasileira. Ao passo que a terceira principal mineradora do país atualmente é a CSN (Companhia Siderúrgica Nacional), que produz 5,48% (13,7 bilhões) da produção de ferro no país, representando 4,37% da produção mineral.

Como é possível observar pela Tabela 2, nessas regiões estão localizados os principais municípios que mais exercem a atividade extrativa de substâncias minerais metálicas. Tais municípios foram os que mais auferiram receita com a Compensação Financeira pela

Exploração Mineral (CFEM), imposto proporcional ao volume mineral produzido no município. Dessa forma, o estudo dos processos produtivos inerentes à grande indústria mineradora será voltado para a produção realizada pelas mais importantes empresas mineradoras (Vale, Anglo American e CSN) nos principais municípios em termos de produção de minério no ano de 2022, expostos na Tabela 2. Além disso, como é possível notar através do ANM (2023), mais de 96% do valor da CFEM nos municípios listados é referente à exploração de minério de ferro, portanto a investigação está voltada a este ramo da indústria minerária.

**Tabela 2: Principais cidades mineradoras no Brasil em 2022**

Cidade	CFEM Arrecadada em 2022 em reais	Principal Empresa Mineral
Parauapebas (PA)	1,38 bilhão	Vale
Canaã dos Carajás (PA)	1,06 bilhão	Vale
Conceição do Mato Dentro (MG)	0,39 bilhão	Anglo American
Itabirito (MG)	0,32 bilhão	MBR/Vale
Mariana (MG)	0,30 bilhão	Vale/Samarco
São Gonçalo do Rio Abaixo (MG)	0,30 bilhão	Vale
Itabira (MG)	0,29 bilhão	Vale
Congonhas (MG)	0,27 bilhão	CSN
Nova Lima (MG)	0,23 bilhão	MBR/Vale
Marabá (PA)	0,14 bilhão	Salobo

Fonte: Elaboração própria a partir de ANM (2023a). Disponível em:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoizTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2IiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a>

Como é possível observar através da literatura e dos dados observados, a exploração de substâncias metálicas está concentrada sobretudo em dois estados brasileiros, mais precisamente no quadrilátero ferrífero, em Minas Gerais, e na Serra de Carajás, no interior do Pará. Apesar da CFEM representar considerável fonte de arrecadação para os cofres públicos, é possível notar que se trata de uma forma de tributação diferente da que ocorre nos países centrais do capitalismo que se destacam pela produção mineral, como a Austrália e o Canadá. Nesses respectivos países, a tributação incide diretamente sobre a lucratividade das empresas mineradoras ao invés de incidir sobre a produção comercializada. A tributação que tem como

base o volume mineral comercializado no período, como é o caso da CFEM, pode sofrer inconstâncias em virtude de variações negativas internacionais do preço. Em cenários recessivos dos preços de minérios, a tributação que incide diretamente sobre a lucratividade sofre menos instabilidades, já que, em regra, as empresas mineradoras promovem severos cortes de gastos para a manutenção da taxa de lucro (Junior, 2022).

O quadrilátero ferrífero é explorado contemporaneamente sobretudo nas cidades de Itabira, Barão de Cocais, Nova Era, Mariana e Ouro Preto, tanto pela Vale quanto por empresas subsidiárias, como a Samarco e a MBR. As riquezas minerais presentes nas cidades de Congonhas e Conceição do Mato Dentro, na Serra do Cipó, são exploradas respectivamente pela Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e pela Anglo American. Por outro lado, a Serra de Carajás é explorada majoritariamente, também, pela Vale, sobretudo nas cidades de Canaã dos Carajás, Parauapebas e Marabá.

Como aponta Pinheiro *et al.* (2019), a Vale é a principal mineradora do quadrilátero ferrífero, em Minas Gerais, e tem como principais minas de exploração mineral: Brucutu, Cauê-Conceição, Fábrica Nova, Congo Soco, Timbopeba, Fazendão, Alegria e Andradas, as minas de Fábrica e o Córrego do Feijão. Outras importantes minas de empresas subsidiárias são as lavras exploradas pela Minerações Brasileiras Reunidas (MBR) (Jangada, Pico, Mutuca, Tamanduá e Martelinho). Além disso, outras duas importantes minas no Estado são: a Mina Casa da Pedra — a mais antiga mina de ferro explorada no Brasil, explorada pela CSN na cidade de Congonhas — e a mina do complexo Minas-Rio, que se tornou propriedade da Anglo American desde 2009 (Vieira, 2015) (Dornellas, 2015).

Muitas das cidades que hoje representam uma maior expressividade em termos de arrecadação mineral tiveram o início das suas atividades extrativas minerais ao longo do século XVII, quando foram promovidas, através dos processos colonizatórios de bandeiras, as descobertas de jazidas minerais de diamantes e ouro, sobretudo em Minas Gerais. As cidades de Itabirito, Congonhas, Conceição do Mato Dentro, São Gonçalo do Rio Abaixo e Nova Lima, localizadas em trechos da Estrada Real e na região metropolitana de Belo Horizonte, foram destino de um intenso fluxo migratório em virtude da exploração mineral. Já no fim do século XVIII, as reservas auríferas da região já se mostravam escassas e, por conseguinte, iniciou-se um processo de estagnação da atividade econômica nessas localidades (Milanez, 2011; Lara *et al.*, 2016; Batista *et al.*, 2008).

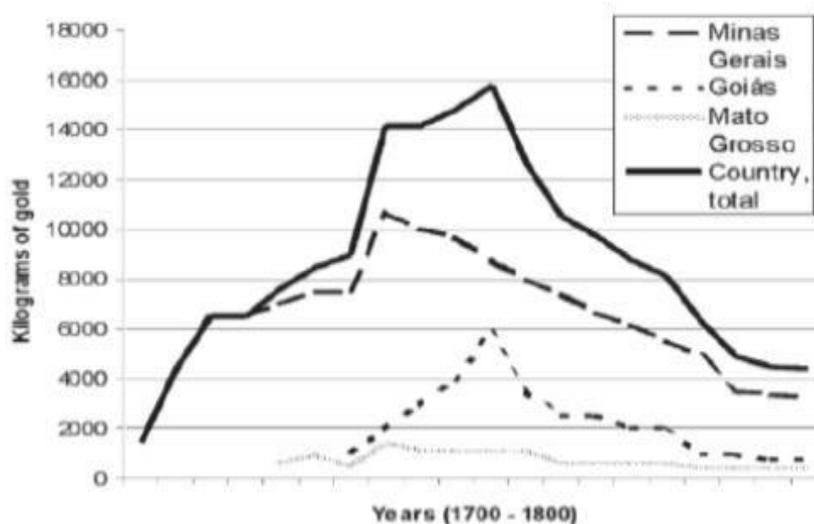
Durante o século XIX, o Império Brasileiro já encontrava dificuldades para arrecadação de riquezas em função da decadência da produção interna do país, sobretudo em virtude do esgotamento das reservas auríferas ao longo do século XVIII: “pouco depois da transferência da corte, o ouro está desaparecido da circulação, e a produção das minas brasileiras, aliás muito reduzida, não chega a aparecer” (Prado Jr., 1965, p.136).

De acordo com Marini (2000), após seus respectivos processos de independência, os países subdesenvolvidos viram sua produção sujeita às flutuações ditadas pelos interesses econômicos e políticos dos países desenvolvidos. O caso do Brasil minerador parecia ainda mais dramático, já que o ouro era fornecido a essas nações centrais. A partir daí, a dependência econômica se configurou como uma herança permanente do processo exploratório de colonização que se perpetua até a contemporaneidade nos países periféricos do capitalismo, mesmo que as respectivas nações sejam tidas como formalmente independentes:

“Se configura a dependência, entendida como uma relação de subordinação entre nações formalmente independentes, em cujo marco as relações de produção das nações subordinadas são modificadas ou recriadas para assegurar a reprodução ampliada da dependência. A consequência da dependência não pode ser, portanto, nada mais do que maior dependência, e sua superação supõe necessariamente a supressão das relações de produção nela envolvida” (Marini, 2000, p. 327)

Dessa forma, em função da crescente exploração das reservas auríferas no capitalismo dependente brasileiro, pode-se observar que a produção de ouro durante o século XVIII já caminhava para o seu esgotamento, como é possível analisar na figura abaixo. A produção de ouro é posteriormente substituída pela exploração do minério de ferro ainda no século XIX, que até os dias de hoje é o principal minério exportado pelo Brasil.

**Figura 1 – Produção de ouro no Brasil ao longo do século XVIII.**



Fonte: Retirado de (MACHADO; FIGUEROA, 2001, p. 13).

A exploração mineral de ferro no quadrilátero ferrífero se inicia durante do século XIX, com a crescente escassez das reservas auríferas mais vultosas, com alguns empreendimentos capitalistas estrangeiros começando a se instalar no país no segmento de exploração mineral de ferro. Em 1828 surge o primeiro empreendimento minerador de maior porte no Brasil, de propriedade do francês Jean Antoine Felix Dissandes de Monlevade, onde hoje se localiza o município de João Monlevade. Nessa época, já se explorava o minério de ferro e a região era rica em depósitos desse recurso mineral (Coelho, 2011). É possível também observar que ao longo do século, sobretudo em sua segunda metade, que empreendimentos minerais privados de com foco na exploração do minério de ferro têm início nas cidades de Congonhas, Itabirito, São Gonçalo do Rio Abaixo e Nova Lima (Milanez, 2011; Lara *et al.*, 2016; Batista *et al.*, 2008).

Mais tarde, no ano de 1907, é criado o Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, durante o governo de Afonso Pena. O órgão público tinha como objetivo a prospecção e o estudo dos recursos minerais brasileiros. Ainda no ano de seu nascimento, iniciou-se um estudo, dirigido pelos geólogos Luiz Felipe Gonzaga de Campos e Orville Derby, que visava estimar a dimensão das reservas ferríferas em Minas Gerais nas cidades de Itabira, Mariana, Conselheiro Lafaiete e Sabará. O estudo concluiu que as reservas ferríferas eram de pelo menos 2,5 milhões de toneladas de ferro: tratava-se de um dos maiores depósitos de ferro do mundo já descobertos até a época (CVRD, 1982).

Os resultados do estudo foram apresentados no XI Congresso Internacional de Geologia, que ocorreu em 1910 na cidade de Estocolmo. Diversos capitalistas e grupos de investimento privado voltaram suas atenções para as riquezas minerais brasileiras em virtude das novas descobertas. Apesar das dificuldades para a exploração dos minerais em decorrência de carências infraestruturais, o vultoso volume de riquezas descoberto possibilitava que a acumulação de capital passasse a ocorrer a partir do extrativismo mineral, mesmo com os custos elevados de implementação da estrutura necessária para produção (Pimenta, 1981). Destarte, um grupo capitalista inglês composto por J. Dawsson, Normanton e Percy Murly Gotto adquiriu a maior parte das ações da Companhia Estrada de Ferro Vitória Minas (CEFVM), acarretando na expansão da estrada até Itabira, onde estava a maior jazida mineral de ferro já descoberta no mundo, o Pico do Cauê. Além disso, em 1911 esses mesmos capitalistas fundaram a Brazilian Hematite Syndicate, que posteriormente se transformou na Companhia Itabira Iron Ore (PIMENTA, 1981).

Porém, no governo Vargas (1930-1945), inicia-se o processo de nacionalização das riquezas minerais brasileiras e também da exploração dessas riquezas por empresas públicas nacionais. Em 1942, o governo Vargas cria a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e, em 1941, foi fundada a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), fruto de incentivos financeiros internacionais decorrentes do apoio do Brasil aos países aliados na Segunda Guerra Mundial, por meio dos Acordos de Washington. Em 1936 a Estrada de Ferro Vitória Minas foi modernizada e passou a transportar minério, além de ter sido conectada à ferrovia central do Brasil. Uma outra mudança muito importante ocorreu no âmbito da política mineral: a constituição instituída por Vargas em 1937 fazia a distinção entre a propriedade do solo e a do subsolo, de modo que todas as riquezas presentes no subsolo nacional passaram a ser pertencentes à União. Essa nova lei impossibilitou a exploração de minério por parte de todas as empresas mineradoras privadas nacionais e estrangeiras, apenas em algumas poucas regiões a atividade mineral permaneceu ocorrendo de forma ilegal (Pimenta, 1981).

Nesse contexto, estabeleceu-se um acordo comercial entre a Inglaterra, que passou a poder adquirir o minério de ferro brasileiro a um preço um terço mais barato que o praticado no mercado mundial, e o Brasil, que retomou a posse da EFVM e se tornou proprietário da Itabira Iron Ore, posteriormente incorporada pela CVRD. É somente no ano de 1943 que os trilhos efetivamente chegam em Itabira e passam a transportar minério de ferro. A ampliação da ferrovia pôde se realizar por meio de um empréstimo concedido pelo Eximbank dos EUA, no valor de 14 milhões de dólares. O aporte financeiro dos EUA os dava o direito de compor a diretoria da Companhia Vale do Rio Doce com dois diretores. Tratava-se de uma intervenção direta na produção mineral brasileira (Pimenta, 1981).

Durante o Plano de Metas, programa norteador da política econômica do Governo de JK na década de 50, fica evidente a necessidade de aprofundamento e desenvolvimento de setores ainda deficientes, que não eram compatíveis com uma acumulação de capital mais robusta, de modo que grande parte das metas (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12) estavam ligadas a melhorias nos transportes (inclusive a ampliação da EFVM e da estrutura portuária, além da expansão do transporte rodoviário) e à modernização da matriz energética do país. No que tange à política mineral, a meta era a de aumentar a produção de minério de 2,5 milhões de toneladas para 8 milhões de toneladas. Para o custeamento da expansão produtiva da CVRD, a união contraiu o empréstimo de 12,5 milhões de dólares junto ao Eximbank (CVRD, 1982).

Com o primeiro governo do período ditatorial militar, presidido por Castelo Branco, a política mineral esteve fortemente atrelada à iniciativa privada internacional. Voltou a ser legal

a exploração das riquezas minerais brasileiras presentes no subsolo pelo capital estrangeiro, como estabelecido no Plano de Ação Econômica do Governo (PAEG). É possível apontar que nesse período surgem muitos empreendimentos mineradores privados em território nacional compostos por capital nacional em conjunto com capitais internacionais privados, tais quais: Samitri, Caemi, Ferteco, Morro Velho e Alcoa do Brasil. Já no segundo governo da Ditadura Militar, é possível observar que as legislações ambientais e de concessão e pesquisa de lavra se tornaram cada vez mais permissivas. Desse modo empresas internacionais passaram a poder realizar estudos de prospecção mineral no Brasil livremente. Além disso, o governo tornou atividades individuais de mineração, como a falcagem e a cata, legais na constituição imposta em 1967. Durante essa década, a CVRD ampliou a sua produção de minério, chegando a exportar 11 milhões de toneladas num único ano, e a empresa passou a explorar vinte e oito minerais diferentes. O crescimento da CVRD neste período só se tornou possível em virtude dos 28,8 milhões de dólares emprestados do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) (CVRD, 1992).

É durante esse período que surgem empresas subsidiárias da CVRD com ampla participação de capitais estrangeiros nas suas composições acionárias, como é o caso da Usiminas e da Companhia Siderúrgica Paulista (COSIPA), cujas ações pertenciam majoritariamente a capitais japoneses (CVRD, 1982). Além disso, durante a década de 50 se inicia a exploração da Mina Casa da Pedra, em Congonhas, por meio da produção da Companhia Siderúrgica Nacional (Milanez, 2011).

Durante a década de 70, com os governos ditatoriais de Médici e Geisel, buscava-se uma diversificação da produção industrial brasileira e uma integração mais efetiva do país ao mercado internacional. No que tange ao setor mineral, durante a primeira metade da década, houve uma expansão do pátio para navios e foram inauguradas duas usinas de pelotização no Porto Tubarão em Vitória (ES), que possibilitaram a criação de empresas voltadas para a pelotização do minério bruto, tais quais: Companhia Nipo-Brasileira de Pelotização (NIBRASCO), Companhia Hispano Brasileira de Pelotização (HISPANOBRÁS) e Companhia Ítalo-Brasileira de Pelotização (ITABRASCO). A produção do minério de pelotas passou a ser uma exigência do mercado siderúrgico internacional, que tinha em sua utilização um aproveitamento maior dos altos fornos (CVRD, 1982). Além disso, durante a década surgem muitos empreendimentos de exploração mineral formados, em sua maioria, por capital estrangeiro em sua composição acionária, tais quais: Mineração Vera Cruz, em Paragominas

(Bauxita); Urucum Mineração, no estado do Mato Grosso (Manganês); Mineração Vale do Paraíso (VALEP), em Rondônia (Titânio) (CVRD, 1982).

No Brasil, à época, foram constantes os investimentos em pesquisa e lavra de minérios, realizados pela recém-criada empresa subsidiária da CVRD, Rio Doce Geologia e Mineração (DOCEGEO). Paralelamente, a própria CVRD adquiriu o controle acionário e os direitos de exploração de outros empreendimentos minerais privados no país, tais como as mineradoras Minas Del Rey Dom Pedro, Mineração Serra Geral e Caraça Ferro e Aço. Nessa década, a empresa apresentou um crescimento de 285% nas receitas e firmou contratos de fornecimento de matérias-primas com nações centrais do capitalismo, tais como a Itália, a França e o Japão. Além disso, a composição acionária da CVRD em 1970 passou a ser formada, em sua maioria, por conglomerados empresariais estrangeiros. Na primeira metade da década houve uma duplicação completa da EFVM, além da aquisição de mais vagões para realizar o transporte do minério produzido (CVRD, 1982).

O interesse dos capitalistas estrangeiros no setor mineral brasileiro cresceu sobretudo a partir da segunda metade da década de 70, em virtude da descoberta de vultosas reservas minerais no estado do Pará. As jazidas descobertas apresentavam um alto teor de minério em sua composição, estimadas em 16 milhões de toneladas de ouro, 40 milhões de toneladas de níquel, 10 milhões de toneladas de cobre, 18 bilhões de toneladas de ferro e 65 milhões de toneladas de manganês. Tratava-se da maior reserva mineral já descoberta até o período em todo o mundo, e, para explorá-las, o governo ditatorial brasileiro criou a Amazônia Mineração (AMZA), empresa subsidiária da CVRD. O projeto que visava dar início à exploração foi dificultado em virtude da mata densa e inexplorada e das doenças da floresta, além da ausência de meios de transporte e de comunicação para o escoamento da produção mineral. Seria preciso construir 870 km de linha férrea em regiões de baixíssima densidade demográfica para ligar a região de Carajás (PA) ao litoral maranhense, que demandava também a construção de uma estrutura portuária (Mello, 1996; Barbedo, 2000).

É somente na década de 80 que se inicia a exploração das reservas minerais descobertas no Pará, momento em que a CVRD passa a dividir a sua produção entre o sistema sul (MG, MT e ES) e o sistema norte (PA e MA). O complexo de carajás — que compreendia uma infraestrutura de minas, usinas de beneficiamento, a Estrada de Ferro de Carajás (EFC), o Porto Madeira e usinas de pelotização —, foi construído através de condições exploratórias e degradantes para os trabalhadores, que participaram do projeto de implementação do complexo mineral na floresta amazônica. Cerca de 15 mil trabalhadores moravam em casas de madeira e

lona, recebiam alimentos por meio de aviões e toda a água utilizada era captada em rios da região e transportada por meio da força animal. Constantemente expostos aos riscos (ataques de animais silvestres, queda de árvores, incêndios florestais etc.) e às doenças da floresta, os trabalhadores chegavam a passar três meses no ambiente laboral sem retornar aos seus locais de residência, e tinham um poder aquisitivo extremamente baixo (Mello, 1996; Barbedo, 2000).

“A cidade floresta acabou se tornando uma ilha fechada e cercada no meio da floresta no sul do Pará, onde as riquezas naturais e minerais contrastavam com a violência e a pobreza marcantes, materializados nos recursos urbanos escassos e na crescente população de miseráveis” (Coelho, 2011, p. 141).

Vale apontar que a política salarial praticada durante todo o período ditatorial militar provocou uma intensa desvalorização real do salário, além do cerceamento de atividades sindicais e da precarização das condições de trabalho. As condições de trabalho e remuneração da mão de obra foram progressivamente deterioradas para manutenção da lucratividade de empresas públicas e privadas instaladas no país. A perda do poder de compra também se deu em virtude da aceleração inflacionária provocada pela intensa contração de dívidas e empréstimos realizados ao longo dos anos. É oportuno apontar que esse momento é caracterizado por Ruy Mauro Marini como um período em que há a superexploração da força de trabalho no Brasil (Marini, 2000; Souza, 2008).

Diferentemente do mito do desenvolvimento criado pela ditadura na figura do “milagre econômico”, a realidade socioeconômica brasileira da década de 80 seria marcada pela crise da dívida pública, pela retração do crescimento econômico e pelo aumento expressivo da taxa de inflação ao longo da década, além da radical diminuição de investimento externo no país. Tanto o governo de Figueiredo quanto o de José Sarney buscaram reduzir o papel do Estado à prestação de serviços essenciais, de modo que a retomada do crescimento econômico era vislumbrada a partir do investimento privado (Souza, 2008).

Apesar da contenção do gasto estatal com empresas públicas, nesse período a CVRD recebe novos investimentos para viabilizar a exploração do minério de ferro em Carajás, que só se iniciou efetivamente em 1986. Os aportes financeiros eram advindos da contração de empréstimos internacionais junto a instituições de crédito alemãs e japonesas. Teve início, também, naquele momento, a exploração de ferro silício e de pó de quartzo por parte da CVRD, que foi financiada pela emissão de debêntures e de capitais por subscrição no mercado mundial (CVRD, 1992). A Companhia foi uma das poucas empresas públicas que permaneceram lucrativas durante a década de 80, gerando receitas substanciais para união. Em 1986, com o início da exploração das reservas minerais de Carajás, houve um incremento muito significativo

de sua produção, de modo que a empresa chegou a atingir o recorde de 67 milhões de toneladas anuais exportadas de minério bruto e em pelotas. No ano de 1989, em contraste com a economia brasileira que não crescia, a CVRD auferiu o maior lucro líquido da sua história: 734 milhões de dólares ao ano. (CVRD, 1992).

Dessa forma, pode-se constatar que as cidades que hoje são as principais responsáveis pela produção mineral brasileira desde o século XVII e XVIII já exerciam sua vocação produtiva mineral e, posteriormente, ao longo do século XIX e XX, desenvolveram atividades extrativas minerais voltadas para a produção de minério de ferro, ora iniciadas pela iniciativa privada, ora iniciadas por empresas públicas ao longo do século XX. No final desse século e em meados do século XXI, o setor mineral brasileiro passou por profundas transformações e alterações na dinâmica produtiva, motivo da atenção especial reservada ao período já na seção posterior.

### 3.1 Reestruturação do setor mineral e expansão da fronteira mineradora brasileira

É preciso assinalar que a produção mineral brasileira, assim como a reprodução do capitalismo no Brasil, passa a se realizar a partir das reestruturações produtivas que emergem nas duas últimas décadas do século XX. Tais transformações são caracterizadas pela fragmentação internacional da produção, além da crescente mobilidade de capitais, da privatização de empresas públicas, da crescente terceirização dos contratos de trabalho e da financeirização dos setores da economia e desregulamentação dos mercados. A reorganização da produção e do comércio a nível global representou para os países de economia dependente uma distribuição desigual dos danos ambientais, ao passo que se intensificou a exploração da força de trabalho e a deterioração dos termos de troca. Além disso, é possível apontar que, sobretudo a partir de 1989, com o Consenso de Washington, inicia-se um processo de privatização de empresas públicas em vários países da América Latina (Santos, 2000; Saes, 2017).

Com isso, nos países de economia dependente, é possível observar o aprofundamento das assimetrias tecnológicas existentes, a acentuação da deterioração ecológica e ainda uma reprimarização das pautas exportadoras, de modo que os saldos comerciais desses países dependentes se tornam cada vez mais vinculados à exportação de produtos agricultáveis, energéticos e minerais (Martins, 2011). Como reafirma Bambirra (2013), trata-se de uma integração subserviente no contexto do capitalismo internacional, em que há uma desigualdade

dos termos de troca, que passam por um processo de constante deterioração, entre os países dependentes e os países centrais do capitalismo.

É possível apontar também que o processo de globalização culmina em uma redução do aparelho estatal e, conseqüentemente, na privatização de instituições públicas. São estabelecidas, então, novas relações entre capital e trabalho com a produção flexível, em que há uma maior apropriação de trabalho não pago e também um aumento da precarização das condições de trabalho. Muitos vínculos empregatícios passam a se estabelecer com base na terceirização e, além disso, ocorre o processo de liofilização organizacional, reduzindo o quadro de funcionários das empresas de modo a tornar os trabalhadores cada vez mais polivalentes, com novas funções atribuídas no processo de produção (Antunes, 2013; 2015).

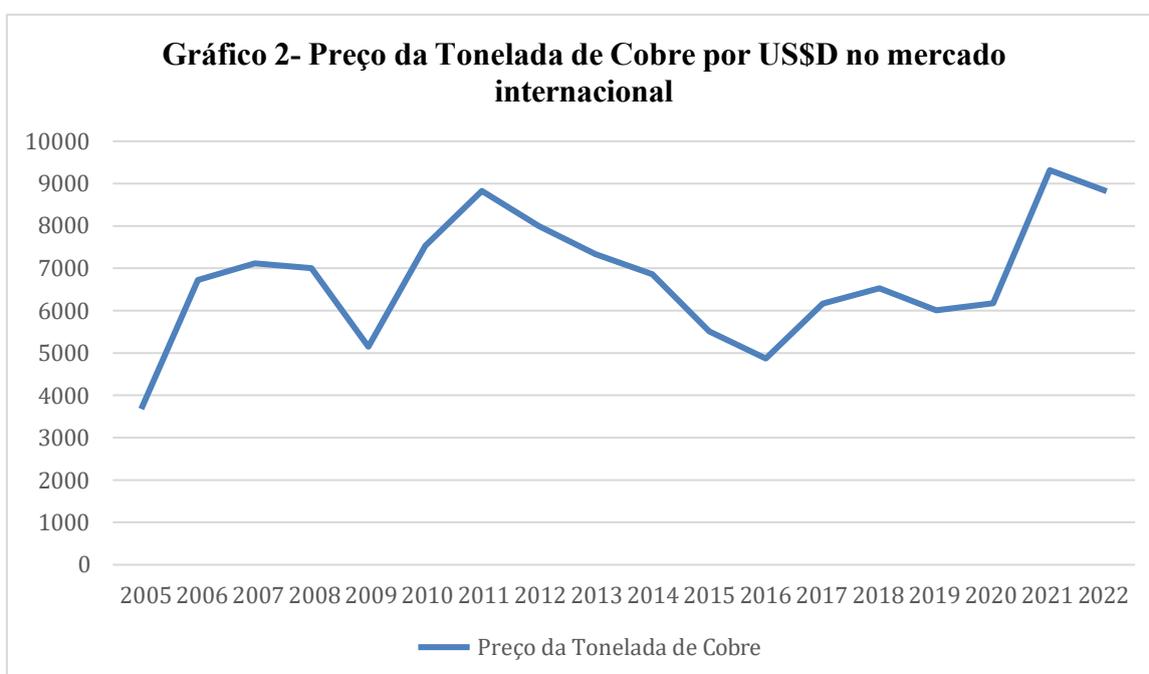
A progressiva desestatização e as demissões compulsórias das empresas públicas, iniciadas com a década de 90 e o governo Collor, tem o seu ápice durante o governo de Fernando Henrique Cardoso, quando ocorre a privatização de várias empresas estatais (Souza, 2003). Nesta década, mais de cem empresas estatais foram privatizadas, inclusive a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), em 1997, e a Companhia Siderúrgica Nacional, em 1993. (Pinheiro, 1996). Portanto, ao fim da década de 90 e no início dos anos 2000, o setor mineral brasileiro era operado por empresas privadas em um contexto de dependência econômica com relação aos países centrais (Nazareno *et al.*, 2007).

Em meados dos anos 2000, as altas taxas de crescimento e de consumo da China impulsionaram o preço das commodities, o que gerou um impacto positivo na balança comercial dos países latino-americanos, tendo em vista a especialização destes países na produção desse tipo de bens (Carvalho, 2018) — período conhecido como “*boom* das commodities”. A título de exemplo, em 2000, a China importava 69,9 milhões de toneladas de minério de ferro brasileiro, passando a importar, a partir de 2010, 618,4 milhões de toneladas (Saes, 2017). A fase ascendente do ciclo de preços dos minérios assim motivada provocou a entrada de novos investidores e a expansão de empresas já existentes.



Fonte: Elaboração própria através de dados na base de dados Comércio Exterior do Setor Mineral (COMEXMIN) da ANM. Disponível em:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoib2UxZDU3ZDItZjM1OC00Y2MyLWFhN2MtNmVkM%20zdiMjA4MWRlIiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9%20&pageName=ReportSectiona6de8ca418927b006600>

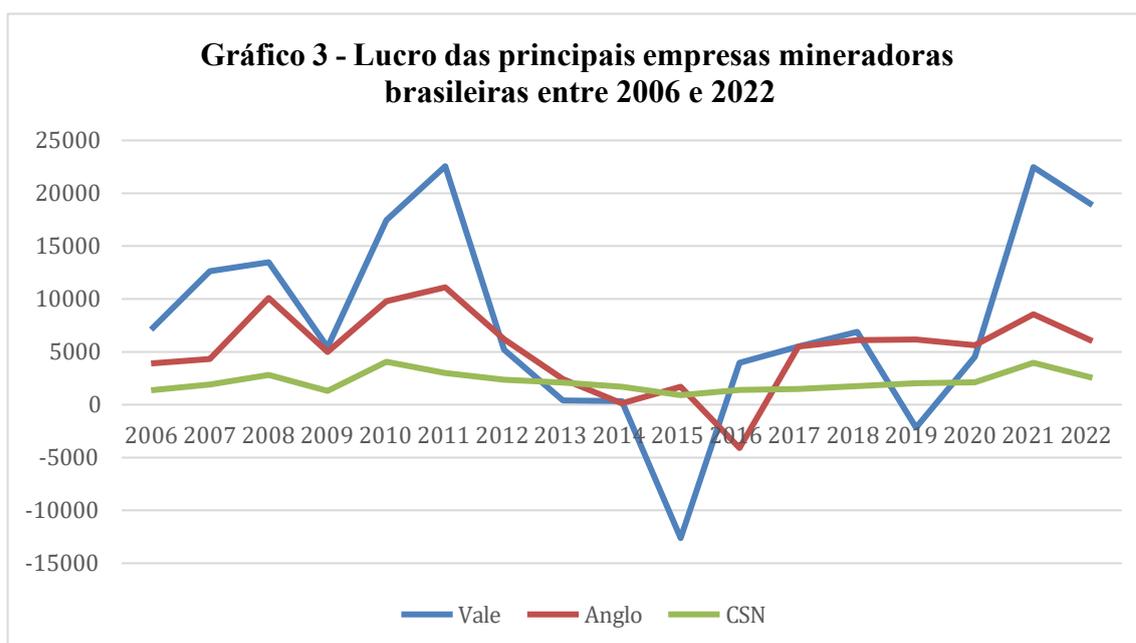


Fonte: Elaboração própria através de dados na base de dados Comércio Exterior do Setor Mineral (COMEXMIN) da ANM. Disponível em:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoib2UxZDU3ZDItZjM1OC00Y2MyLWFhN2MtNmVkM%20zdiMjA4MWRlIiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9%20&pageName=ReportSectiona6de8ca418927b006600>

[MWRlliwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZlLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9%20&pageName=ReportSectiona6de8ca418927b006600](http://MWRlliwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZlLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9%20&pageName=ReportSectiona6de8ca418927b006600)

É possível notar, tanto no gráfico do preço do ferro, quanto no gráfico do preço do cobre, que entre 2005 e 2008 ocorre uma elevação do preço dessas substâncias minerais metálicas, de modo que em ambos os preços sofrem uma ligeira desvalorização do ano de 2009, em função da crise imobiliária estadunidense. Posteriormente, os preços seguem uma tendência de valorização ou manutenção em patamar mais elevado até o ano de 2014. Entre os anos de 2014 e 2018 é possível observar uma fase recessiva dos preços do minério em função de uma menor demanda do mercado internacional, sobretudo em virtude da consolidação do processo de industrialização chinês. Por fim, é possível observar que o preço dos minérios volta a apresentar uma tendência ascendente a partir de 2019, as incertezas geradas pelo contexto pandêmico fizeram com que muitos países estocassem matérias primas necessárias (Sanchez; Hartlieb, 2020). É possível observar um comportamento muito similar da taxa de lucro das empresas em relação ao comportamento dos preços internacionais dos minérios.



Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios integrados das respectivas empresas. Pode-se acessar os relatórios por meio do Anexo III

É possível observar, assim como ocorreu com os preços internacionais dos minérios, que ocorre uma ascensão da taxa de lucro entre 2006 e 2011, com um ligeira queda no ano de 2009 em decorrência da crise imobiliária. Nesse ínterim, é possível observar que entre 2012 e 2019 a taxa de lucro das empresas mineradoras brasileira se mantém em um patamar inferior em decorrência dos baixos preços internacionais. Além disso, vale apontar que no ano de 2015 e de 2019 a Vale incorre em taxas de lucro negativas, sobretudo em função dos gastos arcados

em virtude dos rompimentos de barragens que ocorrem nos respectivos anos. Por fim, juntamente com a ascensão dos preços, pode-se observar que após o ano de 2019 é possível notar uma retomada do lucro das empresas mineradoras.

A elevação do valor das mercadorias produzidas pelo setor mineral brasileiro e a privatização das mineradoras estatais provocaram diversas políticas de expansão da capacidade produtiva. Nesse período a Vale, que já era uma empresa privada, passou tanto por processos de expansão de sua capacidade de produção, quanto por processos de incorporação do capital de outros capitalistas individuais, de modo a deter uma parcela cada vez maior da produção do setor mineral brasileiro. Em busca de intensificar o processo de acumulação de capital, a Vale promoveu a ampla aquisição, total ou parcial, da composição acionária das empresas mineradoras concorrentes. No período de 2000 a 2019 foram adquiridas 43 empresas mineradoras, entre elas as maiores concorrentes da Vale no Brasil: Socoimex, Samitri/Samarco, Ferteco, Caemi, Rio Verde, EBM/MBR, Apolo, Corumbá e Simandou. As aquisições desse período custaram cerca de 42 bilhões de dólares para a Vale. Pode-se conferir na tabela abaixo suas principais aquisições.

**Tabela 3 – Aquisições e fusões da Vale S.A. no século XXI**

Ativo	Data	Preço pago <sup>1</sup>	Negócio
Vale Moçambique	Jun/21	US\$270	15% de participação de não contralador
CLN	Jun/21	US\$ 12665	Carvão
Boston Metal	Fev/21	US\$ 6	3,24% da participação
Ferrous	Ago/19	US\$ 525	Minério de Ferro
MBR	dez/19	R\$ 3.309	Minério de Ferro
Ferrous	ago/19	US\$550	Minério de Ferro
New Steel	Jan/		
Capim Branco I e II	mar/13	US\$112	Energia
Belvedere	fev/13	US\$156	Carvão
EBM	jun/12	US\$437	Minério de Ferro e pelotas
Carborough Downs	fev/12	US\$ 69	Carvão

<sup>1</sup> Preço em milhões

Vale Fertilizantes	dez/2011	US\$ 1.217	Fertilizantes
Terminal Ultrafertil - TUF	jun/11	US\$ 95	Logística
Norte Energia S.A.	abr/11	US\$ 1.400	Energia
Biopalma	fev/11	US\$ 174	Energia
Ferrovias Norte Sul	dez/10	US\$ 893	Logística
SDNC	set/10	US\$ 21	Logística
Simandou	set/10	US\$ 500	Minério de ferro
Belvedere	jul/10	US\$ 92	Carvão
Fertilizantes assets	Jan/10 - Dez/10	US\$ 5.829	Fertilizantes
TK CSA	set/09	US\$ 681	Aço
Corumbá	set/09	US\$ 814	Minério de ferro
Argos	abr/09	US\$ 306	Carvão
Teal	mar/09	US\$ 65	Cobre
Rio Colorado / Regina	jan/09	US\$ 857	Potássio
Apolo	mai/08	US\$ 128	Minério de ferro
Belvedere	jul/07	US\$ 90	Carvão
EBM / MBR	mai/07	US\$ 231	Minério de ferro
AMCI HÁ	abr/07	US\$ 656	Carvão
FGC	mar/07	US\$ 20	Pig Iron
Inco	nov/06	US\$ 18.243	Níquel
Caemi	mai/06	US\$ 2.552	Minério de ferro & Caulim
Rio Verde	jan/06	US\$ 47	Minério de ferro
Valesul	jul/06	US\$ 28	Alumínio
Canico	dez/05	US\$ 800	Níquel
FCA	set/03	US\$ 67	Ferrovias
CST	mar/03	US\$ 60	Aço
Rana	fev/03	US\$ 18	Ferro-ligas
MVC	jul/02	US\$ 2	Bauxita
Alunorte	jun/02	US\$ 42	Alumina
Salobo	mai/02	US\$ 51	Cobre

Caemi	dez/01 - mar/03	US\$ 705	Minério de ferro & Caulim
Sossego	out/01	US\$ 43	Cobre
Ferteco	abr/01	US\$ 566	Minério de ferro & Pelotas
GIIC	out/00	US\$ 91	Pelotas
Samitri / Samarco	mai/00	US\$ 710	Minério de ferro & Pelotas
Socoimex	mai/00	US\$ 48	Minério de ferro

Fonte: Elaboração própria a partir das aquisições e desinvestimentos da Vale. Disponível em: <https://www.vale.com/pt/aquisicoes-e-desinvestimentos> . Acessado em: 11 de janeiro de 2024.

Pode-se notar que as aquisições da Vale no Brasil se concentraram sobretudo no período de ascensão dos preços dos minérios. Durante o “boom das commodities”, a Vale também promoveu sucessivos projetos próprios de expansão de sua capacidade produtiva, em outras palavras se trata de um processo de intensificação da acumulação e concentração de capitais, própria e de empresas subsidiárias, como ocorreu com a Samarco, operante no estado de Minas Gerais. Até 2008 a empresa, que contava apenas com duas usinas de pelotização (usadas para transformar finos de minério em pelotas), passou pelo Projeto de Terceira Pelotização (P3P), durante o qual se construiu uma terceira usina de pelotização no Porto de Ubu, no Espírito Santo. Além disso, foi construído um segundo mineroduto e uma segunda usina de concentração de minério. Considerando tais informações, houve na mineradora um aumento de 54% de sua capacidade de produção, e a implementação do projeto custou R\$ 3,1 bilhões de reais para a empresa (SAMARCO, 2014).

Já em 2014, a Samarco finalizou mais um processo de expansão de sua capacidade produtiva: o Projeto Quarta Pelotização (P4P). Foram construídos uma terceira usina de concentração de minério, uma quarta usina de pelotização e um terceiro mineroduto. Além disso, o projeto promoveu alterações no terminal marítimo e uma redução no custo da produção dessas mercadorias minerais. O projeto P4P custou 11 bilhões de reais e possibilitou o aumento da capacidade produtiva da empresa em 37% (SAMARCO, 2015).

Porém, é no Pará, estado que possui as jazidas de minério de ferro de maior pureza e em maior volume do país, que a Vale vai realizar o maior investimento em expansão produtiva do setor mineral brasileiro e o maior projeto mineral de toda a história, o Projeto Ferro Carajás

S11D. O projeto, que teve licença para começar a ser implementado em 2013, iniciou a exploração da Serra Sul de Carajás, ainda inexplorada em comparação com a Serra Norte, que já era explorada desde 1980. O projeto realizou a construção de todo um complexo produtivo, que possui a capacidade de produzir 90 milhões de toneladas de minério de ferro (VALE, 2012b).

O projeto de expansão realizado pela Vale envolvia a abertura e a instalação da mina, a construção de usinas de beneficiamento, melhorias e expansão do transporte ferroviário por meio da Estrada de Ferro de Carajás (EFC) e a modernização portuária no litoral maranhense no Porto de Ponta da Madeira, de propriedade da referida empresa. No que tange aos equipamentos necessários para a exploração das jazidas na mina, foram adquiridos: 7 escavadeiras de grande porte (4 do tipo shovell a cabo e 3 shovell hidráulicas), 1 carregadeira de grande porte, 12 perfuratrizes (9 de grande porte e 3 de médio porte), 14 tratores de esteira, 3 tratores de pneus, 4 motoniveladoras e 13 britadores móveis. Além disso, o complexo S11D não utiliza caminhões para transportar o minério para a usina de beneficiamento. Em todos os 9 km que separam a mina da usina, o minério é deslocado por meio de correias transportadoras, com auxílio de carregadeiras fixas e móveis (Souza; Galvão, 2015; Padilha, 2020).

Por outro lado, o maquinário usado na usina de beneficiamento foram: 6 peneiras do tipo banana, 6 britadores secundários cônicos, 3 empilhadeiras de duas lanças, 3 recuperadoras tipo ponte, 30 peneiras modulares, 12 britadores terciários cônicos, 4 empilhadeiras de lança giratória, 4 recuperadoras de roda de caçamba, sistema e ativos de automação, sistema elétrico e sistema de carregamento de trens (VALE, 2012b). Após o beneficiamento e a separação dos rejeitos e estéril do processo mineral, os vagões dos trens são carregados de maneira automatizada e o minério é escoado pela Estrada de Ferro de Carajás (EFC), no Pará, em direção ao Porto de Madeira, no litoral maranhense.

O projeto incluiu a construção de um ramal ferroviário de 101 km para ligar a usina a EFC, duplicou 504 km de estrada de ferro da EFC e reformou ou construiu outros 226 km de ferrovia (VALE, 2012b). Na área portuária para a expansão do Porto Madeira, localizado no litoral maranhense, também houve investimentos: expansão do pátio de estocagem, aquisição de dois viradores de vagão, uma empilhadeira, duas recuperadoras e duas empilhadeiras-recuperadoras. O custo total do projeto S11D foi de 40 bilhões de reais anuais. (VALE, 2017).

É preciso apontar também que o Projeto Minas-Rio, de propriedade da Anglo American, foi inicialmente idealizado pela empresa MMX Mineração e Metálicos do grupo EBX, que tem

como sócio fundador o filho do ex-presidente de Companhia Vale do Rio Doce durante o período ditatorial (Eliezer Batista), Eike Batista. Em um processo de fusão, a Angloamerican adquiriu a MMX pelo preço de 5,5 bilhões de dólares. É somente no ano de 2014 que o complexo minerador Minas-Rio comercializa os primeiros minérios de ferro. A empresa já atuava no Brasil desde 1973 no segmento mineral de produção de níquel na cidade de Niquelândia em Goiás (Vieira, 2015).

Em seu conjunto, os capitais individuais, que se enfrentam continuamente através da concorrência no mercado, constituem o capital social total. A acumulação capitalista, unida ao crédito e à concorrência imanente ao modo de produção capitalista, tende a potencializar a concentração e a centralização de capital. Por concentração de capital entende-se o crescimento constante do investimento e a incorporação de meios de produção e força de trabalho, que culmina no crescimento desse capitalista em comparação aos outros capitalistas individuais concorrentes, que não conseguem acumular no mesmo patamar. Ao fim do processo de concentração de capital, tem-se uma elevação da produção social. Por outro lado, o capital social total pode sofrer redistribuições, a título de exemplo, pode-se haver a aquisição de concorrentes menores ou falência destes, fazendo com que o capital social total seja reorganizado em posse de menos capitalistas. Com a centralização de capital não há variações na grandeza do produto social, mas sim a redistribuição do capital social (Marx, 2015).

Enquanto a centralização de capital reconfigura (mas não altera) a dimensão do capital social total, a concentração de capital se realiza com um aumento do capital social total. Ambos os processos são expressões da reprodução ampliada do modo de produção capitalista, pois é a centralização de capital que possibilita uma acumulação de capital superior. Desta forma, a concentração e a centralização de capital são condições *sine qua non* do modo de ser da sociabilidade engendrada pelo capitalismo (Marx, 2015).

A partir do exposto no que concerne a expansão da fronteira minerária brasileira no século XXI, é notável a radical mudança na distribuição e no volume do capital social do ramo da mineração entre os capitalistas individuais do setor mineral brasileiro, incentivada sobretudo pela elevação substancial do preço internacional das substâncias minerais metálicas. Pode-se constatar, dessa forma, que ao longo do século houve intensa centralização e concentração de capital no setor, preconizadas pelas grandes indústrias mineradoras que operam no país. Salienta-se também que com a implementação do projeto S11D, a Vale se tornou a principal empresa responsável pelo transporte ferroviário brasileiro em termos de volume de mercadorias comercializadas: a empresa se tornou responsável por cerca de 68% do deslocamento de cargas

por meio de ferrovias (Contente, 2018). Além disso, a empresa também é responsável por cerca de 27% da movimentação portuária brasileira. Tais indicadores são expressões das expansões produtivas preconizadas pela Vale durante o “*boom* das commodities”, visto que as infraestruturas ferroviária e portuária são utilizadas produtivamente na produção da empresa.

Paralelamente ao processo de concentração e centralização de capital no setor nas últimas duas décadas, torna-se fundamental observar a incorporação de avanços tecnológicos nesse setor produtivo. Como já discutido, é possível verificar que os processos produtivos da Vale estão sendo crescentemente automatizados, em algumas minas da Vale, como a Mina de Brucutu, localizada em São Gonçalo do Rio Abaixo (MG), em que a produção da mina ocorre com a utilização das tecnologias da chamada indústria 4.0, como caminhões, empilhadeiras e perfuratrizes autônomas e não tripulados. No entanto, as inovações da empresa se concentram sobretudo na Serra de Carajás, no complexo S11D em Canaã dos Carajás (VALE, 2021).

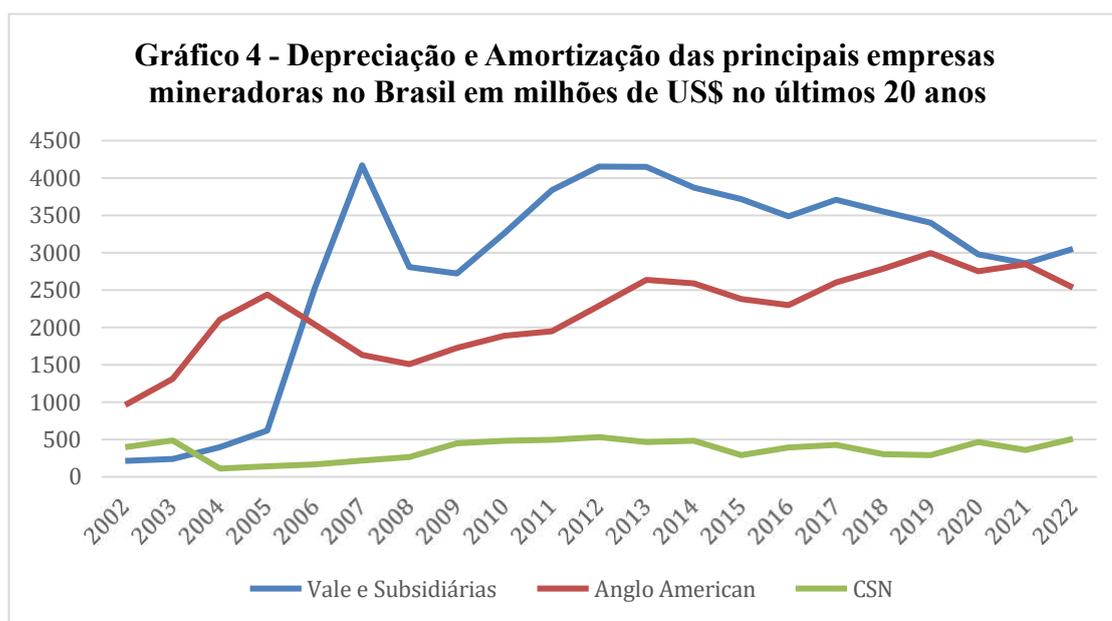
Como mostra Marx (2015), cada capitalista individual representa uma forma singular de produção e reprodução, já que os capitalistas individuais vão apresentar diferentes composições orgânicas do capital. Em outras palavras, a proporção de valor entre capital constante e capital variável vai ser única em cada empreendimento capitalista, visto que essa proporção se altera ao longo do tempo. A constante busca pelo aumento da produtividade do trabalho por meio do avanço das forças produtivas faz com que cada vez mais capital constante seja empregado no processo de produção em detrimento de uma diminuição na parte variável desse capital (MARX, 2015).

No que concerne ao revolucionamento dos meios de produção contemporaneamente, no limiar do século XXI, o termo “indústria 4.0” foi cunhado por ideólogos burgueses em 2011 durante a Feira de Hanover, na Alemanha. Essa “nova e atual fase” do desenvolvimento das forças produtivas, de maneira mais ampla, caracteriza-se pela utilização de redes de comunicação mais rápidas e seguras, inteligência artificial, automação do processo produtivo, produção interconectada, big data e armazenamento em massa (Antunes, 2020).

As tecnologias características da chamada indústria 4.0 no setor mineral (também chamada de Mineração 4.0), tem como principais inovações: uso de caminhões, perfuratrizes, tratores e carregadeiras autônomos durante o processo de transporte do minério na produção e exploração da jazida na mina; monitoramento em tempo integral da produção para evitar distúrbios; *big data e data cloud* para controle dos parâmetros de segurança e produção dos complexos mineradores através dos dados que podem ser acessados remotamente; sensores

inteligentes de gás utilizados para prevenção de acidentes nas minas; implementação de chips de identificação dos funcionários para produzir uma supervisão constante do trabalho; sistema de scaneamento 3D do solo para uma maior eficiência nos trabalhos de perfuração e detonação; desenvolvimento do GIS *system* para o mapeamento digital do complexo minerário, com a utilização de realidade aumentada (Zhironkina; Zhironkin, 2023).

Como discutido no estudo dos processos de produção da grande indústria mineradora, é possível notar a incorporação de parte dessas tecnologias nos processos produtivos minerais brasileiros. Além disso, observa-se o crescente investimento em capital constante e avanços tecnológicos ao longo dos anos nas principais empresas do setor mineral, sobretudo a Vale. Apesar da depreciação não expressar a magnitude do capital constante em sua totalidade, tais dados, presentes no gráfico 4, possibilitam que identifiquemos o grau intenso de renovação do capital constante nessas empresas específicas e como essa variável cresce ao longo dos anos.



Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios integrados das respectivas empresas. Pode-se acessar os relatórios por meio do Anexo III

Segundo Marx (2015), é uma tendência de o modo de produção capitalista substituir o capital variável por capital constante, de modo que, dessa maneira, promove-se alterações na composição técnica e orgânica do capital, tendo em vista a crescente incorporação de capital constante nos processos de produção, pode-se inferir que há um constante aumento na composição técnica do capital. O revolucionamento incessante dos meios de produção é uma tendência imanente ao modo de produção capitalista, não se busca utilizar a maquinaria para diminuir a jornada de trabalho dos trabalhadores, a maquinaria empregada num processo de

trabalho, que é também um processo de valorização, tende a intensificar o processo trabalho e a apropriação de mais-valia, sobretudo de forma relativa.

Um primeiro desdobramento contraditório do incremento de tecnologias, sobretudo das tecnologias da chamada indústria 4.0, é o aumento do trabalho morto empregado no processo produtivo, de modo que o capital variável é cada vez menos empregado nos processos (Antunes, 2020). Pode-se constatar que as tecnologias da chamada “Indústria 4.0” se trata de inovações que apenas intensificam a subsunção real do trabalhador e a exploração dos. Tal tendência de incorporação do capital constante já é apontada por Marx no estudo da Grande Indústria (Marx, 2015).

Apesar de empresas como a Vale e Anglo American CSN utilizarem alguns maquinários e equipamentos autônomos, pode-se observar que as principais inovações tecnológicas inerentes ao processo produtivo mineral industrial se distribuem de forma desigual ao longo do globo. De acordo com as duas principais (Caterpillar e Komatsu) empresas que fabricam cerca de 90% das máquinas e equipamentos para mineração, até o mês de maio de 2023 foram contabilizadas cerca de 1600 máquinas autônomas utilizadas na produção mineral em todo mundo, de modo que 975 desses equipamentos estão sendo empregados produtivamente na Austrália. Em seguida, os países que mais utilizam máquinas autônomas na produção são respectivamente Canadá, China e Chile; o Brasil é o quinto colocado na utilização dessas tecnologias, possuindo menos de 150 maquinários autônomos para mineração. Além disso, é preciso apontar que a utilização dessas tecnologias ainda é muito restrita, apenas 1% dos processos produtivos mineradores industriais em todo o mundo utilizam algum tipo de máquina ou equipamento autônomo. Como aponta o relatório, as empresas mineradoras que mais possuem veículos, máquinas e equipamentos autônomos são, em ordem de importância, respectivamente: BHP, Rio Tinto, Fortescue Metals Group e Teck Resources (GlobalData, 2023).

Apesar das principais empresas mineradoras realizarem uma vultosa produção a partir das riquezas minerais brasileiras, as principais empresas do setor mineral em todo o mundo não atuam no Brasil, como é o caso da BHP e da Rio Tinto, as duas principais empresas do setor. Pode-se observar as principais grande indústrias mineradoras mundiais em termos de capitalização de mercado, visto que tal indicador busca mensurar o valor de mercado das empresas, na tabela subsequente.

**Tabela 4 - Empresas de Mineração líderes de mercado em todo mundo com base na capitalização de mercado em março de 2023. (em bilhões de dólares)**

<b>Empresas Mineradoras</b>	<b>Capitalização de Mercado</b>	<b>Principais países em que opera</b>
BHP Billiton	158,95	Austrália/Canadá/EUA/Chile
Rio Tinto	119,24	Austrália/Canadá/EUA
Vale	75,29	Brasil/Moçambique
Glencore	72,8	Canadá/Colômbia/Equador
Freeport-McMoRan	58	Indonésia/EUA/Chile
Southern Copper Corp	57,91	Perú/México
Anglo American	45,58	Brasil/Austrália/Peru/Chile
Fortescue Metals Group	45,03	Austrália/Argentina
Zijin Mining Group	43,52	China/Mongólia/Chile/Peru
Grupo México	35,79	México/EUA/Perú/Chile/Equador
Newmont Corporation	33,47	Austrália/EUA/Canadá/México/Peru
NorNickel	29,63	Rússia/Finlândia
Barrick Gold	27,51	Austrália/Canadá/Argentina/Tanzânia
Franco-Nevada	25,42	Canadá/EUA/México
Baoshan Iron & Steel	21,42	China

Elaboração própria a partir de dados presentes em Statista Reports. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/272706/top-10-mining-companies-worldwide-based-on-market-value/>

Como é possível observar, as empresas que operam majoritariamente no Brasil, no caso a Vale e a Anglo American, possuem uma importante relevância no mercado internacional de comercialização de substâncias minerais metálicas. O contexto atual do setor mineral brasileiro que vem sendo apresentado na presente seção, bem como a inserção do setor mineral brasileiro no mercado mundial, que é caracterizado por uma pujante expansão no início do século XXI tem o total amparo do Estado para o financiamento das suas atividades produtivas.

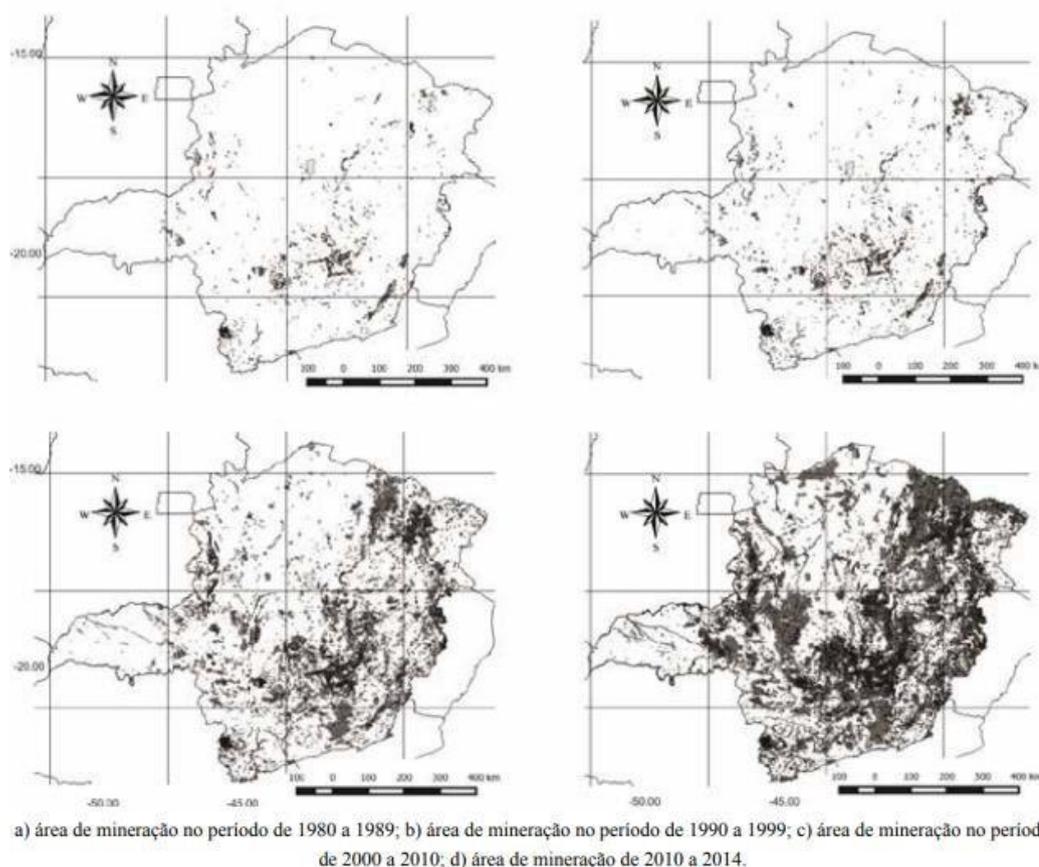
É possível notar que a expansão da produção mineral ocorre a partir de um amplo incentivo do Estado brasileiro, de modo que “apesar de o neoextrativismo representar uma forma de continuum do extrativismo colonial, sua especificidade reside em ser um arranjo conduzido pelo Estado Nacional” (Contente, 2018, p.24) De fato, é possível notar os constantes incentivos e financiamentos públicos destinados à expansão da atividade minerária no país, sobretudo no que concerne ao S11D:

“O Estado brasileiro, através do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), se coloca como principal parceiro da Vale no projeto S11D. O BNDES aprovou em 2008 um limite de crédito para a Vale de R\$ 7,3 bilhões. A condição imposta é de que o empréstimo só se destine a financiar projetos dentro do próprio país. Parte desse gigantesco aporte foi direcionado para o projeto S11D. Outro financiamento do BNDES para a Vale foi aprovado em 2012 no valor de R\$ 3,882 bilhões. Os recursos vão para a implantação do projeto CLN S11D. O BNDES financiará 52,3% do projeto. Já em abril de 2014, o BNDES aprovou novo financiamento de R\$ 6,2 bilhões para a Vale. Novamente, os recursos são destinados para o aumento da capacidade de produção em Carajás” (Coelho, p. 214)

A participação ativa do Estado brasileiro para a objetivação da expansão de projetos mineradores, mais do que ser reflexo do modelo neoextrativista e dependente de acumulação capitalista, apenas expõe o caráter burguês do Estado no modo de produção capitalista. Como mostra Engels (1974), o Estado se configura como um resultado da materialidade quando a sociedade chega num determinado nível de desenvolvimento das forças produtivas. O Estado é um mecanismo gestado pelo antagonismo de classes e surge como instância mediadora destes interesses contrários. Neste sentido, a classe economicamente dominante se apropria do aparelho do Estado. Com isso, evidencia-se que o Estado moderno representa os interesses da classe burguesa, sendo o instrumento utilizado pelo capital na luta de classes para legitimar, regulamentar e perpetuar formalmente a exploração do trabalho; portanto, o Estado assegura as riquezas pessoais e consagra a propriedade privada dos meios de produção e dos recursos naturais.

Portanto, a privatização das empresas públicas voltadas para a atividade extrativa mineral e o aumento generalizado no preço dos minerais e dos constantes financiamentos públicos da atividade produtiva se materializam como meios para a expansão da fronteira minerária para a exploração de regiões em que existem jazidas de menor qualidade (com baixo teor de minério de ferro), sobretudo no Estado de Minas Gerais e Pará (Saes, 2017). Pode-se observar a pujante expansão da atividade mineradora em Minas Gerais ao longo dos anos, que se intensifica sobretudo a partir dos anos 2000, por meio da Figura 1 apresentada abaixo.

**Figura 2 - Mapa da expansão da mineração no estado de Minas Gerais por décadas durante os anos 1980 até 2014.**



Fonte: Resende, 2016, p. 378.

Muitos são os reflexos imediatos da construção e da expansão de complexos mineradores, como os citados anteriormente. A título de exemplo, a construção do complexo S11D culminou na expulsão de povos tradicionais dos seus territórios; pode-se apontar quatro terras indígenas localizadas em áreas de mineração e, além disso, pelo menos 88 comunidades quilombolas são atravessadas pela EFC. Além disso, muitos assentados da reforma agrária tiveram suas terras expropriadas em função da expansão da atividade mineradora no Pará.

Como discutido no capítulo, muitas foram as alterações que ocorreram no setor mineral brasileiro ao longo do século XXI, em que houve um intenso processo de concentração e centralização de capitais, de modo que é possível observar uma expansão da fronteira minerária e incorporação de avanços tecnológicos. Como veremos na próxima seção, apesar dos significativos avanços tecnológicos e patentes desenvolvidas pelas empresas mineradoras brasileiras, tais tecnologias empregadas no Brasil não representam revoluções técnicas no setor, já que possuem natureza apenas incremental, buscam realizar melhorias e pequenas adaptações para promover uma maior automação e diminuição das interrupções no processo produtivo, a

tecnologia de ponta empregada nesses processos de produção são incrementadas sobretudo em decorrência da aquisição de máquinas e equipamentos produzidos por empresas especializadas, como a Caterpillar e a Komatsu. Para tanto, buscar-se-á investigar as etapas gerais dos processos produtivos mineradores brasileiros bem como os avanços tecnológicos incorporados pelas principais empresas do setor.

### 3.2. O processo produtivo mineral industrial brasileiro e os avanços tecnológicos

Como apontado, muitas são as particularidades inerentes ao processo produtivo mineral industrial, de modo que se trata de segmento produtivo que tem um substancial relevância para economia brasileira contemporânea, ao passo que muitos são os impactos socioeconômicos e ambientais diretos advindos da atividade produtiva mineral industrial. Dessa maneira, a presente seção do trabalho busca analisar, de maneira mais ampla, as etapas do processo produtivo na grande indústria mineradora brasileira, bem como enseja investigar as inovações tecnológicas incorporadas nos respectivos processos de produção.

A princípio, antes mesmo de se iniciar propriamente o processo produtivo, torna-se indispensável a realização de pesquisas minerais que envolvem estudos aerogeofísicos, geofísicos e geoquímicos, com o objetivo de, não só identificar a ocorrência de minério do subsolo, mas também fazer a prospecção e a avaliação da jazida. Posteriormente, para que o projeto de exploração seja executável legalmente, ocorre o processo de requerimento de pesquisa mineral. Na pesquisa, busca-se mensurar a dimensão das jazidas prospectadas, assim como sua qualidade visto que esta característica está diretamente associada ao percentual de minério economicamente explorável ali presente, tomando por garantido algum percentual de impureza — outros minerais e componentes químicos não aproveitáveis, como a sílica, se encontram presentes no subsolo entre os minerais interessantes economicamente. Dessa forma, os estudos buscam identificar se a jazida encontrada pode ser explorada de maneira lucrativa por uma empresa, além de quantificar o tempo esperado para sua exaustão. A fase de estudo e prospecção de minas se configura como um custo para o capital e somente após a fase de pesquisa mineral a empresa realiza o requerimento de concessão de lavra e, dessa forma, pode-se iniciar os estudos de impacto ambiental da proposta de atividade mineradora — última fase do licenciamento para o início das operações (Milanez; Santos, 2013).

O processo de produção mineral, após as etapas antecedentes do projeto que estão relacionados ao licenciamento, à pesquisa mineral, e à implementação do complexo minerador,

pode efetivamente se iniciar. O processo produtivo tem início na etapa de lavra e duas são as formas predominantes para realização dessa etapa no Brasil: tratando-se de uma rocha demasiadamente resistente, torna-se necessária a utilização de perfuratrizes e explosivos para o desmonte dos maciços rochosos; por outro lado, quando se trata de uma jazida mineral menos resistente, o processo de lavra é realizado com a utilização de escavadeiras e pá carregadeiras. Tratam-se de procedimentos comuns às empresas mineradoras no que concerne ao processo de lavra do minério, tanto no quadrilátero ferrífero, quanto na Serra de Carajás. A lavra pode ocorrer sob a modalidade de cava a céu aberto ou mina subterrânea, sendo que a exploração mineral industrial no Brasil se realiza majoritariamente por meio da modalidade a céu aberto (Vieira, 2015; Dornellas, 2015; Moraes; Ribeiro, 2018; Samarco, 2023).

Como mostram Moraes e Ribeiro (2018), no que concerne ao minério de ferro, principal produto mineral explorado no Brasil, existem diferenças específicas inerentes às jazidas presentes no Quadrilátero Ferrífero e às jazidas exploradas no Pará. As jazidas em Minas Gerais são conhecidas como itabiritos; tais jazidas possuem um baixo teor mineralógico, alto percentual de impurezas e grande resistência. Dessa forma, a exploração dessas jazidas não só implica numa maior geração de rejeitos advindos da produção, em virtude da maior presença de impurezas, mas também num custo superior para tratamento dos rejeitos, ao passo que o rendimento de minério por jazida também é inferior para o desmonte dos maciços rochosos, que apresentam demasiada resistência.

Por outro lado, as rochas ferríferas exploradas na Serra de Carajás são chamadas de hematitas e possuem um alto teor de minério de ferro, baixo teor de impureza e baixa resistência. Tais jazidas possibilitam uma menor geração de rejeito e também, em decorrência da menor presença de impurezas e da alta umidade relativa do ar, característica da região amazônica, torna-se viável economicamente utilizar outras técnicas de manejo de rejeitos em alternativa às barragens, como a deposição do rejeito à seco em pilhas, como ocorre em Canaã dos Carajás, no complexo minerador S11D, de propriedade da Vale (Moraes; Ribeiro, 2018).

As jazidas presentes no Pará possuem uma maior qualidade em comparação com as jazidas ferríferas do quadrilátero ferrífero, por conta das suas características mineralógicas particulares explicitadas anteriormente e pela grande quantidade de minério presente no solo. Historicamente a exploração dos recursos minerais ocorre mais tardiamente na Serra de Carajás, quase 40 anos após o início da exploração do quadrilátero ferrífero, que teve as suas jazidas de maior qualidade exauridas ao longo do século XX — caso do Pico do Cauê, em Itabira (Pimenta, 1981) (CVRD, 1992).

Em linhas gerais, o processo de lavra consiste fundamentalmente na retirada da matéria prima dos maciços rochosos, que no Brasil são predominantemente itabiritos e hematitas. Como aponta Milanez e Santos (2013), o processo de lavra ocorre predominantemente na modalidade de mineração a céu aberto, em que ocorre a retirada da terra em blocos, para construção do espaço para o deslocamento e a exploração das jazidas na unidade de lavra em formato de curvas de níveis; a estrutura da mina se assemelha a um poço em que há plataformas em diferentes níveis. O preparo para lavra é feito através da perfuração dos blocos por meio de perfuratrizes. Essas máquinas são equipadas com bits abrasivos de perfuração, que apresentam resistência e abrasão suficiente para perfurar as rochas, e são trocados periodicamente de acordo com o desgaste da peça.

Posteriormente, ocorre a inserção de cargas de explosivo para afrouxar os blocos rochosos para que, dessa forma, torne-se possível que os operadores de máquinas, no uso de pás carregadeiras, retirem o material do solo e carreguem os caminhões fora de estrada. As jazidas mineradas são destinadas para as usinas de beneficiamento primário e secundário, que se localizam nas próprias unidades mineradoras. O beneficiamento ocorre ainda na unidade de lavra pelo fato de o minério ainda não estar separado do estéril e rejeito presentes nas jazidas e no próprio solo, de modo a não incorrer em custos de deslocamento de materiais não aproveitáveis economicamente (Milanez; Santos, 2013).

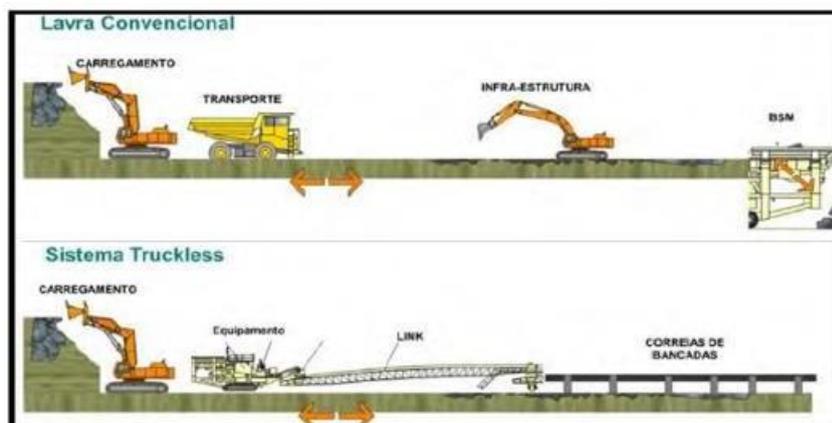
Essas etapas iniciais dos processos de produção são comuns tanto à atividade mineradora desempenhada pela Anglo American em Conceição do Mato Dentro (Vieira, 2015), quanto à atividade minerária realizada pela CSN (Dornellas, 2015). No que diz respeito ao processo de lavra realizado pela Vale e suas empresas subsidiárias, pode-se observar a utilização de perfuratrizes, pás carregadoras e caminhões fora de estrada convencionais, mas, no entanto, nota-se uma tímida adoção de tecnologias de automação nessa etapa do processo de produção, sobretudo nas Cidades de São Gonçalo do Rio Abaixo, que abriga mina de Brucutu, e nas minas presentes em Parauapebas e Canaã dos Carajás, no complexo S11D (Revista Vale, 2016).

De início, um primeiro avanço tecnológico pode ser observado nas referidas minas no que concerne à lavra: trata-se da implementação do sistema de correias de transporte e beneficiamento móvel de minério, o chamado de Sistema Truckless. Substituiu-se assim a utilização de caminhões pelas correias giratórias e esteiras para o deslocamento do minério — que já passa por um processo de britamento ainda nas esteiras de transporte — até a unidade de beneficiamento (Padilha, 2020).

“O sistema truckless substitui os britadores fixos e os caminhões fora de estradas por britadores móveis e correias transportadoras. Com o transporte do minério de ferro por meio de Transportadores de Correias de Longa Distância, os caminhões não são necessários. Uma estrutura composta de escavadeiras e britadores móveis extrai o minério de ferro e alimenta 30 quilômetros de correias transportadoras, que levam o produto até a usina de processamento. Esse novo sistema substitui 100 caminhões fora de estrada” (Souza; Galvão, 2017, p.8-9).

Assim como a utilização do sistema Truckless consiste na automação de uma etapa do processo logístico interno de deslocamento do minério, pode-se observar que a Vale tem investido amplamente na aquisição e utilização de caminhões e perfuratrizes autônomos e não tripulados, que, além de propiciarem respectivamente uma maior eficiência logística e de extração, permitem uma redução do gasto com manutenção dos caminhões fora de estrada e também possibilita maior celeridade nos processos na mina, elevando a eficiência do transporte de minério. Em março de 2022 a Vale anunciou a utilização de 72 equipamentos e máquinas autônomos em todo o Brasil, mas sobretudo nas já citadas unidades produtivas que se localizam na Serra de Carajás (Parauapebas e Canaã dos Carajás) e no Quadrilátero Ferrífero (São Gonçalo do Rio Abaixo e Itabira) (Vale, 2022b).

**Figura 3: Lavra Convencional e Sistema Truckless**



Fonte: (Souza; Galvão, 2017)

Por outro lado, como é possível analisar através da Tabela 5, alguns avanços tecnológicos que foram desenvolvidos pela Vale no processo de lavra, bem como seus respectivos impactos e as funções na etapa do processo produtivo. A tabela subsequente foi elaborada a parte do estudo das patentes registradas pelas empresas que operam nos principais municípios mineradores brasileiros, segundo a base de dados de patentes do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI, 2023).

**Tabela 5: Patentes e respectivas funções tecnológicas desenvolvidas pela Vale na etapa de lavra no processo de produção**

<b>Patente</b>	<b>Título</b>	<b>Funções e Impactos da Tecnologia Implementada</b>	<b>Ano</b>
BR10201801647 6-7	Sapata flexível para esteira sem-fim de máquinas de grande porte e método de fabricação da sapata flexível	<p><b>Funções:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumentar a durabilidade das esteiras sem-fim das máquinas, que correspondem ao que seriam as rodas em caminhões comuns.</li> <li>- Otimização do processo de manutenção das esteiras, que pode ser realizado parcialmente.</li> </ul> <p><b>Impactos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior adaptabilidade e resistência das máquinas ao terreno</li> <li>- Diminuição do tempo e dos gastos com manutenção dos equipamentos</li> </ul>	201 8
BR102018001919-8	Haste de perfuratriz para quebra de borda de furo e método de quebra de borda de furo	<p><b>Funções:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar obstrução do canal de perfuração, por meio da utilização de hastes nas perfuratrizes, que ocorrem por conta do material acumulado na borda do furo.</li> </ul> <p><b>Impactos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Automação da função de quebra da borda do furo</li> </ul>	201 8
BR10202101633 21	Chave de desacoplar para destravamento de bits de uma perfuratriz, sistema para substituição de bits de perfuratriz, e, método para substituir bits de uma perfuratriz	<p><b>Funções:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar a substituição automatizada do bits das perfuratrizes</li> </ul> <p><b>Impactos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menos interrupções no processo de lavra para trocar bits desgastados</li> </ul>	202 1

		- Automação da função de troca de bits	
--	--	--	--

Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados de patentes do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/>.

Como é evidenciado por meio dos dados expostos na tabela, para além das já citadas aquisições voltadas para automação logística, tais como o Sistema Truckless e as máquinas autônomas de mineração, no interior das unidades de lavra que são incorporadas no processo produtivo através da aquisição de máquinas e equipamentos de empresas do segmento de OEM (Original Equipment Manufacturer<sup>2</sup>), como a Caterpillar e a Komatsu, pode-se observar que a Vale tem desenvolvido tecnologias próprias para a automação dos processos ligados diretamente com a lavra do minério, aumentando a produtividade e reduzindo as interrupções e custos. Entretanto, pode-se apontar que tais tecnologias consistem tão somente em melhores adaptações para a realização da produção, não se configurando como revoluções técnicas, assim, operam momentaneamente nos lucros extraordinários particulares de cada indústria, não representando uma alteração qualitativa no patamar da taxa média de lucro. Ou, em outros casos, trata-se da inserção de tecnologias que substituem máquinas que perderam valor de uso ao longo do tempo, já defasadas ou danificadas.

Posteriormente ao processo de lavra e ao deslocamento das jazidas, o material explorado segue para as usinas de beneficiamento. No caso das jazidas de alto teor, o processo de beneficiamento consiste na britagem, na moagem e no peneiramento do minério, além da separação do rejeito e do estéril através de propriedades químicas, físicas e magnéticas. No caso das jazidas de baixo teor, ocorre a concentração do minério, por meio de processos de ciclonagem, filtragem e flotação durante o beneficiamento, para possibilitar uma maior concentração de minério presente e uma separação mais eficiente da grande quantidade de rejeito e estéril. Trata-se de um tipo de beneficiamento que demanda a utilização mais intensiva de água. Nos casos em que ocorrem jazidas de alta concentração mineral, tais processos não são realizados visto que apenas a lavagem do material extraído após a britagem já realiza, em grande medida, a separação do material indesejado (Moraes; Ribeiro, 2019). Como aponta Dornellas (2015, p.65) sobre o beneficiamento do minério, “esta etapa caracteriza-se por uma produção em processo contínuo, com predominância do uso de tecnologias da automação”. Os trabalhadores que desempenham funções de manutenção e supervisão no que diz respeito às

---

<sup>2</sup> Tradução: Fabricante de equipamento original

etapas de beneficiamento não operam diretamente as máquinas e equipamentos das respectivas etapas produtivas.

Como aponta Marx (2015), o trabalho é um processo que medeia o homem e a natureza através dos meios de trabalho. O trabalho, além de consistir numa atividade de gasto de “músculos e cérebros”, operacionaliza-se por meio da base técnica, em termos de capital fixo transfere valor para as mercadorias, e precisa da matéria-prima para sua efetiva objetivação. Além disso, o processo produtivo também aparece como uma atividade orientada para um fim. Em outras palavras, o trabalho é uma atividade teleológica, constituindo-se como uma forma de apropriação do mundo das coisas (natureza) e do mundo dos homens. No modo de produção capitalista, o trabalhador, ao transformar a natureza em produtos do trabalho durante sua atividade laboral, modifica a realidade objetiva e cria valor e, concomitantemente, também é modificado ao se exteriorizar nesses produtos (Marx, 2015).

Além disso, é por meio do processo de trabalho que cada modo de produção específico vai estabelecer um sócio-metabolismo com o meio natural, que é a base material fundamental para que a produção social possa ocorrer. No caso dos minérios especificamente, quando ainda estão no subsolo são completamente destituídos de valor, mas são transformados em matéria-prima, mercadoria preta de valor, a partir da exploração do trabalho vivo, na forma de trabalho assalariado livre, em associação com o trabalho morto no momento da produção. Ainda como mostra Marx (2015), no modo de produção capitalista o processo de trabalho tem como princípio determinante a valorização do valor e se realiza em virtude da produção de mercadorias com finalidade de serem trocados no mercado.

Durante o beneficiamento, o minério vai adquirir as características demandadas pelo mercado, de modo a propiciar um melhor aproveitamento nos altos fornos das indústrias siderúrgicas e de transformação. Nesse sentido, é comum às três grandes indústrias mineradoras estudadas o uso de correias transportadoras no interior das unidades de beneficiamento, e as etapas desse processo são muito semelhantes nos respectivos processos produtivos (Vieira, 2015; Moraes; Ribeiro, 2018; Dornellas, 2015). O beneficiamento do minério se inicia através de sucessivos processos de britagem, moagem e peneiramento; durante a britagem primária, o minério é reduzido em menores grãos e é separado, por meio das peneiras, que o segregam a partir de sua granulometria. Após a etapa primária, ocorre o beneficiamento secundário, que reduz o minério a pedaços de até 120mm, seguido por um novo processo de peneiramento. Posteriormente, há ainda o beneficiamento terciário, que busca fragmentar ainda mais o minério

e levando ao último peneiramento do minério (Vieira, 2015; Moraes; Ribeiro, 2018; Dornellas, 2015; Samarco, 2023).

O resultado do processo de beneficiamento é a produção de granulados de minério, que possuem a granulometria entre 6 e 31mm. Além disso, também são produtos do beneficiamento mineral os finos e ultrafinos de minério de ferro; os finos de minérios possuem granulometria entre 0,15mm e 6mm, e são conhecidos como *sinter feed*. Já os ultrafinos de minério possuem menos de 0,15mm de granulometria, e são chamados de *pellet feed*. Os finos e ultrafinos de minério podem passar ainda por um outro processo de beneficiamento, que é a pelotização. Busca-se utilizar fornos de alta temperaturas nas usinas de pelotização para transformar o minério de ferro no formato de pelotas, de modo a agregar mais valor ao minério que será comercializado (Milanez; Santos, 2013);

Nessa etapa produtiva, como apontado pela literatura, já existe um alto grau de automação dos processos, de modo que poucas foram as alterações produtivas implementadas pela Vale no beneficiamento (pode-se observar tais patentes na Tabela 6). Tratam-se sobretudo de processos de melhoramento das atividades de britagem, como a utilização de rolos de compressão mais eficientes e a automação do monitoramento da atividade magnética nas usinas de beneficiamento. É possível notar que uma das patentes automatiza uma função de controle ambiental (medição do campo magnético na usina de beneficiamento), realizada anteriormente por trabalhadores, e aprimorou o processo de produção com uma britagem mais eficiente.

**Tabela 6: Patentes e funções tecnológicas desenvolvidas pela Vale na etapa de beneficiamento de minérios.**

<b>Patente</b>	<b>Título</b>	<b>Funções e Impactos da Tecnologia Implementada</b>	<b>Ano</b>
BR 102015021252-6	PRENSA DE ROLOS PARA MINÉRIOS E MÉTODO PARA OBTENÇÃO DE MÁXIMA EFICIÊNCIA DE UMA PRENSA DE ROLOS	<p><b>Funções</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução dos gastos energéticos no processo de britagem</li> <li>- Maior qualidade da produção de minérios (mais finos)</li> </ul> <p><b>Impactos</b></p>	2019

		- Maior eficiência no processo produtivo	
BR 10 2018 012398-0	Aparelho para medição online de campo magnético em usinas de beneficiamento de minério de ferro	<p><b>Funções</b></p> <p>- Realizar a medição contínua e automatizada dos níveis de radiação nas usinas de beneficiamento</p> <p><b>Impactos</b></p> <p>- Automação da operação</p>	2018

Fonte: Elaboração própria a partir de dados presentes na base de dados de patentes do INPI. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/>.

Após o processo de beneficiamento, o rejeito e o estéril são destinados aos aterros hidráulicos (barragens), por meio de dutos de transporte (minerodutos), sendo este o método de tratamento de rejeitos menos custoso e predominantemente usado pela grande indústria mineradora brasileira. É possível apontar que o processo de tratamento de rejeitos é realizado no Brasil sobretudo a partir das barragens, com exceção da produção realizada em Canaã dos Carajás no complexo S11D, que utiliza o método de deposição a seco em pilhas dos rejeitos. Observa-se a utilização de barragens em todos os demais complexos produtivos instalados nas principais cidades mineradoras (Vieira, 2015; Dornellas, 2015; Samarco, 2023; Revista Vale, 2016). Apesar da não utilização de barragens em Canaã dos Carajás ser utilizada como uma propaganda de mineração sustentável pela Vale, essa foi uma exigência do processo de licenciamento ambiental, tendo em vista a limitada disponibilidade de recursos hídricos na região para utilização produtiva, além do fato de que a umidade presente no ar no bioma amazônico também torna possível a não utilização de água no tratamento dos rejeitos (Moraes; Ribeiro, 2018).

Os minérios, já transformados em finos, ultrafinos, pelotas ou granulados de minério, são armazenados nos pátios de estocagem de produtos e posteriormente escoado em direção aos portos brasileiros. Como mostram Milanez e Santos (2013), os minérios são transportados sobretudo através do transporte ferroviário, o que permite um maior deslocamento de mercadorias, além de eficiência logística. Um segundo método de transporte menos utilizado é

o transporte até os portos por meio de minerodutos, que se configuram como opções logísticas mais custosas e menos eficientes (Milanez; Santos, 2013). Os minerodutos são usados para realizar o transporte do minério produzido pela Anglo American em Conceição do Mato Dentro até o Porto de Açú, que se localiza na cidade de São João da Barra (RJ). Os minerodutos são usados também para o escoamento da produção da Samarco, que ocorre no Porto de Ubu, no município de Anchieta (ES) (Samarco, 2023). Vale apontar que embora a produção realizada pela CSN no município de Congonhas seja escoada por meio de transporte ferroviário, trata-se de uma etapa da circulação da mercadoria realizada de forma terceirizada pela empresa contratada MRS Logística, responsável por transportar o minério produzido em Congonhas até dois terminais portuários administrados pela CSN, no litoral da cidade de Itaguaí (RJ) (Dornellas, 2015).

Por sua vez, a produção realizada pela Vale nas cidades da Serra dos Carajás é escoada por meio de transporte ferroviário, realizado através da Estrada de Carajás (EFC) de posse da mesma empresa. A EFC liga as unidades de lavra instaladas no interior do Pará ao Porto de Madeira, no litoral maranhense (Wanderley; Coelho, 2021). A produção realizada pela Vale no Quadrilátero Ferrífero também é escoada por meio do transporte ferroviário, no caso, pela Estrada de Ferro Vitória Minas (EFVM), que liga as unidades de lavra realizadas pela Vale e pela MBR (empresa subsidiária) do quadrilátero ferrífero até o Porto de Tubarão, localizado no litoral da cidade de Vitória (ES) (Wanderley; Coelho, 2021). Os avanços tecnológicos incorporados nessa etapa do processo de produção pela Vale podem ser vistos na Tabela 7 a seguir.

**Tabela 7: Patentes e funções tecnológicas desenvolvidas pela Vale na logística de transporte (ferrovia e porto)**

<b>Patente</b>	<b>Título</b>	<b>Funções e Impactos da Tecnologia Implementada</b>	<b>Ano</b>
PI1009171-8	Sistema para acoplamento dinâmico de locomotivas auxiliares (Helper Dinâmico)	<b>Funções</b> - Permite o acoplamento de duas locomotivas sem paralisação da ferrovia.	2010

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Introdução de locomotiva mais potente.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Impactos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminuição das interrupções do processo produtivo</li> </ul>	
BR 102017002219-6	Sistema e Método para o Monitoramento de Rodas Ferroviárias	<p style="text-align: center;"><b>Funções</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realiza supervisão autônoma de desgastes e problemas nas rodas dos trens.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Impactos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mais precisão na identificação de rodas danificadas</li> <li>- Automação da função</li> <li>- Redução dos custos de operação</li> </ul>	2020
BR 102017020555-0	SISTEMA DE CONTROLE E MÉTODO DE CONTROLE PARA VIRADORES DE VAGÕES	<p style="text-align: center;"><b>Funções</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Método de descarregamento de vagões ferroviários</li> <li>- Integração do descarregamento com os silos de estocagem</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Impactos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminuição do tempo para realização da operação</li> </ul>	2020

		- Automação da função de carregamento de silos de armazenamento	
BR 102017014425-9	Dispositivo para carregamento de navios graneleiros e método de carregamento	<p><b>Funções</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de abastecimento direto de navios graneleiros</li> <li>- Transportar o minério diretamente do silo de estocagem para os navios</li> </ul> <p><b>Impactos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução de tempo das operações</li> <li>- Automação das operações realizadas em portos</li> </ul>	2020

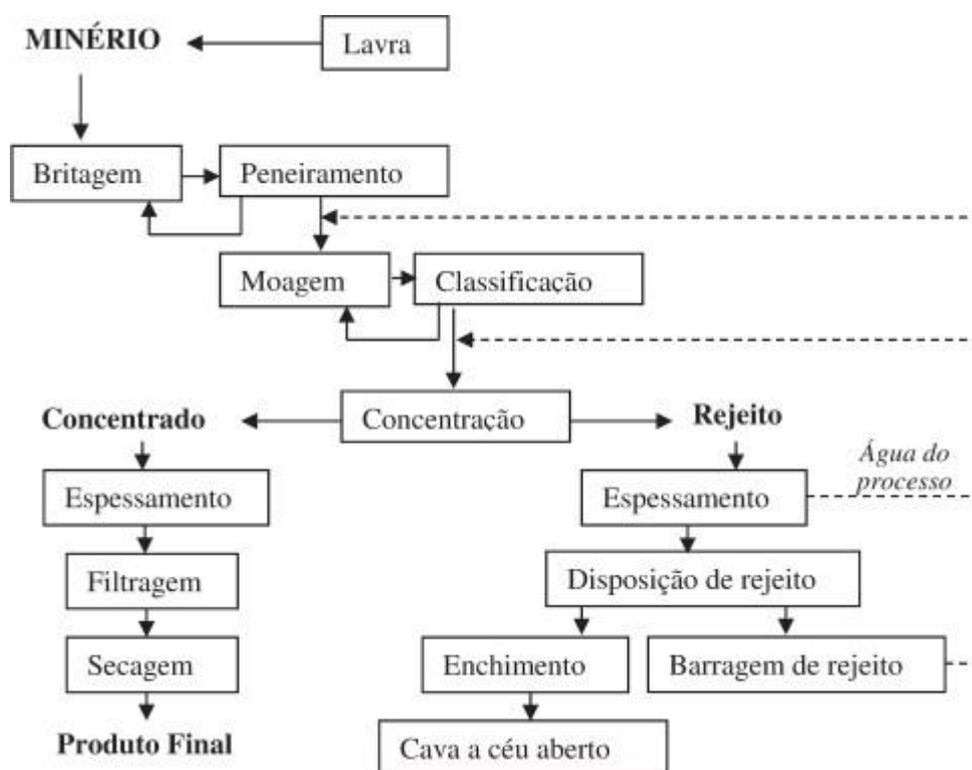
Fonte: Elaboração própria a partir de dados presentes na base de dados de patentes do INPI. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/>.

Como é possível observar através dos dados expostos na tabela anterior, a maior parte dos avanços tecnológicos implementados pela Vale na etapa logística fora da mina buscam diminuir as interrupções no processo produtivo, reduzir o tempo de realização das operações logísticas, e aumentar o processo de automação das operações nessa fase do processo de transporte (circulação)s, além de garantir a realização da supervisão autônoma de desgastes no aparato logístico. Tais alterações, mesmo que não se configurem como revoluções técnicas, permitem com que o capital, ao intensificar o processo produtivo por meio da automação, reduza a necessidade de trabalho vivo para uma mesma massa de trabalho morto, aumentando o desemprego no setor e, ao reduzir as interrupções no processo, reduz o tempo de rotação dos capitais singulares. (Marx, 2014).

Já nos portos, o minério é armazenado em silos dispostos nos pátios de estocagem e, posteriormente, para a realização do transporte transoceânico, no porão de navios graneleiros. Como apontam Carvalho *et al.* (2014), a produção extrativa mineral se insere como fornecedora

de insumos para a indústria de siderurgia e transformação. Além disso, é possível observar que a produção de substâncias minerais metálicas no Brasil tem como destino majoritariamente a exportação: cerca de 80% da produção bruta é exportada sobretudo para a China, os Estados Unidos e o Japão respectivamente (ANM, 2023). Pode-se notar no esquema subsequente disposto na Figura 3 uma síntese das etapas do processo de produção e utilização de recursos hídricos nas respectivas etapas.

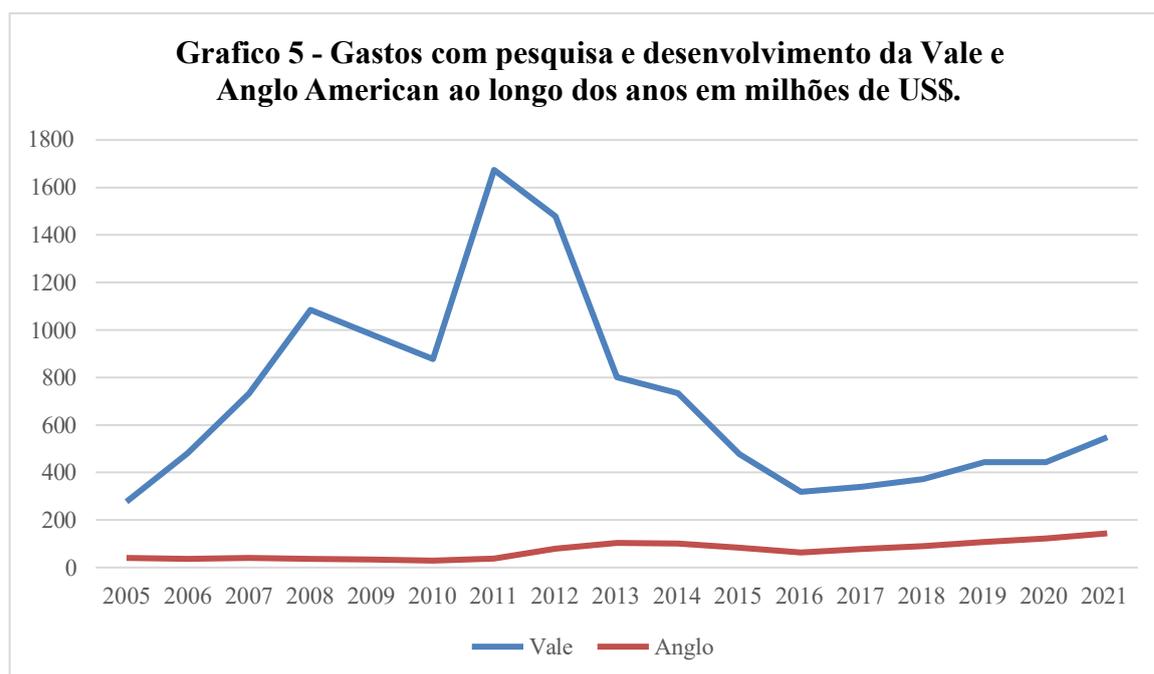
**Figura 4 – Síntese do processo produtivo mineral grande industrial**



Fonte: Saes, 2017, p.104.

Como é possível notar, o processo produtivo mineral industrial envolve etapas particulares e uma vultosa quantidade de capital adiantado para sua realização. Nesse ínterim, identifica-se que os avanços tecnológicos são incrementados no processo de produção sobretudo com a função de diminuir as interrupções da produção e de automatizar o processo produtivo. No entanto, apesar dos casos referidos, a indústria mineradora se caracteriza como um segmento produtivo caracterizados pelos incipientes avanços tecnológicos, como é possível observar através do estudo das patentes propostas pela Vale. As patentes desenvolvidas tratam de incrementos tecnológicos de baixo impacto e incrementais, que não alteram de maneira substancial a forma como a produção se realiza (Sanchez; Hartlieb, 2020; Olvera, 2022).

Os incrementos tecnológicos mais significativos incorporados na produção mineral, sobretudo o sistema Truckless e a utilização de veículos e máquinas autônomas, se dão, sobretudo, através da aquisição de equipamentos de empresas como a Caterpillar e a Komatsu, que são as principais empresas que produzem meios de produção voltados para mineração. Vale salientar também que no setor mineral, os avanços tecnológicos incrementados estão relacionados aos processos, e não ao produto. Nesse diapasão, pode-se observar uma redução do gasto com pesquisa e desenvolvimento nas empresas mineradoras enquanto nota-se um aumento dos gastos para a aquisição de equipamentos (Sanchez; Hartlieb, 2020; Olvera, 2022).



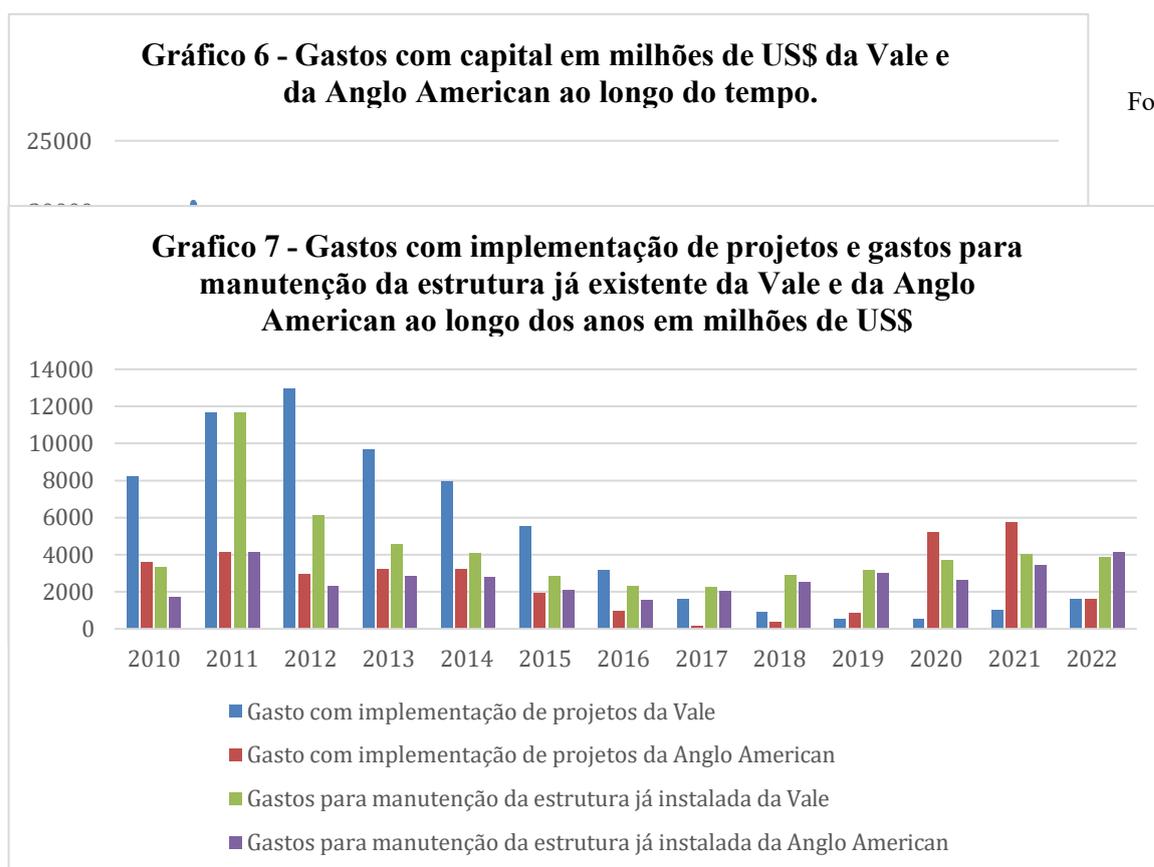
Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios 20-F entre os anos de 2005 e 2022 da Vale e Anglo American devidamente referenciados no Anexo IV.

Tal realidade pode ser constatada por meio dos gastos com pesquisa e desenvolvimento e das despesas com capital nas principais grandes indústrias mineradoras brasileiras, nos gráficos subsequentes. A maioria dos gastos com pesquisa e desenvolvimento estão ligados ao processo de pesquisa mineral e prospecção de jazidas, além do desenvolvimento dos já citados avanços tecnológicos incrementais no processo produtivo. Como aponta Cotrim (2015), se por um lado a aquisição de bens e equipamentos se constitui como um custo de produção que impacta a taxa de lucro, as patentes se configuram como técnicas ou tecnologias de produção que possuem exclusividade da empresa que a desenvolveu com vias de que as invenções patenteadas possam representar uma renda futura.

As empresas capitalistas que precisam utilizar as tecnologias patenteadas necessitam pagar “royalties” pelo uso da respectiva propriedade intelectual. Tratam-se de custos

improdutivos que culminam na divisão de parte da mais-valia produzida com o capitalista que possui o monopólio do uso da respectiva patente. Alíquotas da produção de empresas não detentoras da propriedade da patente são destinadas à empresa que possui a propriedade intelectual, de modo que a taxa de lucro do setor em que as patentes são adotadas é pressionada para baixo (Cotrim, 2015).

Como é possível observar nos Gráficos 5 e 6, os gastos com pesquisa e desenvolvimento começaram a decrescer a partir de 2011 nos relatórios da Vale, ao passo que os gastos da Anglo com P&D, embora cresçam ao longo do tempo, representam um valor muito ínfimo frente aos investimentos em aquisição de máquinas e equipamentos. Como salientado, os gastos com P&D estão relacionados sobretudo à pesquisa mineral e ao fomento de tecnologias específicas para o aprimoramento do processo de produção, ao passo que a aquisição de máquinas e equipamentos está relacionada ao processo de expansão e de modernização da produção mineral das empresas.



Elaboração própria a partir dos relatórios integrados entre os anos de 2005 e 2022 da Vale e Anglo American devidamente referenciados no Anexo III.

Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios integrados entre os anos de 2005 e 2022 da Vale e Anglo American devidamente referenciados no Anexo III.

Como é possível observar, ao longo dos anos as empresas analisadas destinaram os seus gastos com capital sobretudo para implementação de novos projetos ao longo do período analisado, de forma que os gastos com capital para manutenção e perpetuação de atividades produtivas já instaladas apresentam um menor volume de investimento. Além disso, torna-se importante apontar que os gastos com capital seguem uma tendência muito próxima das oscilações de preços dos minérios no mercado internacional, expostos nos Gráficos 1 e 2 do presente trabalho. Assim como a trajetória dos preços, podem-se observar dois picos de investimento separados pelo ano de 2009, em que se deflagrou a crise imobiliária. Além disso, é possível notar que os investimentos em capital permaneceram em um patamar inferior na fase recessiva do preço dos minérios, ao passo que houve um ligeiro aumento nos gastos com capital a partir de 2019, quando os preços dos minérios também voltaram a crescer. Dessa maneira, pode-se inferir que as expansões produtivas e a aquisição de novas máquinas e equipamentos estão diretamente relacionadas com as oscilações e ciclos de preços internacionais dos minérios, que impactam diretamente na lucratividade das empresas mineradoras.

Como é possível notar ao longo da seção, os processos extrativos minerais se iniciam a partir de um recurso mineral presente no subsolo completamente destituído de valor e, ao longo das etapas produtivas (lavra, beneficiamento e transporte), os trabalhadores da indústria mineradora criam valor ao operar as máquinas e instrumentos e transformam as jazidas em matérias-primas piores de mais-valor. Dessa forma, ao retirar os minérios dos maciços rochosos e realizar o beneficiamento do minério, produz-se a mercadoria final desse processo de produção: os granulados de minério, os finos e os ultrafinos. Como discutido, tais mercadorias são a matéria prima para a realização da produção siderúrgica e de transformação, de modo que parece seguro afirmar que a produção dessas mercadorias tem como destino o consumo produtivo da indústria por intermédio do setor I (Marx, 2014).

Como foi possível observar ao longo da exposição, as indústrias mineradoras já se encontram num estágio de desenvolvimento das forças produtivas correspondentes à grande indústria. Observa-se a maquinaria combinada como motor do processo de produção, ao invés da utilização predominante das ferramentas analógicas. A fabricação não mais apresenta seu caráter artesanal e utiliza-se da cooperação entre máquinas parciais. Na grande indústria, busca-se construir um sistema articulado de máquinas, com o menor número possível de interrupções e de intervenções humanas.

Nesse diapasão, o ritmo e a intensidade do processo laboral passam a ser ditados pela maquinaria empregada. Dessa forma, a máquina se transforma no principal instrumento

mediador para a intensificação da extração de mais-valia. Nas grandes indústrias, o trabalhador tem de acompanhar o ritmo imposto pela máquina e funciona como uma espécie de apêndice dela; com a grande indústria se tornou possível a subsunção real do processo de trabalho ao domínio do capitalista, que passa não só a ditar a forma pela qual o processo de trabalho será organizado, mas também a forma com que o trabalho será executado. A subsunção se torna possível com a utilização de um sistema articulado de maquinaria, orientando o ritmo e a intensidade do processo de produção (Marx, 2015).

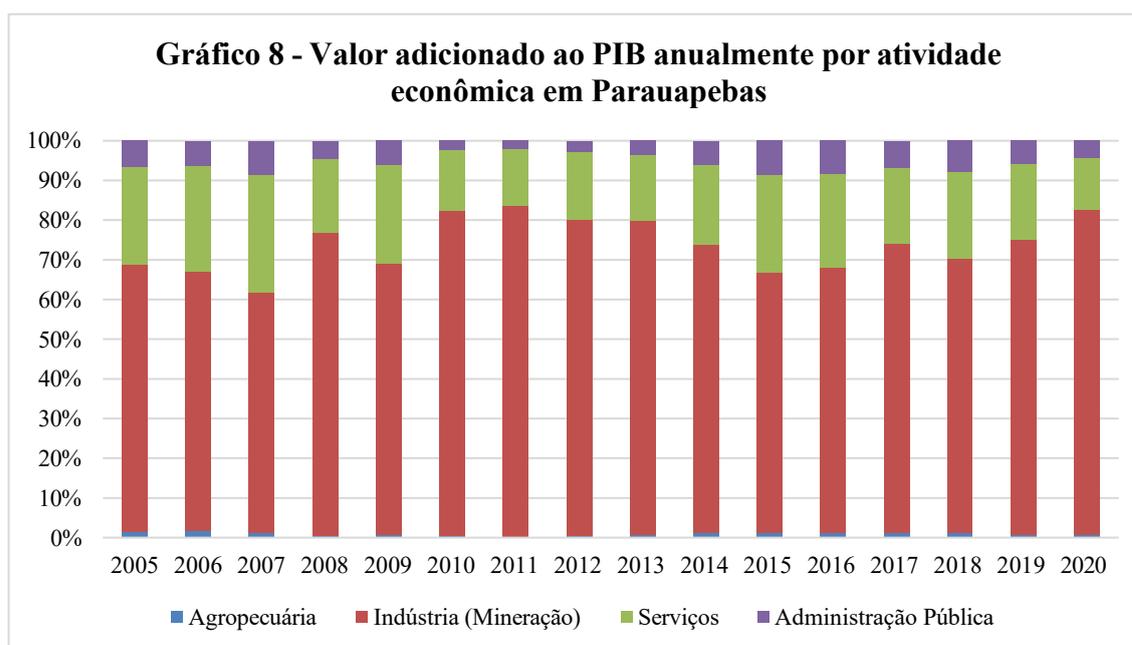
É possível notar, ainda, que as grandes indústrias mineradoras no Brasil têm como principais etapas produtivas a lavra, o beneficiamento e o transporte do minério, que, anteriormente a esses processos, presente no subsolo, vê-se completamente destituído de valor. Os sucessivos aperfeiçoamentos e os processos de produção se inserem num contexto geral de reestruturação do setor a partir das transformações que emergem no comércio internacional a partir da década de 80, que culminaram na privatização de duas grandes indústrias mineradoras brasileiras (CSN e Vale) e na reprimarização da pauta exportadora (Martins, 2011), que é intensificada pelo chamado “*boom* das commodities”. Dessa maneira, a forma pela qual a produção mineral se realiza no Brasil, tendo como finalidade a exportação, a incipiente utilização de tecnologias modernas nos processos produtivos e a baixa captação de recursos públicos por meio da exploração mineral, apenas reforça a posição subserviente em que o capitalismo brasileiro dependente se encontra na divisão internacional, caracterizada pela exportação de matérias primas e pela importação de tecnologias de ponta necessárias para a realização da produção.

Assim, tendo em vista os aspectos históricos fundamentais para o desenvolvimento da atividade mineradora no Brasil, e também as características principais das etapas do processo produtivo mineral, torna-se oportuno investigar quais são os desdobramentos da produção mineral industrial nas economias dos municípios selecionados para compor o escopo da presente pesquisa. As relações de produção determinadas que se estabelecem nesses espaços produzem transformações particulares que se relacionam diretamente com a produção mineral. Nesse sentido, busca-se investigar no próximo capítulo elementos da relação de dependência que se estabelecem com relação à mineração nesses territórios.

#### 4. ESPAÇO, DEPENDÊNCIA E PRODUÇÃO MINERAL NOS MUNICÍPIOS

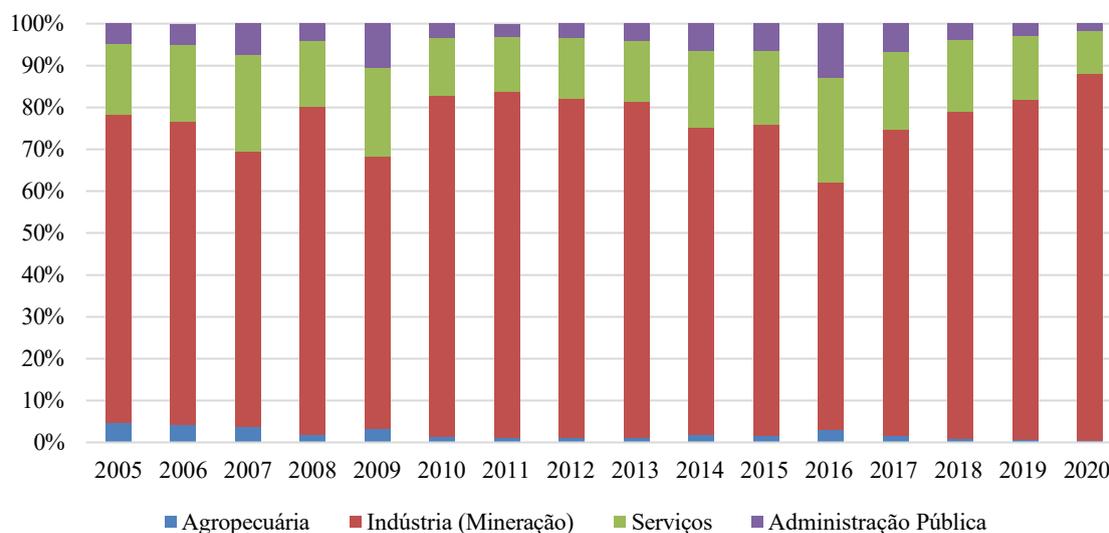
Segundo Milton Santos (2012), ao estudar as metamorfoses dos espaços habitados, há uma implicação socioeconômica muito particular aos municípios mineradores, advinda da própria mineração: nestes territórios não se desenvolve uma diversificação da economia, algo que solapa ainda mais as possibilidades de renda e emprego das populações. O trabalhador, assim, precisa emigrar em busca de emprego em outros perímetros urbanos quando ocorre a eliminação de postos de emprego e demissões (SANTOS, 2012). Dessa maneira, num primeiro momento, para melhor apreensão desse fenômeno, isto é, dos motivos da não diversificação das formas de acumulação do capital, investiga-se a participação das atividades econômicas na composição do produto interno bruto dos principais distritos mineradores.

Tal tendência pode ser observada ao longo dos gráficos a seguir, que apresentam o percentual de participação de cada setor econômico na composição anual do PIB municipal para as principais cidades mineradoras. Os gráficos foram realizados por meio de elaboração própria e os dados foram coletados na base Sidra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Torna-se particularmente interessante observar o crescimento da atividade mineral em Conceição do Mato Dentro, iniciada entre 2007 e 2009, com a implementação da Anglo American no município. Pode-se observar que a atividade industrial de mineração cresce vertiginosamente na maioria dos principais distritos mineradores, sobretudo no período que concerne à alta dos preços dos minérios.



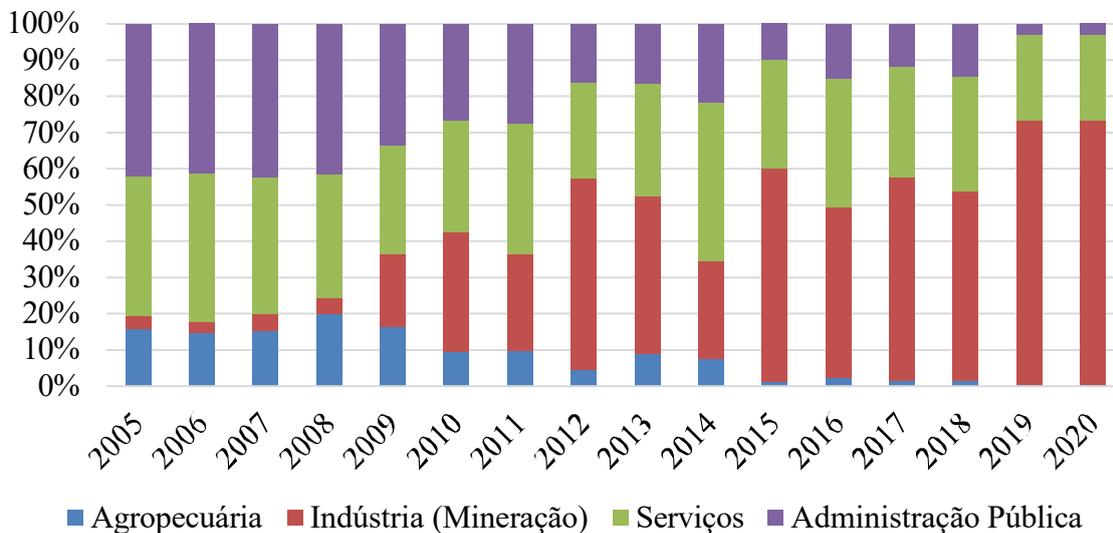
Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>

**Gráfico 9 - Valor adicionado ao PIB anualmente por atividade econômica em Canaã dos Carajás**

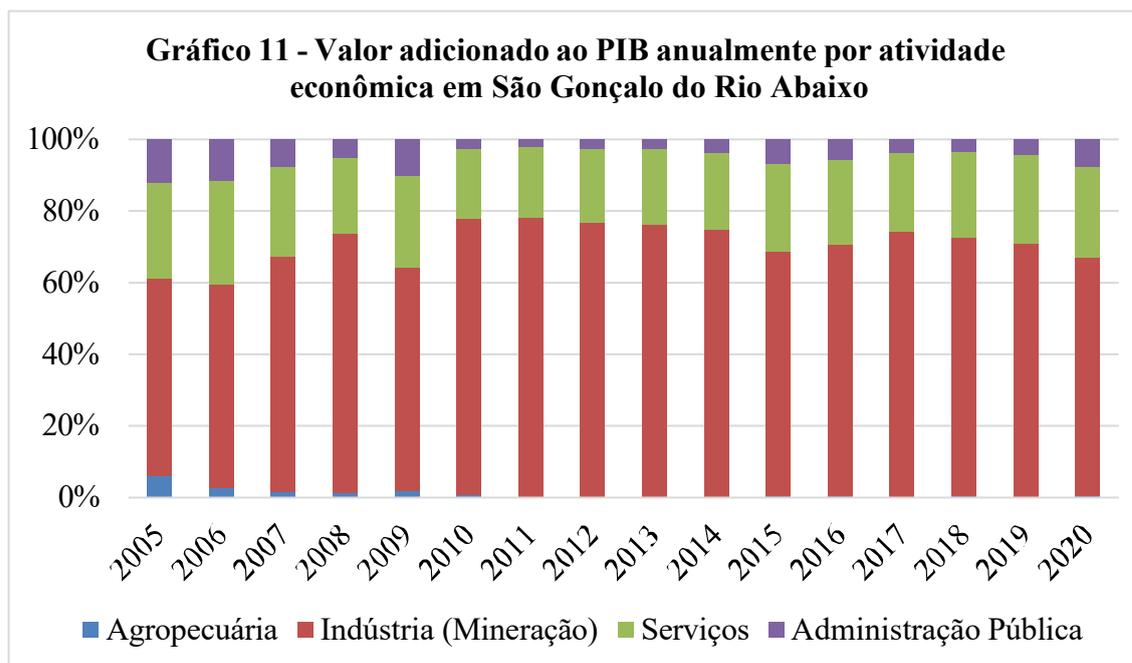


Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>

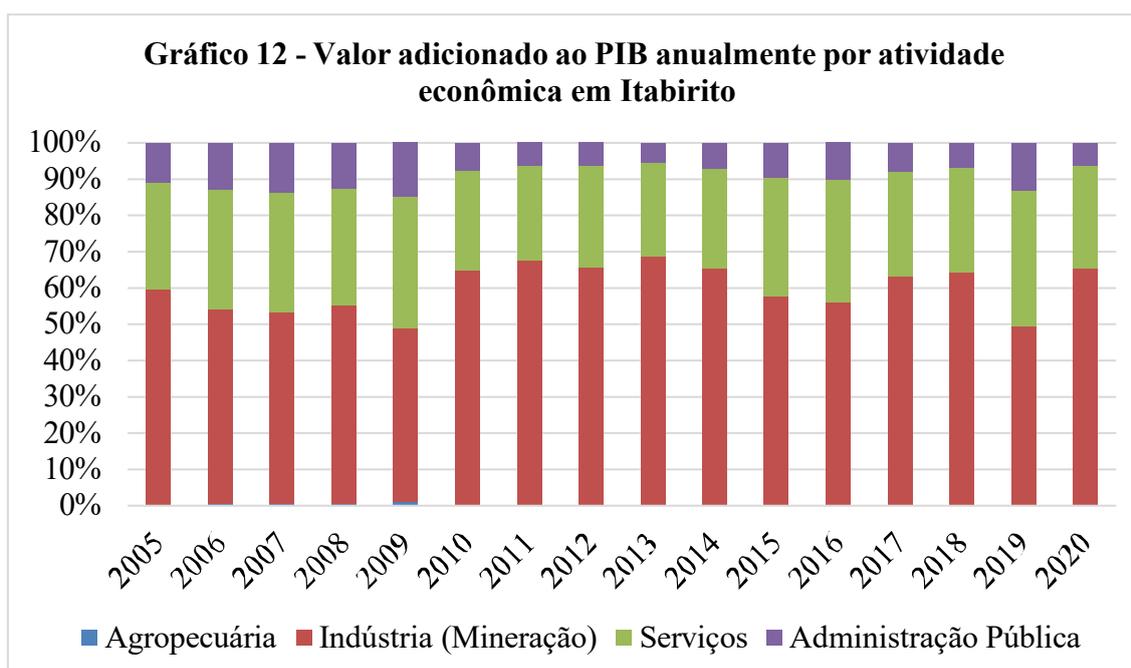
**Gráfico 10 - Valor adicionado ao PIB anualmente por atividade econômica em Conceição do Mato Dentro**



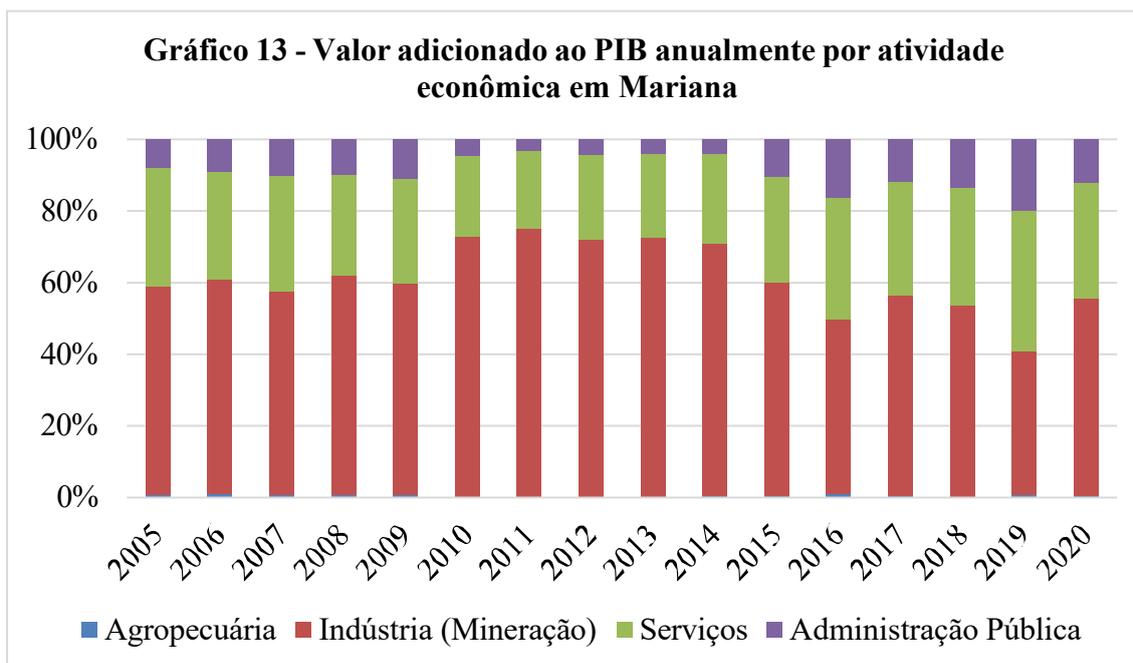
Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>



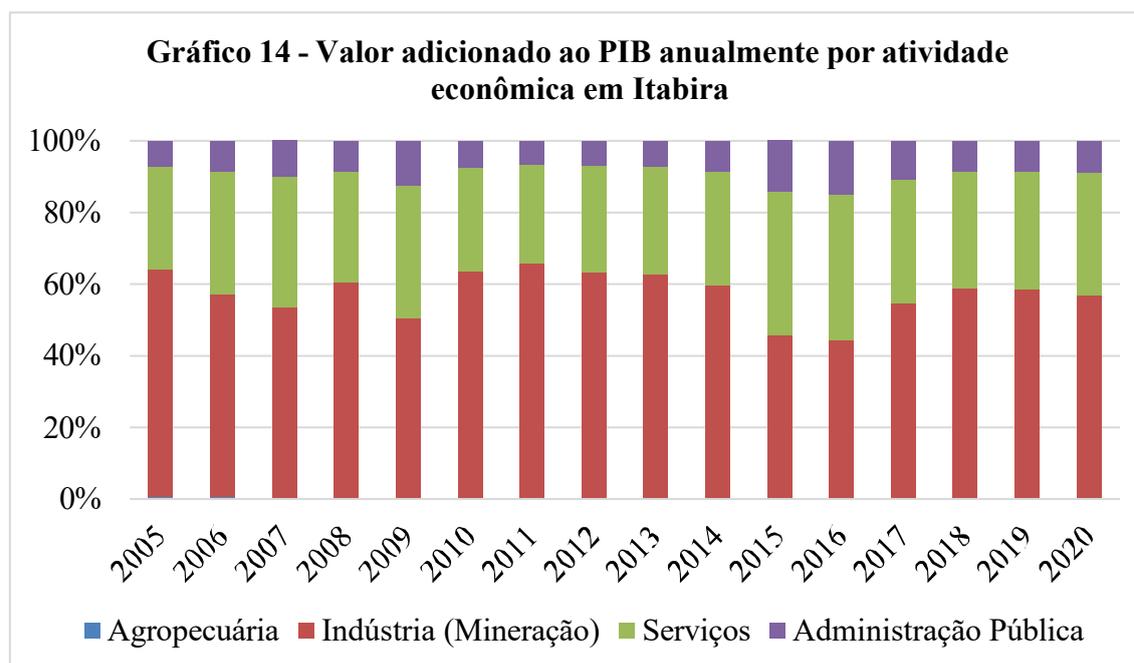
Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>



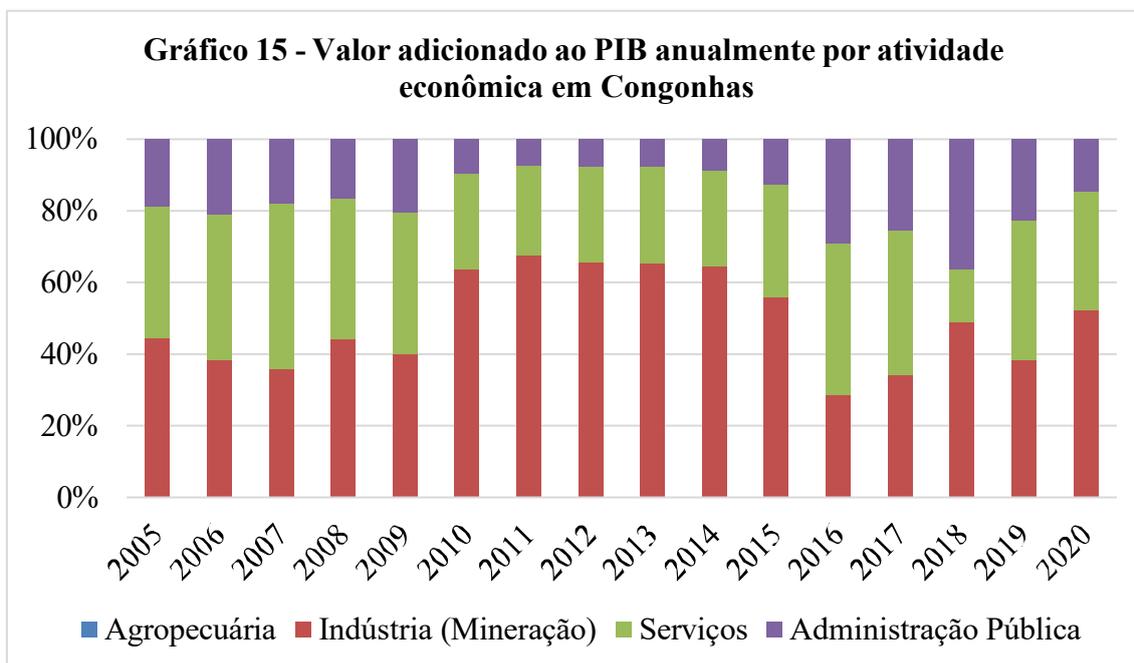
Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>



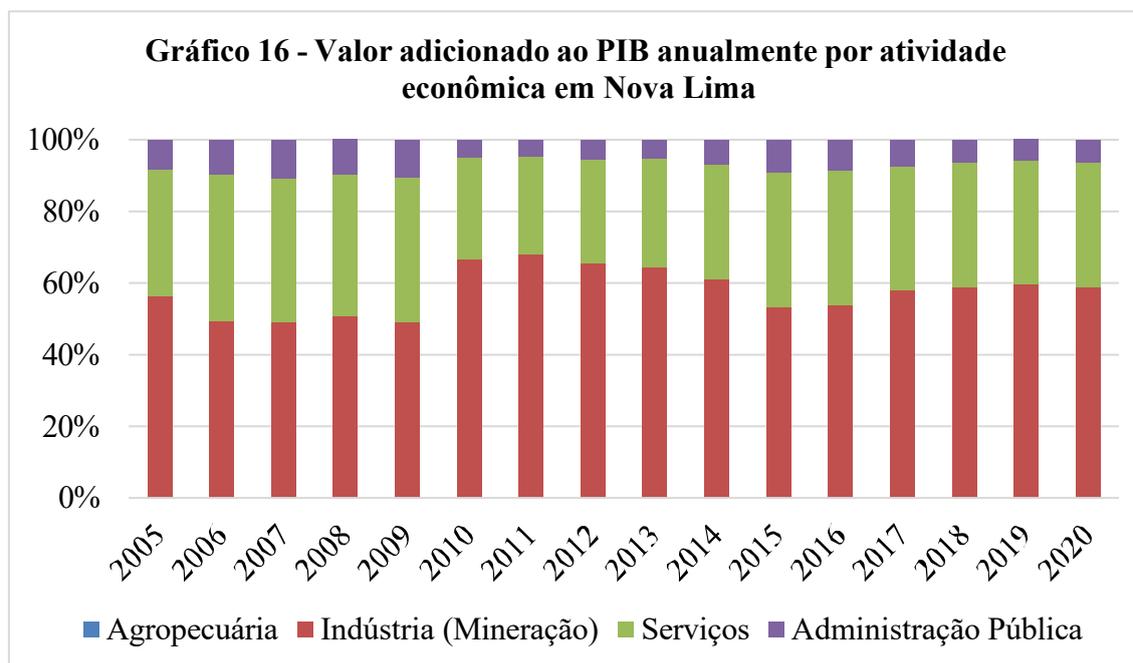
Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>



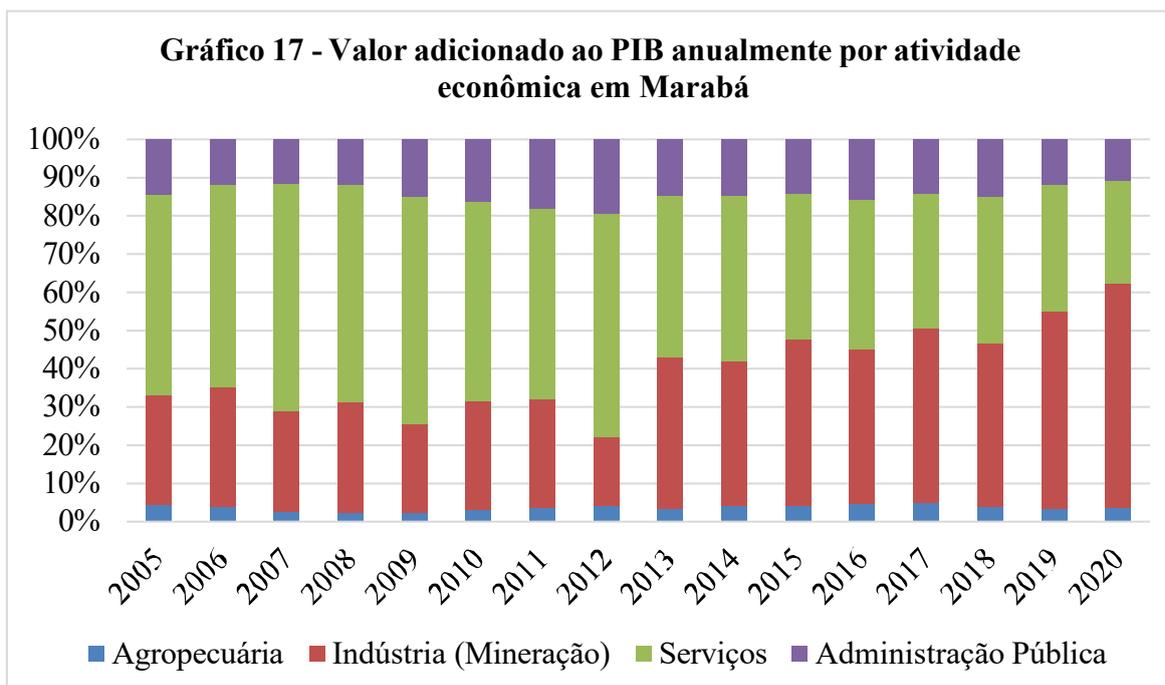
Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>

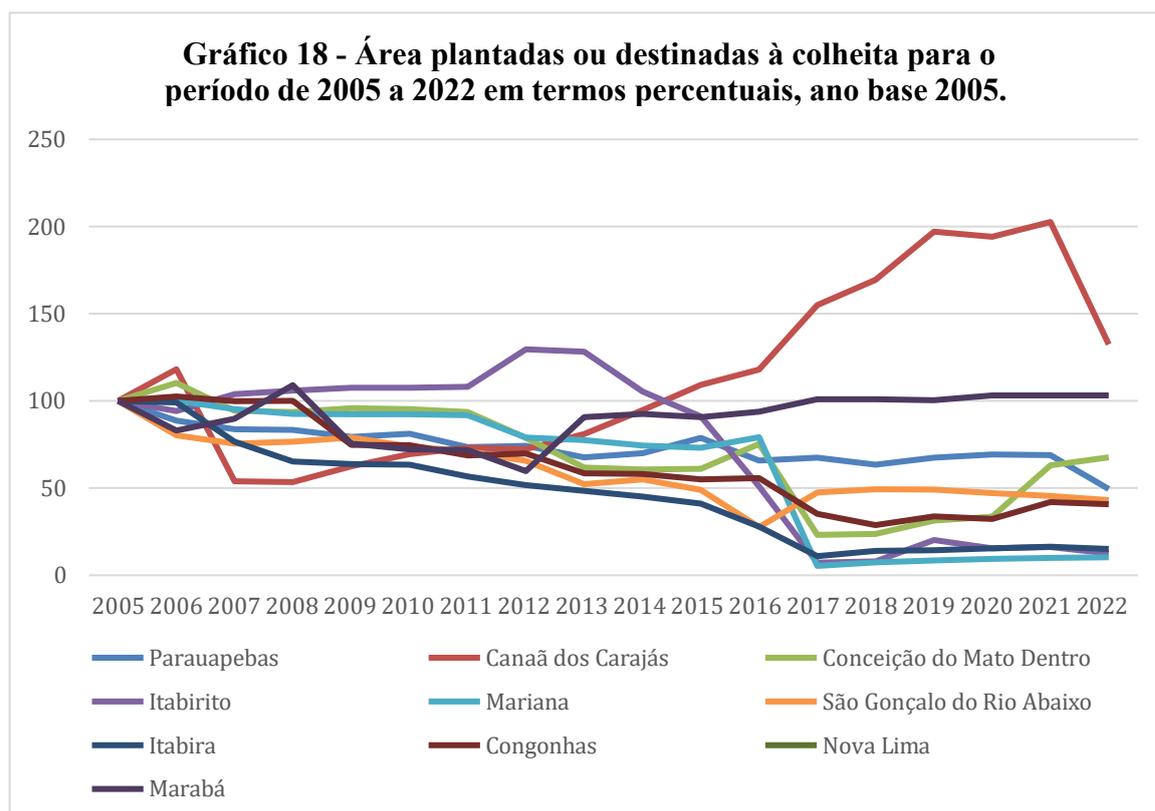


Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>

É possível notar que o valor adicionado pela indústria extrativa mineral no PIB dos respectivos municípios é muito significativo, de modo que, no ano de 2020, todos os municípios tiveram mais de 50% da produção econômica municipal vinculada à atividade extrativa mineral. Em Canaã dos Carajás, cidade que mais concentra a produção interna na atividade mineral, o valor adicionado na composição do PIB foi de cerca de 90%. Além disso, torna-se particularmente interessante observar o pujante crescimento da produção mineral no município de Conceição do Mato Dentro, visto que as atividades de exploração da Anglo American tiveram início justamente nesse período.

Observa-se, em paralelo, que a atividade mineradora tem intensificado o conflito fundiário e tem impossibilitado a geração de renda a partir de outras atividades nos municípios mineradores, como a pecuária e a agricultura. É comum a monopolização de terras e de recursos hídricos nos territórios por parte das grandes empresas mineradoras, muitas vezes a partir de acordos estabelecidos com latifundiários e prefeituras das regiões em que ocorre a mineração, algo que culmina na expulsão da população do campo, sobretudo dos pequenos produtores, que se vê compelida a vender suas posses ou a abandonar a terra. (Contente, 2018).

Nesse ínterim, pode-se observar a evolução da atividade da agricultura para os municípios analisados em termos percentuais, tendo como ano-base o ano de 2005, quando se inicia o período de ascensão dos preços das commodities minerais. A variável de áreas plantadas ou destinadas à colheita são aproximações para se mensurar a atividade agricultável no período analisado, já que essas áreas se destinavam para o desenvolvimento da agricultura ou silvicultura.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>

É possível notar que a soma de áreas destinadas para colheita em lavouras permanentes reduz significativamente na maioria dos municípios estudados, como pode ser visto no Gráfico 17. Considerando os 10 municípios de análise, apenas Canaã dos Carajás apresenta um crescimento acumulado da atividade de agricultura significativamente positivo, totalizando um aumento de 32,43% para o período analisado. Além disso, é possível observar também um tímido crescimento na produção agricultável na cidade de Marabá, que teve um aumento acumulado de 3,23%. Nota-se, ainda, como exposto na Tabela 8, à parte tais exemplos supracitados, uma drástica diminuição da produção agrícola nos demais municípios, de modo que, nas cidades de Itabira, Mariana e Itabirito, tal recuo foi de mais de 80% com relação ao ano base. Pode-se constatar que para os 10 municípios analisados houve uma média

expressivamente negativa conjunta do percentual acumulado de variação em áreas plantadas ou destinadas para colheita. Nesse sentido, em média, as 10 cidade acumularam uma variação negativa de 47,27% da atividade agrícola entre 2005 e 2022, tendo o ano de 2005 como ano base.

**Tabela 8 – Percentual de variação em áreas destinadas para plantação ou para colheita entre 2005 e 2022**

Município	Variação Percentual entre 2005 e 2022
Parauapebas	- 50,49%
Canaã dos Carajás	+ 32,43%
Conceição do Mato Dentro	- 32,27%
Itabirito	- 87,45
Mariana	- 89,63
São Gonçalo do Rio Abaixo	- 56,95
Itabira	- 84,82%
Congonhas	- 59,27%
Nova Lima	Dados insuficientes
Marabá	+ 3,23

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>

De maneira geral, pode-se observar que para cada uma das três cidades paraenses analisadas houve um decréscimo médio de -4,94% da agricultura, visto que o valor negativo das áreas plantadas ou destinadas para colheita é influenciado sobretudo por Parauapebas, já que as outras duas cidades apresentaram um crescimento da área plantada. Por outro lado, uma redução severa da área plantada ou destinada para colheita em todos os demais municípios mineiros pode ser notada: as seis cidades analisadas apresentaram, em média, uma diminuição de cerca de -68,40% das áreas plantadas para o período em tela.

Além disso, de um ponto de vista comparativo, todos os municípios apresentaram decréscimo ou crescimento inferior das áreas destinadas para colheita com relação ao crescimento dessa mesma variável a nível estadual. Tanto em Minas Gerais quanto no Pará, entre 2005 (ano de referência) e 2022, observa-se um crescimento significativo das áreas destinadas à colheita e ao plantio. Desse modo, pode-se afirmar que mesmo nas cidades em que houve um aumento da atividade agricultável, tem-se um crescimento muito inferior à média

estadual. Além disso, com a exceção dos municípios de Canaã dos Carajás e Marabá, que apresentaram um crescimento das áreas destinadas para plantio e colheita, os demais municípios que tiveram um decréscimo da atividade da agricultura apresentaram uma radical disparidade negativa com relação ao crescimento das áreas plantada ou destinada para colheita a nível estadual.

**Tabela 9 – Percentual médio de variação de áreas destinadas para plantação ou colheita entre 2005 e 2022. Ano base 2005**

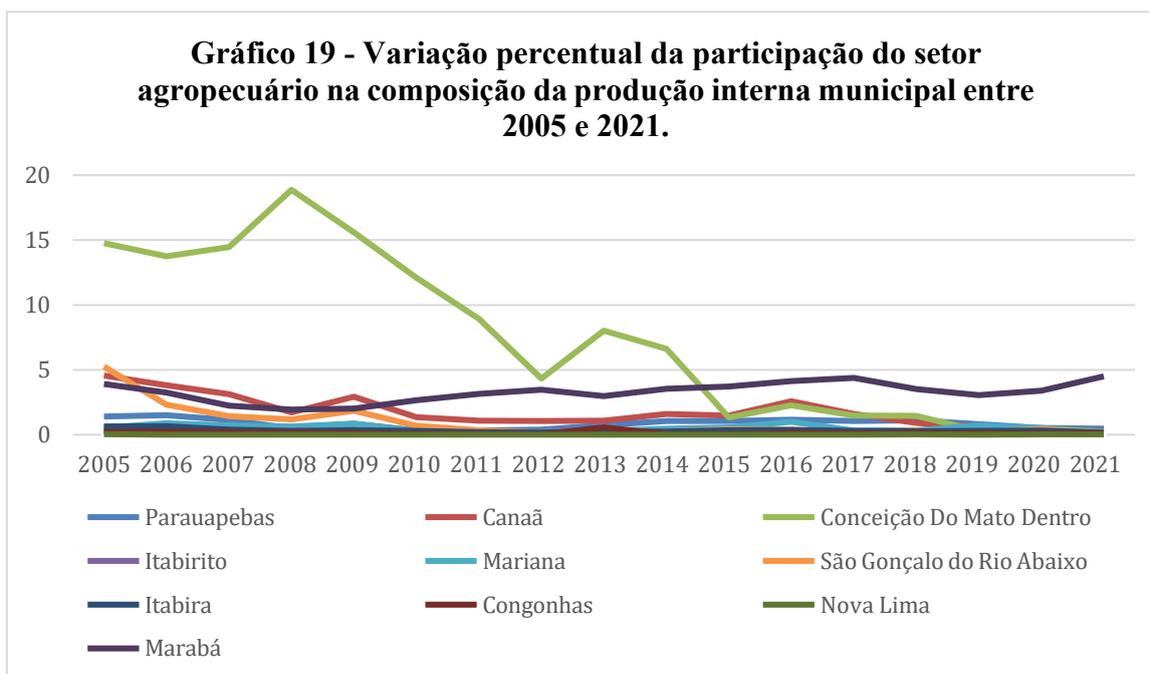
Município	Variação Percentual Acumulada
Média municípios paraenses analisados	- 4,94%
Média municípios mineiros analisados	- 68,40%
Média estadual para o Pará	+ 77,56%
Média estadual para Minas Gerais	+ 29,93%

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>

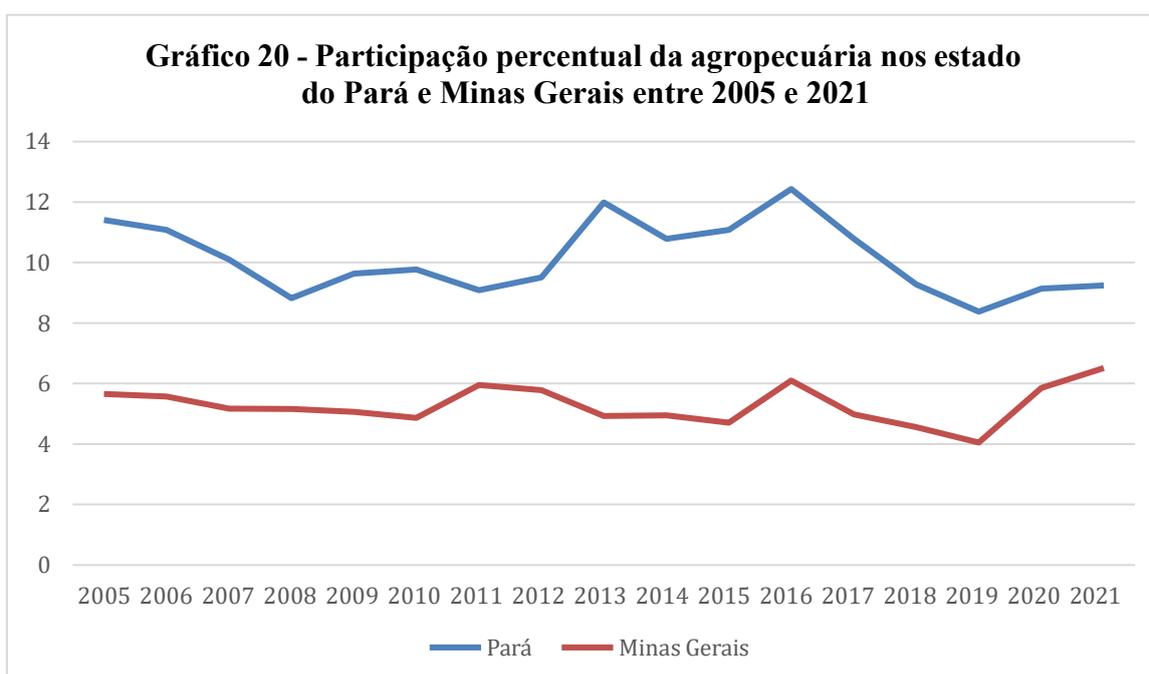
Desta forma, torna-se evidente que os municípios mineradores apresentam produção agricultável e áreas destinadas para colheita muito inferiores do que as demais cidades dos respectivos estados. Soma-se a isso a tendência persistente de redução da atividade plantada ao longo do tempo. Por outro lado, para todas as cidades analisadas — com exceção de Marabá que apresenta um tímido aumento —, o percentual de valor adicionado pela atividade agropecuária com relação à produção interna municipal tem reduzido drasticamente ao longo do tempo. Mesmo em cidades que apresentaram um crescimento nas áreas destinadas à plantio ou colheita, como é o caso de Canaã dos Carajás, a produção agropecuária apresenta reduções percentuais ao longo do tempo com relação à composição total do PIB municipal, de modo que o crescimento da atividade agropecuária não é capaz de acompanhar o ritmo de crescimento da atividade mineradora.

Por outro lado, o percentual médio de participação da atividade agropecuária na produção interna dos municípios em 2021 corresponde a cerca de 0,63% para os municípios analisados, de forma que, para todos os municípios, a participação da agropecuária nos PIBs municipais se mostra inferior a 1%, com a exceção de Marabá, em que a agropecuária ainda representa cerca de 4,5% do PIB. Trata-se de uma média muito inferior com relação à participação da atividade agropecuária para o PIB a nível estadual para os estados do Pará e de Minas Gerais. É visível um crescimento da participação agropecuária na composição do PIB em Minas Gerais, ao passo que é possível observar um decréscimo da atividade agropecuária

no Pará. Ainda que se observe uma tímida redução da produção agropecuária no Pará, pode-se apontar que a participação estadual nessa atividade produtiva está num patamar mais elevado com relação aos municípios paraenses analisados. A atividade mineradora apresenta como condição para sua expansão o uso intensivo de terras e de recursos hídricos, impedindo o desenvolvimento de grandes iniciativas no campo, como a agropecuária industrial, e privando sobretudo pequenos produtores e populações do campo do acesso à terra (Contente, 2018)



Fonte: Elaboração própria a partir de dados presentes na base Sidra (IBGE). Disponível em: [https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged\\_rais\\_estabelecimento\\_id/login.php](https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_rais_estabelecimento_id/login.php)

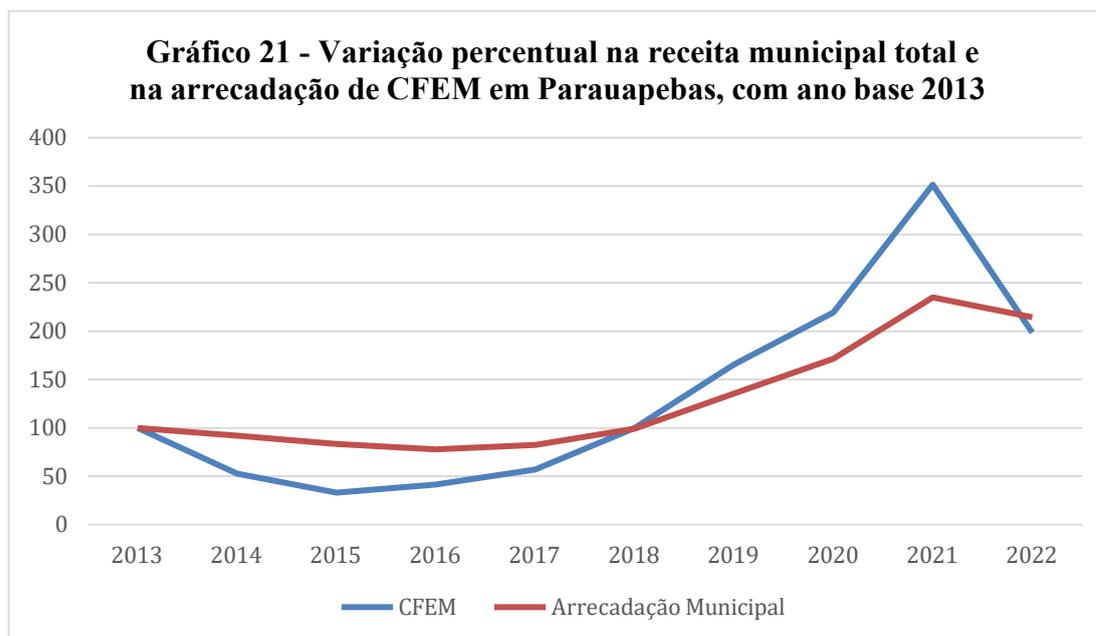


Fonte: Elaboração própria a partir de dados presentes na base Sidra (IBGE). Disponível em: [https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged\\_rais\\_estabelecimento\\_id/login.php](https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_rais_estabelecimento_id/login.php)

Como demonstram os gráficos acima, no Pará a atividade agropecuária representou cerca de 6,5% da produção municipal, ao passo que em Minas Gerais essa mesma atividade produtiva alcançou cerca de 9,24% da produção interna estadual. Torna-se evidente que mesmo que a atividade agropecuária não seja a principal fonte de agregação de valor ao PIB estadual, trata-se de um patamar muito superior aos índices de agropecuária observados para os municípios mineradores, já que todos apresentaram uma média inferior às respectivas médias estaduais.

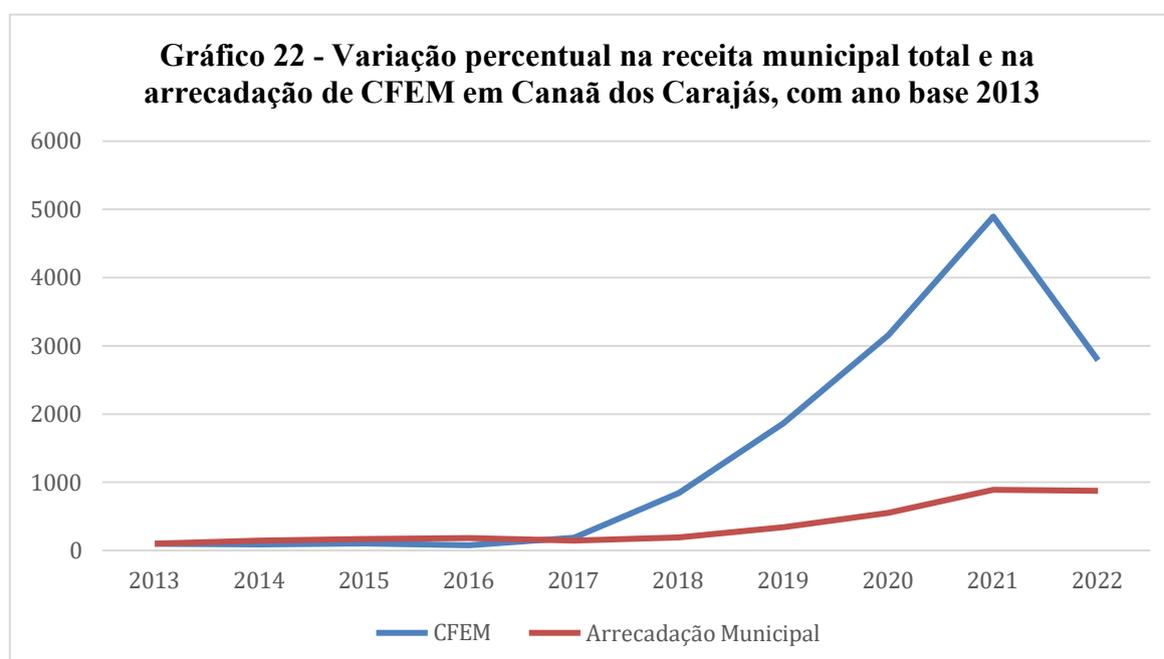
Dessa forma, tendo em vista o exposto, é possível observar que a atividade extrativa mineral ocupa patamares crescentes na produção interna dos municípios analisados, fenômeno que parece, em geral, atuar para a redução da atividade agropecuária nos municípios de análise: como já dito, a mineração, ao se expandir, exclui a possibilidade de desenvolvimento de outras formas de acumulação capitalista nesses espaços. Na luta pela terra e pela utilização dos recursos hídricos, a atividade extrativa mineral se sobressai em detrimento da produção do campo, solapando as possibilidades de produção agropecuária sobretudo dos pequenos produtores, que são constantemente expulsos das terras. Portanto, desenvolve-se uma especialização produtiva que se traduz numa relação de dependência econômica da atividade mineradora nos municípios. Como será possível observar em seguida, a mineração também possui uma relevância substancial na arrecadação municipal e na concentração de postos de emprego.

Como aponta o IPEA (2020) acerca de Brumadinho, outros impactos socioeconômicos inerentes às economias municipais nos municípios mineradores desenvolvem-se com o crescimento da atividade minerária: a arrecadação pública se torna cada vez mais vinculada e dependente dos tributos arrecadados a partir da exploração mineral, ao passo que ocorre a concentração de postos de emprego à nível municipal nas grandes indústrias mineradoras que se instalam nas cidades. Dessa maneira, busca-se compreender como ocorrem essas tendências para os municípios analisados.



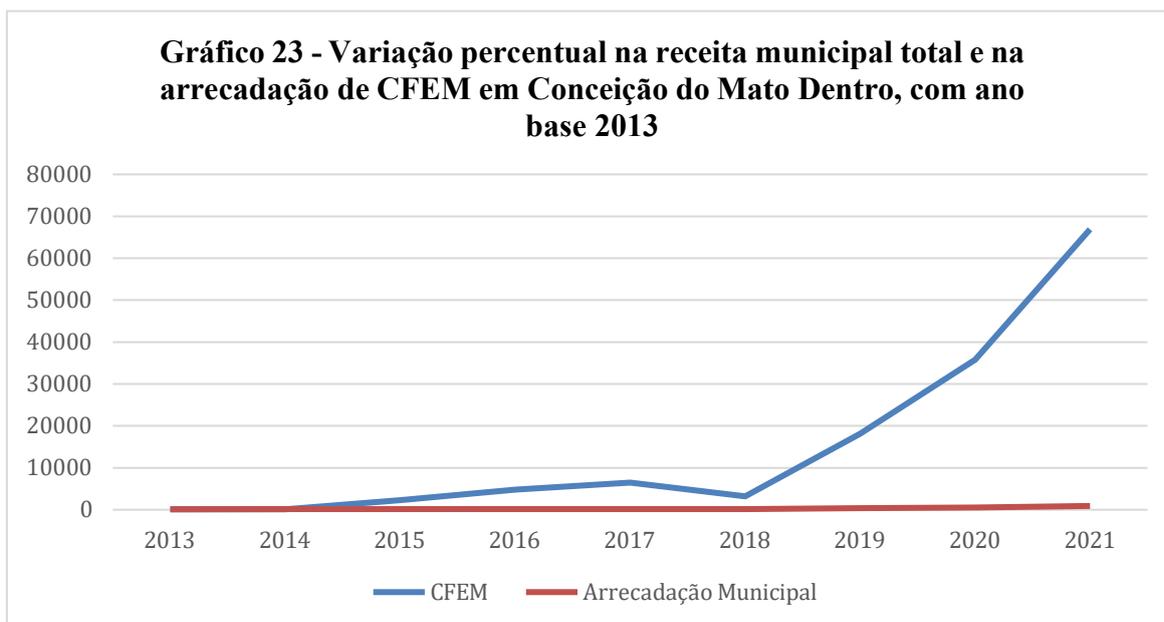
Fonte: Elaboração própria através do Anuários Brasileiro Mineral Iterativo e da base Finanças Públicas Municipais (FINBRA). Disponíveis respectivamente em:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2IiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a> e [https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta\\_finbra/finbra\\_list.jsf](https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta_finbra/finbra_list.jsf)



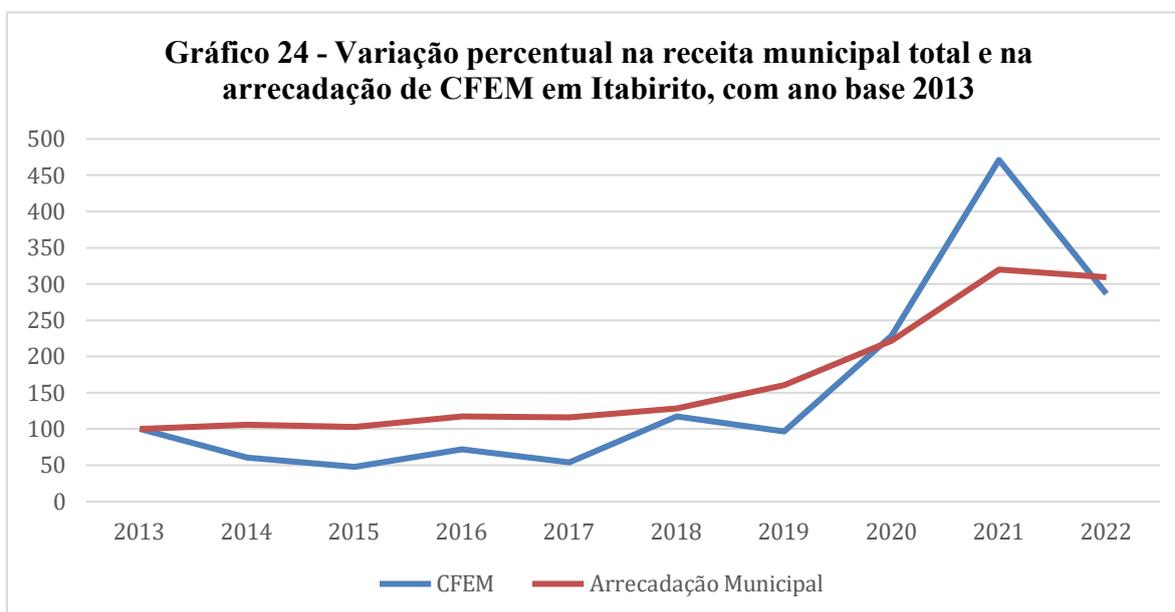
Fonte: Elaboração própria através do Anuários Brasileiro Mineral Iterativo e da base Finanças Públicas Municipais (FINBRA). Disponíveis respectivamente em:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2IiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a> e [https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta\\_finbra/finbra\\_list.jsf](https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta_finbra/finbra_list.jsf)



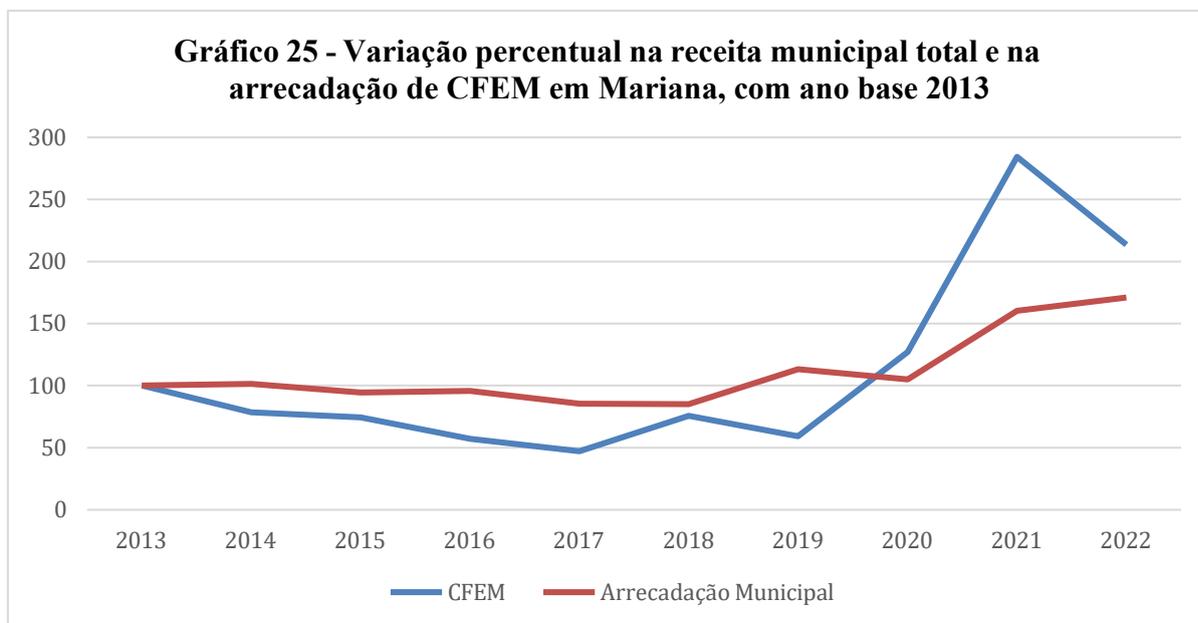
Fonte: Elaboração própria através do Anuários Brasileiro Mineral Iterativo e da base Finanças Públicas Municipais (FINBRA). Disponíveis respectivamente em:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiaZTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2IiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a> e [https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta\\_finbra/finbra\\_list.jsf](https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta_finbra/finbra_list.jsf)



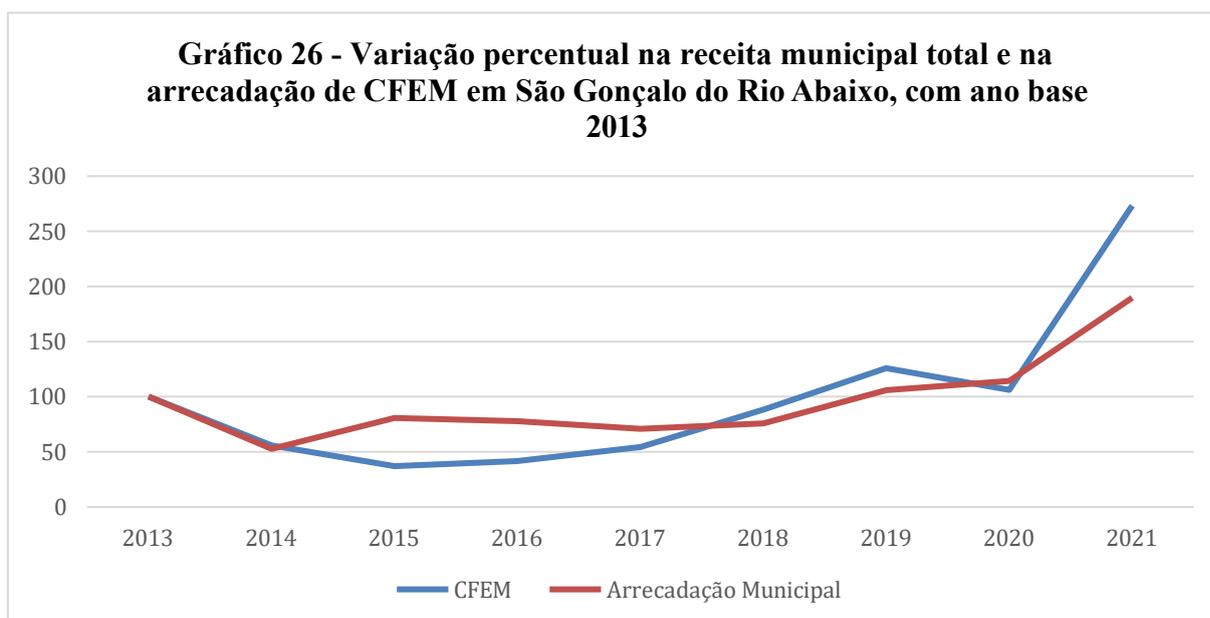
Fonte: Elaboração própria através do Anuários Brasileiro Mineral Iterativo e da base Finanças Públicas Municipais (FINBRA). Disponíveis respectivamente em:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoizTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2IiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a> e [https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta\\_finbra/finbra\\_list.jsf](https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta_finbra/finbra_list.jsf)



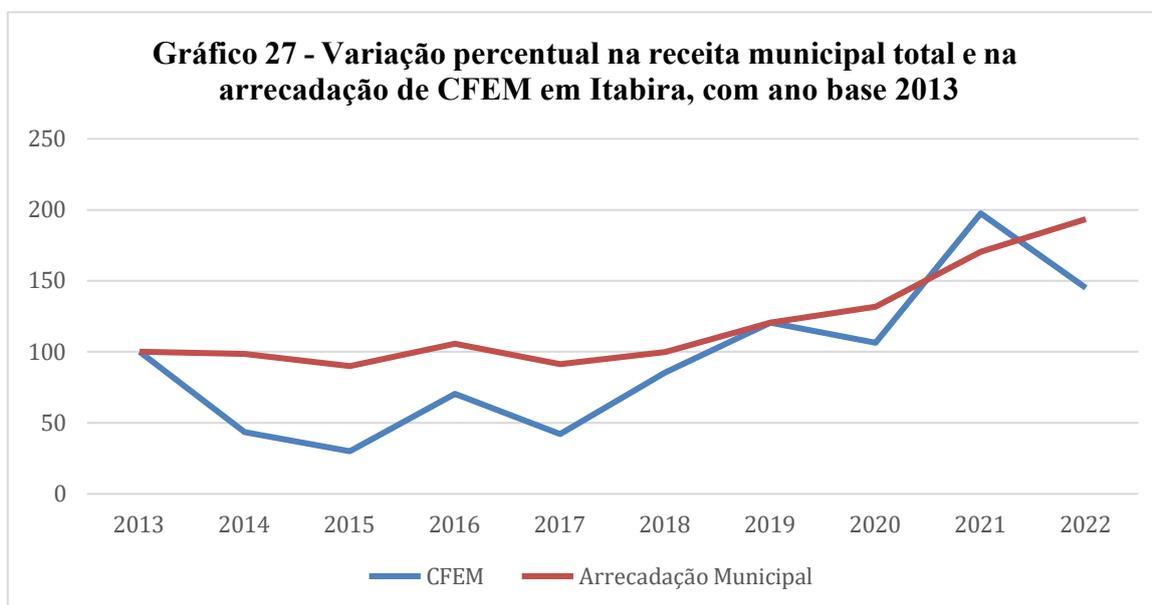
Fonte: Elaboração própria através do Anuários Brasileiro Mineral Iterativo e da base Finanças Públicas Municipais (FINBRA). Disponíveis respectivamente em:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoizTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2IiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a> e [https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta\\_finbra/finbra\\_list.jsf](https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta_finbra/finbra_list.jsf)



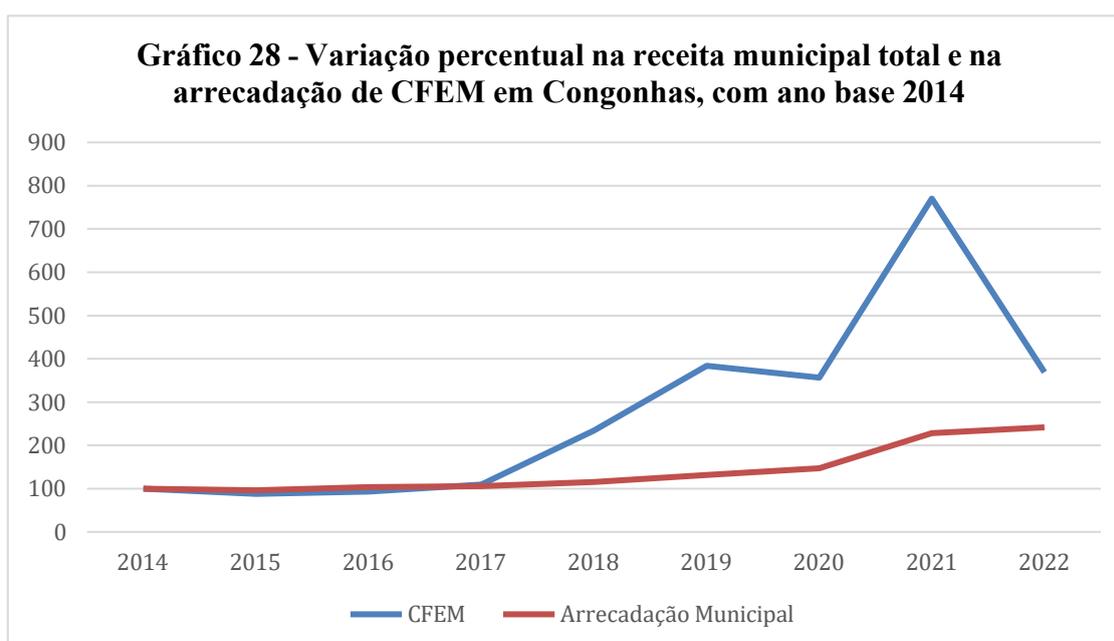
Fonte: Elaboração própria através do Anuários Brasileiro Mineral Iterativo e da base Finanças Públicas Municipais (FINBRA). Disponíveis respectivamente em:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoizTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2IiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a> e [https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta\\_finbra/finbra\\_list.jsf](https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta_finbra/finbra_list.jsf)



Fonte: Elaboração própria através do Anuários Brasileiro Mineral Iterativo e da base Finanças Públicas Municipais (FINBRA). Disponíveis respectivamente em:

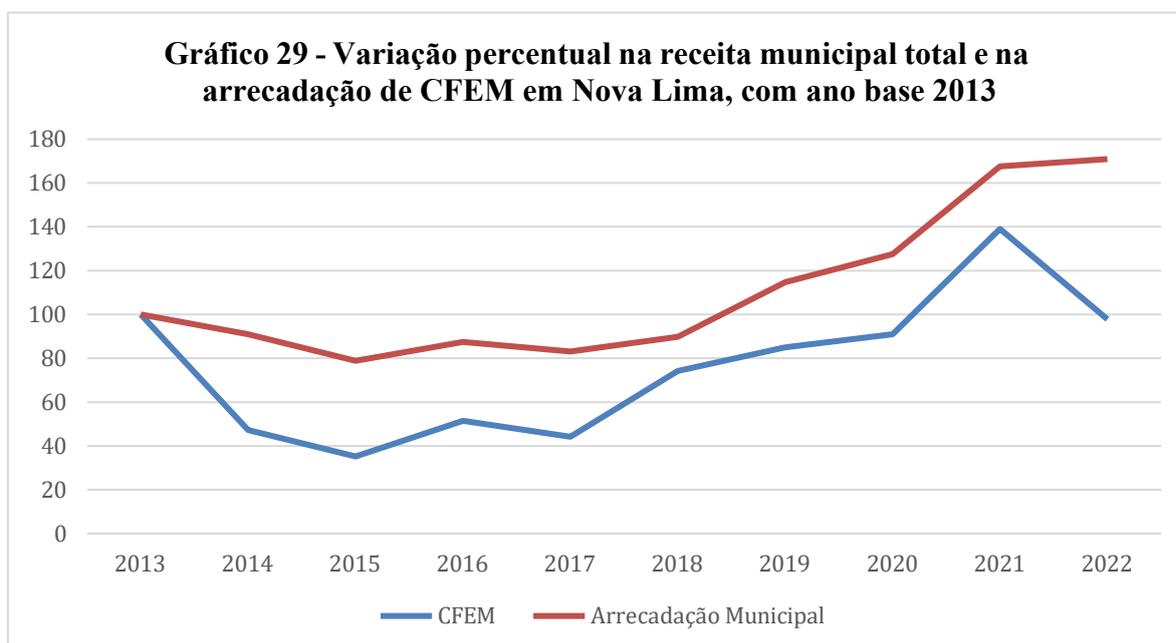
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoizTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2IiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a> e [https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta\\_finbra/finbra\\_list.jsf](https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta_finbra/finbra_list.jsf)



Fonte: Elaboração própria através do Anuários Brasileiro Mineral Iterativo e da base Finanças Públicas Municipais (FINBRA). Disponíveis respectivamente em:

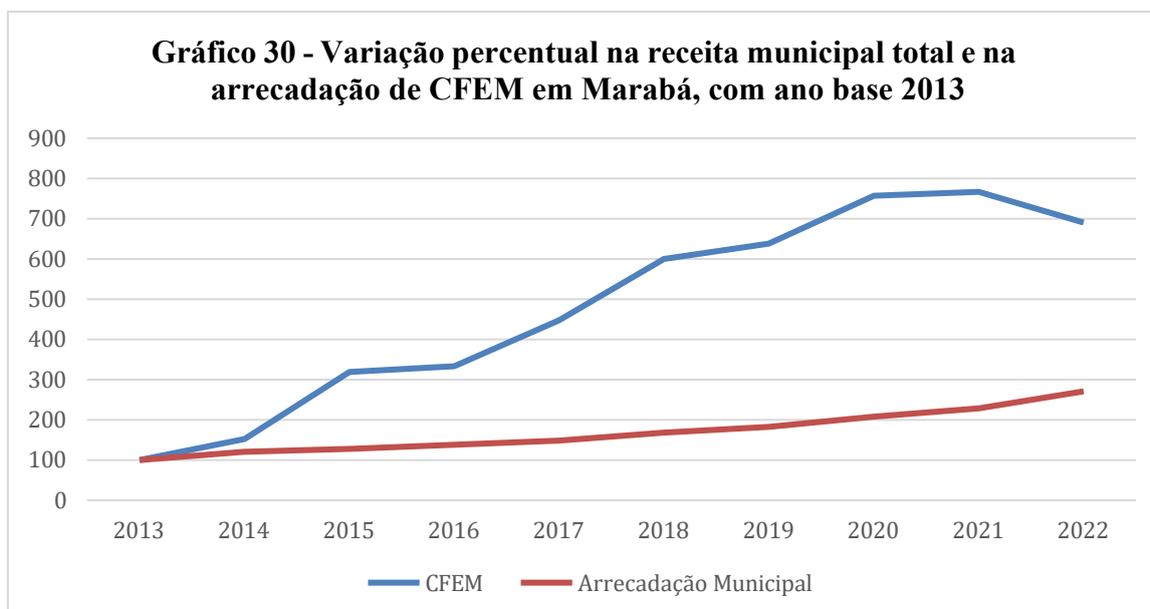
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoizTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2IiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a>

[widCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a](https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiazRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2IiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a) e [https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta\\_finbra/finbra\\_list.jsf](https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta_finbra/finbra_list.jsf)



Fonte: Elaboração própria através do Anuários Brasileiro Mineral Iterativo e da base Finanças Públicas Municipais (FINBRA). Disponíveis respectivamente em:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiazRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2IiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a> e [https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta\\_finbra/finbra\\_list.jsf](https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta_finbra/finbra_list.jsf)



Fonte: Elaboração própria através do Anuários Brasileiro Mineral Iterativo e da base Finanças Públicas Municipais (FINBRA). Disponíveis respectivamente em:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiazRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2IiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a>

[widCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a](http://widCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a) e [https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta\\_finbra/finbra\\_list.jsf](https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta_finbra/finbra_list.jsf)

Como é possível notar por meio dos gráficos expostos, grande parte dos municípios apresentam tendências de variações percentuais quase iguais ao longo do tempo. No caso dos municípios analisados nos Gráficos 21, 24, 25, 26, 27 e 28, as variações da arrecadação municipal quase se confundem com a arrecadação de CFEM. Já no caso dos Gráficos 22, 28 e 30, apesar das tendências de variações percentuais não estarem tão próximas quanto as dos gráficos discutidos anteriormente, pode-se observar que com o aumento da CFEM a arrecadação municipal também tende a aumentar, isto é, as evoluções da arrecadação municipal e da CFEM não apresentam tendências opostas. Por outro lado, apenas no Gráfico 23 não foi possível observar uma tendência clara através da análise gráfica entre a arrecadação municipal e a CFEM.

Nos casos citados, em que há um descolamento da arrecadação de CFEM e da arrecadação fiscal total, é possível inferir que a atividade mineradora tende a não alavancar os outros setores da economia — como o comércio e serviços — e que a arrecadação de tributos advindos da atividade mineradora tem um impacto relativamente baixo na variação da arrecadação ao longo do tempo.

Como aponta, Lefebvre (2000), o espaço não é um ente passivo e neutro, mas trata-se de um produto social de relações de produção socialmente determinadas. “Ele [o espaço] muda com esse modo de produção! Fácil de compreender: ele muda com “as sociedades”, se se quiser exprimir assim. Portanto, há uma história do espaço”. Com a reestruturação da produção e da comercialização, iniciada na década de 80 com a fragmentação internacional da produção e com a livre mobilidade de capitais, o espaço também se constitui enquanto um produto social multifacetado. Fragmenta-se o espaço integrando aspectos e interesses de empresas capitalistas espalhadas pelo mundo, ao passo que se desintegram os interesses e as dinâmicas locais de utilização do espaço, diretamente relacionados com a forma de reprodução da existência das populações que habitam esses territórios.

Como mostra Santos (2016), na hodiernidade, as relações que se estabelecem no espaço e as transformações que nele se desenvolvem não possuem sua determinação advinda das necessidades e dinâmicas locais, mas o domínio do espaço se realiza em função de determinações externas. A escala local não é a instância definidora das transformações do espaço.

“Os espaços aparecem cada vez mais como se diferenciando por sua carga de capital, pelo produto que criam e pelo lucro que engendram e, em última análise, por seu desigual poder de atrair o capital. Tal como o homem, o espaço tornou-se mundial. O capital – se torna o intermediário entre um homem destituído e um espaço alienado.” (Santos, 2016, p.90)

Dessa maneira, torna-se evidente que as transformações no espaço e as relações produtivas estabelecidas nos municípios mineradores se realizam sob o prisma da exploração dos recursos naturais em proveito da acumulação de capital de empresas capitalistas externas. Tendo em vista as particularidades exploradas sobre o espaço nos municípios estudados, pode-se inferir que a atividade mineradora grande industrial tende a representar parcelas cada vez maiores da composição municipal da produção interna nos municípios analisados, solapando as possibilidades de desenvolvimento de outras formas de acumulação de capital, como a agricultura e a pecuária. Além disso, nessas localidades a arrecadação pública se torna cada vez mais dependente e atrelada à atividade mineradora. Ademais, como será explorado na próxima seção, tais processos produtivos mineradores se caracterizam pela utilização intensiva de maquinaria, incorporação de avanços tecnológicos e também pela monopolização dos postos de emprego nessas localidades.

#### 4.1. Trabalho, concentração de postos de emprego e remuneração

As atividades produtivas minerárias que ocorrem na Serra de Carajás e no Quadrilátero Ferrífero têm como característica um uso intensivo de capital constante, e caracterizam-se pelos reduzidos postos de empregos gerados, sendo a maioria deles voltados para profissionais de qualificação elevada. Algumas atividades operacionais, demandantes de menos capacitação da mão de obra, são executadas por trabalhadores através de empresas terceirizadas. Nesse sentido, pode-se observar um grande contingente de desempregados nessas localidades em virtude da alta utilização de tecnologias nos processos produtivos (Matlaba *et al*, 2019). Além disso, para além do crescente número de desempregados, nota-se um aumento da desigualdade social, do déficit habitacional e a da segregação socioespacial nos municípios mineradores. A piora nos referidos indicadores ocorre em função da dinâmica territorial engendrada pela atividade mineradora no município, que monopoliza não só os postos de emprego, mas também os recursos hídricos e o uso da terra, como foi discutido na primeira seção desse capítulo (Sales; Mathus, 2015).

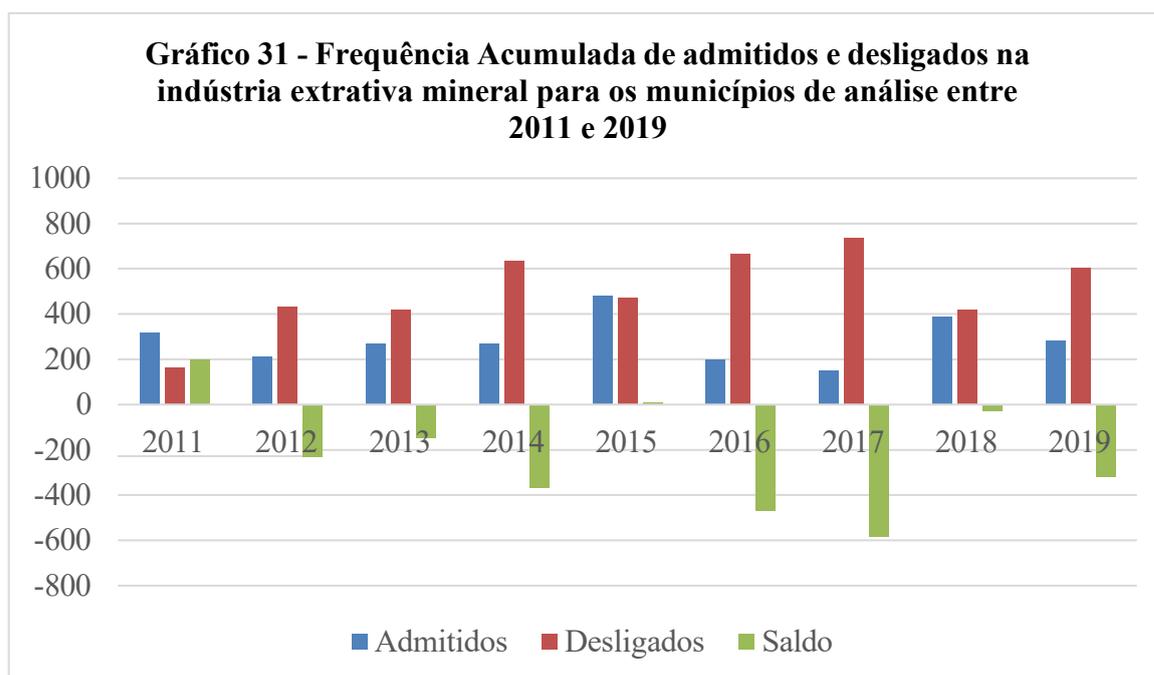
É preciso igualmente esclarecer que não há aqui uma posição contrária ao progresso tecnológico, que apresenta potencialidades ontológicas imprescindíveis para o

desenvolvimento do gênero humano. Porém, torna-se igualmente imprescindível sinalizar que a tecnologia e a ciência, ao progredirem em confluência com a autorreprodução ampliada do socio-metabolismo do capital, apresentam suas particularidades e limitações para o desenvolvimento das referidas potencialidades (Freres; Segundo; do Carmo, 2018). Neste ínterim, o desenvolvimento das forças produtivas, que possuem um potencial extremamente positivo para o ser genérico, transformam-se em forças destrutivas ao serem subordinadas à sociabilidade do capital. O modo de produção capitalista apresenta um caráter autorreprodutivo destrutivo que a todo momento se aproxima dos limites socio-metabólicos e ecológicos globais e locais (Mészáros, 1989).

Apesar de alguns autores apontarem a mineração como uma atividade com alta geração de empregos diretos e indiretos, tendo em vista os multiplicadores que geram outros postos de emprego na cadeia produtiva (Lopes *et al.*, 2023), o desemprego crescente, principalmente para ocupações que não demandam um grau elevado de capacitação, apresenta-se de forma reiterada nas localidades em que operam as indústrias mineradoras como um desdobramento da incorporação de novas tecnologias no processo produtivo mineral. Como aponta Coelho (2016, p.150) sobre a modernização das plantas produtivas na Serra de Carajás ainda no ano de 2016:

“A crescente produtividade e capitalização, acompanhada pela diminuição dos postos de trabalho, da mineração de larga escala transformou atividade tornando-a intensiva em conteúdo tecnológico.”

Apesar de não ser possível desagregar a taxa de desemprego a nível municipal, pode-se investigar, através do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED), o número de desligamentos e admissões para os municípios de análise. O Gráfico 31, por exemplo, mostra uma variação negativa do saldo entre admissões e desligamentos, indicando uma diminuição dos postos de emprego na maioria das cidades analisadas, de modo que o saldo geral de postos de empregos gerados para o mês de dezembro de 2021 é expressivamente negativo. Somente nessas cidades houve o desligamento mensal de 223 trabalhadores.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da base do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED). Disponível em: [https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged\\_rais\\_vinculo\\_id/login.php](https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_rais_vinculo_id/login.php)

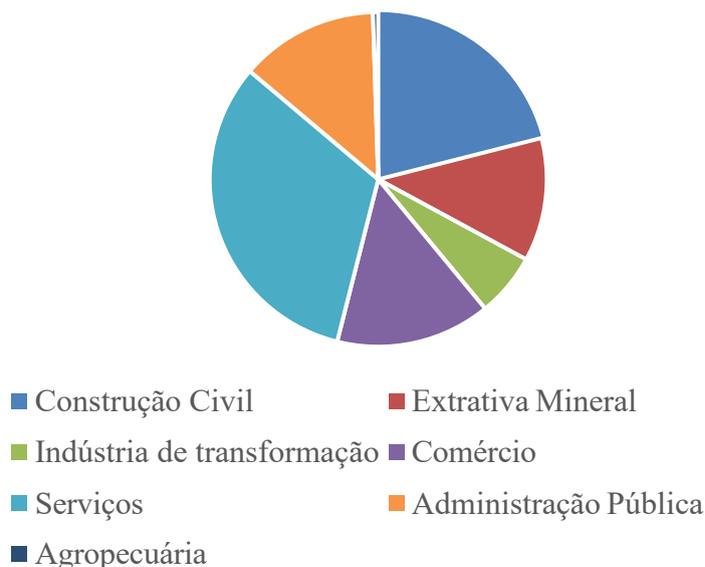
De maneira geral, um saldo negativo admissões e desligamentos ao longo dos anos é visível, com poucas exceções: casos de uma variação timidamente positiva entre os desligamentos e admissões. É importante notar que, em anos de saldo positivo, ou de saldo negativo mais brando (caso dos anos de 2011, 2015 e 2018), observa-se a influência de uma localidade específica sobre a média geral dos municípios, enquanto para as demais localidades prevalece a tendência de maior número de desligamentos. Tal comportamento é explicado pela abertura de novos empreendimentos mineradores nas localidades em questão. Por conseguinte, já se espera um maior número de admissões nos respectivos municípios, para que as unidades produtivas iniciem suas operações. No ano de 2017 entra em operação o maior complexo minerador do país, o S11D, em Canaã dos Carajás, de propriedade da Vale, que alcança seu funcionamento pleno e a meta de produtividade no ano de 2018 (IBRAM, 2018). É justamente pelo início dessas operações que no ano de 2018 o saldo geral de desligamentos e admissões para os municípios analisados apresenta uma amplitude negativa mais branda.

É possível observar que a atividade mineradora industrial também traz como consequência a monopolização dos postos de emprego, não só por se tratar de uma atividade extrativa de grande vultuosidade, mas também, como já discutido nesse capítulo, pelo solapamento de outras possibilidades de acumulação de capital nos territórios, no que concerne ao desenvolvimento da agricultura e pecuária. Além disso, pode-se apontar ainda que não se contabilizam os postos de empregos voltados para a prestação de serviços relacionados ao

atendimento da atividade mineral. Dessa forma, existem ainda mais postos de empregos voltados para produção mineral que não podem ser aqui relacionados. É possível averiguar a concentração de empregos nos municípios estudados através dos gráficos subsequentes.

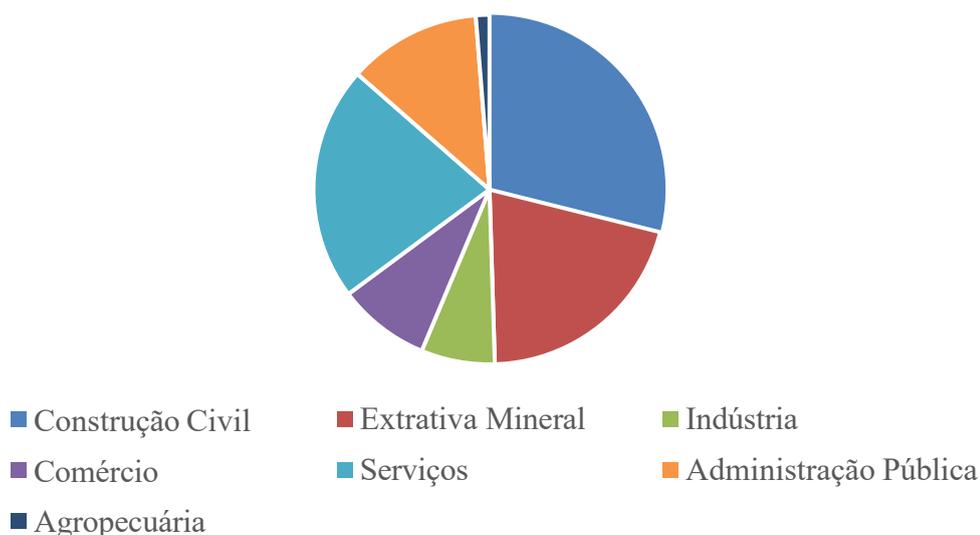
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da base do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados

**Gráfico 32 - Percentual de postos de emprego por setor do IBGE em Parauapebas em 2021**



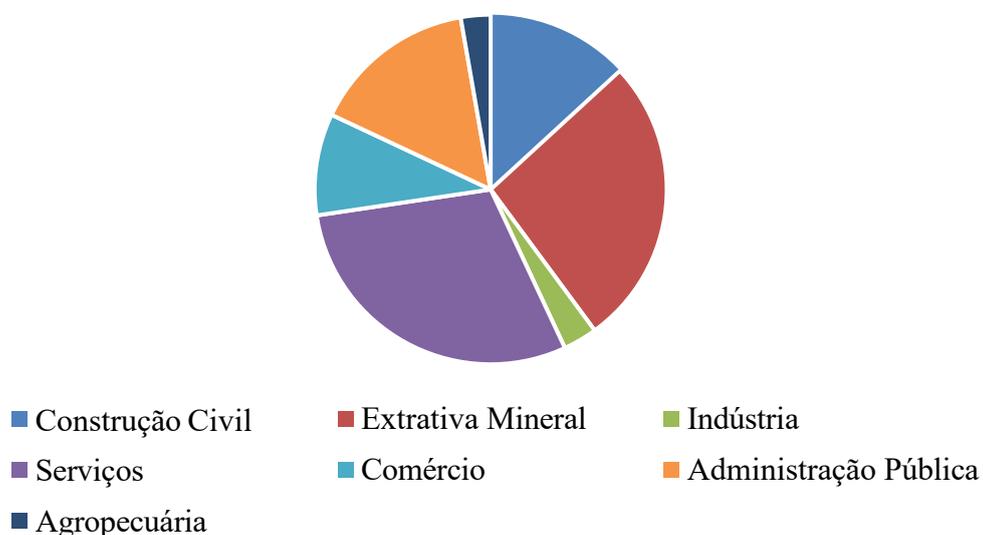
(CAGED). Disponível em: [https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged\\_rais\\_vinculo\\_id/login.php](https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_rais_vinculo_id/login.php)

**Gráfico 33 - Percentual de postos de emprego por setor do IBGE em Canaã dos Carajás em 2021**



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da base do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED). Disponível em: [https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged\\_rais\\_vinculo\\_id/login.php](https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_rais_vinculo_id/login.php)

**Gráfico 34 - Percentual de postos de emprego por setor do IBGE em Conceição do Mato Dentro em 2021**



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da base do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED). Disponível em: [https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged\\_rais\\_vinculo\\_id/login.php](https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_rais_vinculo_id/login.php)

**Gráfico 35 - Percentual de postos de emprego por setor do IBGE em Itabirito em 2021**



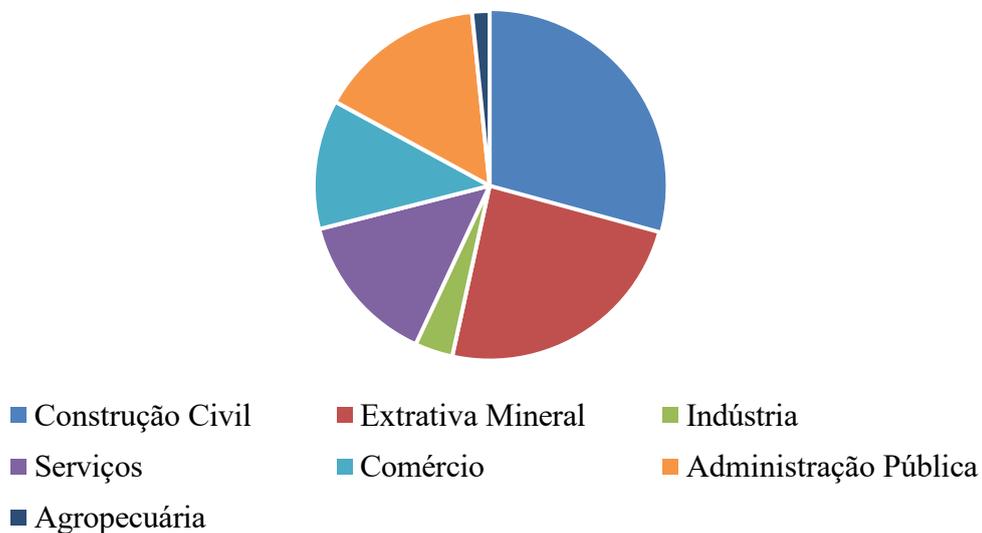
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da base do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED). Disponível em: [https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged\\_rais\\_vinculo\\_id/login.php](https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_rais_vinculo_id/login.php)

**Gráfico 36 - Percentual de postos de emprego por setor do IBGE em Mariana em 2021**



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da base do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED). Disponível em: [https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged\\_rais\\_vinculo\\_id/login.php](https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_rais_vinculo_id/login.php)

**Gráfico 37 - Percentual de postos de emprego por setor do IBGE em São Gonçalo do Rio Abaixo em 2021**



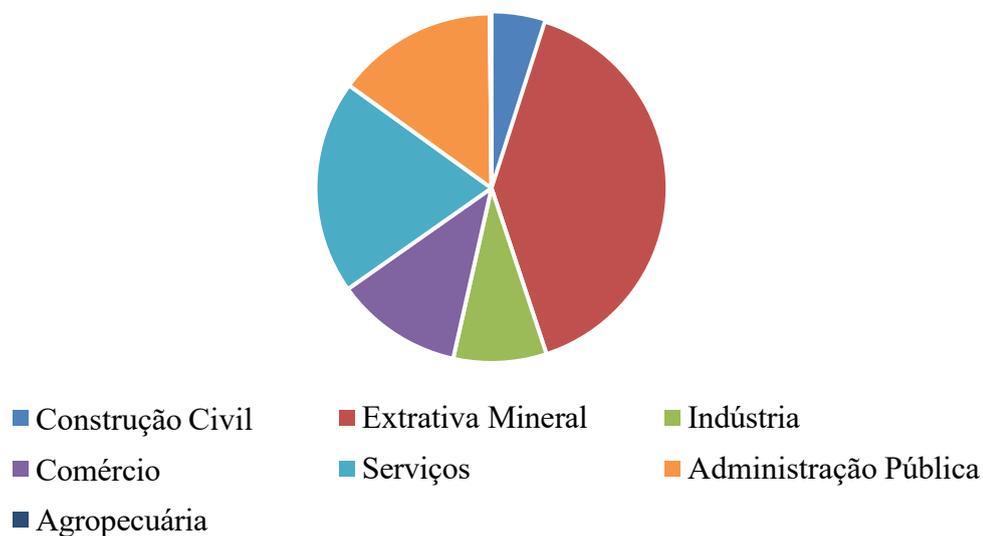
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da base do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED). Disponível em: [https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged\\_rais\\_vinculo\\_id/login.php](https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_rais_vinculo_id/login.php)

**Gráfico 38 - Percentual de postos de emprego por setor do IBGE em Itabira em 2021**



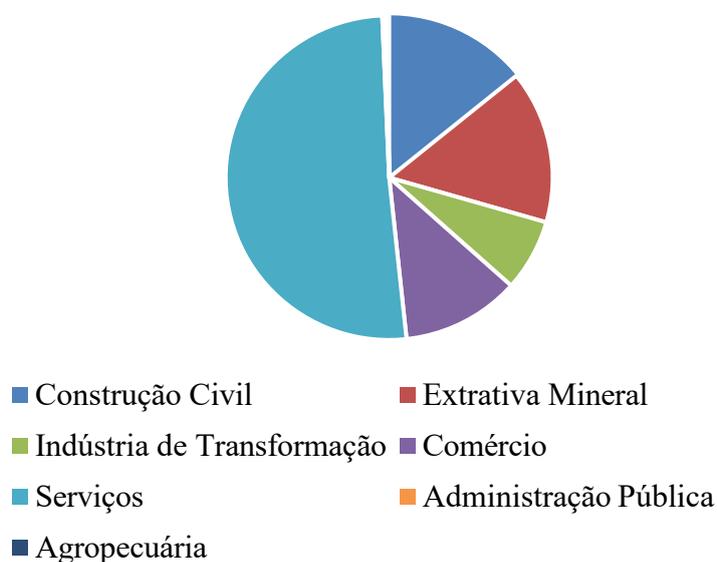
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da base do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED). Disponível em: [https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged\\_rais\\_vinculo\\_id/login.php](https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_rais_vinculo_id/login.php)

**Gráfico 39 - Percentual de postos de emprego por setor do IBGE em Congonhas em 2021**



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da base do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED). Disponível em: [https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged\\_rais\\_vinculo\\_id/login.php](https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_rais_vinculo_id/login.php)

**Gráfico 40 - Percentual de postos de emprego por setor do IBGE em Nova Lima em 2021**



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da base do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED). Disponível em: [https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged\\_rais\\_vinculo\\_id/login.php](https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_rais_vinculo_id/login.php)

**Gráfico 41 - Percentual de postos de emprego por setor do IBGE em Marabá em 2021**



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da base do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED). Disponível em: [https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged\\_rais\\_vinculo\\_id/login.php](https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_rais_vinculo_id/login.php)

Segundo os gráficos apresentados, a cidade que mais possui empregos diretos ligados ao setor mineral é a cidade de Congonhas, acumulando cerca de 40% dos empregos diretamente

relacionados à atividade extrativa mineral. Em cidades como Canaã dos Carajás, Conceição do Mato Dentro e São Gonçalo do Rio Abaixo é possível apontar que a parcela de empregos ligados à mineração totaliza entre 20% e 30% do total de empregos nas localidades. Ademais, para todos os demais municípios é possível notar que a atividade extrativa mineral concentra entre 10% e 20% dos postos de emprego. Os processos produtivos minerais apresentam diferentes combinações entre capital constante e variável, de modo que os dados levam a inferir que nas localidades em que há uma menor utilização de força de trabalho, que possui um baixo valor em virtude da terceirização das contratações e da baixa qualificação, utiliza-se de maneira mais intensiva o capital constante.

Apesar de seis cidades apresentarem um percentual de postos de emprego vinculados ao setor mineral menor do que 20%, nessas localidades operam grandes indústrias mineradoras que vão representar quase todos os postos de emprego voltados para a produção mineral. Nesse sentido, a dinâmica da produção mineral se torna ainda mais problemática, já que grande parcela dos postos de emprego dos municípios está ligada a apenas uma grande indústria mineradora. Levando em consideração os outros dados apresentados nesse capítulo, que mostram o constante saldo negativo de desligamentos no setor extrativista mineral ao longo dos anos, a inibição da atividade agropecuária, a dependência produtiva interna municipal, o comprometimento da arrecadação pública e a relativa concentração dos postos de emprego, pode-se apontar que a eliminação de postos de emprego dificulta a possibilidade da venda da força de trabalho nos municípios estudados.

Em decorrência da tendência de incorporação de capital constante no processo produtivo e de conseqüente eliminação de postos de emprego, muitos trabalhadores perdem os seus postos de emprego e se tornam supernumerários, culminando no desemprego sistemático dos trabalhadores que passam a compor o exército industrial de reserva — mecanismo usado pelo capitalismo para regular o preço do salário (Marx, 2015).

Como aponta Marx (2017), o sempiterno incremento de capital constante provoca uma radical mudança na composição orgânica e técnica do capital, em que há uma redução da parte variável do capital empregada no processo de produção. A tendência de aumento na composição orgânica do capital gerada pelo aumento da parte constante do capital se insere num movimento tendencial mais amplo de reprodução do capital: trata-se de um dos elementos contrarrestantes da lei tendencial da queda geral da taxa de lucro.

A lei tendencial da queda da taxa de lucro, imanente ao modo de produção capitalista, é referente à totalidade da produção social, de modo que algumas contratendências retardam ou impedem a queda da taxa de lucro, sendo elas: o aumento do grau de exploração da força de trabalho, a compressão do salário abaixo do seu valor, o barateamento de elementos do capital constante, a superpopulação relativa, o comércio exterior e o aumento do capital acionário (Marx, 2017a). Pelo fato de a lei da tendencial da queda da taxa de lucro ser inerente ao movimento global de produção social, muitas dessas causas contra-arrestantes à queda da taxa de lucro podem ser observadas nos processos produtivos da grande indústria mineradora brasileira.

Avaliando os efeitos da incorporação de capital constante na exploração dos trabalhadores da indústria extrativa mineral em Congonhas, Dornellas (2015) já aponta as consequências negativas da incorporação de tecnologias e da automação de etapas do processo de produção para a força de trabalho, sobretudo no que concerne à intensificação da exploração da força de trabalho: os operários trabalham em turnos num intenso ritmo de trabalho, ditado pelas máquinas empregadas no processo de produção. Podem-se observar “jornadas cada vez mais intensas no que diz respeito ao ritmo do trabalho, atingindo mesmo o limite suportado pelo trabalhador. Essa forma é aprimorada por meios informatizados” (Dornellas, 2015, p.107).

Além disso, a literatura aponta que as atividades extrativas minerais na Serra de Carajás e no Quadrilátero Ferrífero são marcadas por um intenso processo de terceirização da força de trabalho. Tal processo de precarização do trabalho possibilita uma redução dos salários dos trabalhadores, tornando o processo de trabalho menos custoso, já que quando ocorre sua contratação via terceirização, nota-se uma redução das remunerações e uma redução do acesso a direitos trabalhistas (Galvão, 2020) (Aguiar, 2022). Além disso, os processos produtivos da grande indústria mineradora são caracterizados pelo grande número de incidências de acidentes de trabalho, envolvendo sobretudo funcionários terceirizados (Galvão, 2020).

Somente no que se refere ao complexo S11D, em Carajás, a Justiça do Trabalho condenou a Vale a pagar R\$804 milhões de reais em razão da enorme recorrência de acidentes: pelo menos 2000 trabalhadores se acidentaram dentro dos processos produtivos instalados em Carajás (Coelho, 2016). Os afastamentos acidentários e não acidentários serão oportunamente investigados no próximo capítulo da dissertação. Por fim, o autor aponta que os locais de lavra ficam demasiadamente longe dos perímetros urbanos, de modo que muitos trabalhadores apresentaram uma média de deslocamento de cerca de 2 horas e 30 minutos entre o domicílio e o local de trabalho, horas de deslocamento também não remuneradas (Coelho, 2016).

Na Serra de Carajás, concentram-se as cidades com os maiores índices de acidente de trabalho em todo o Brasil, como é o caso de Parauapebas e Canaã dos Carajás. A desproteção desses trabalhadores está diretamente associada ao ritmo frenético de produção, que é estabelecido pela utilização conjunta de maquinaria no processo de produção. A Vale foi notificada em 2019 por conta dos numerosos acidentes de trabalho ocorridos no complexo minerador S11D (Silva; Mathis, 2017), o que faz notar uma grande desproteção desses trabalhadores, apesar de serem formalmente amparados por leis e normas de segurança.

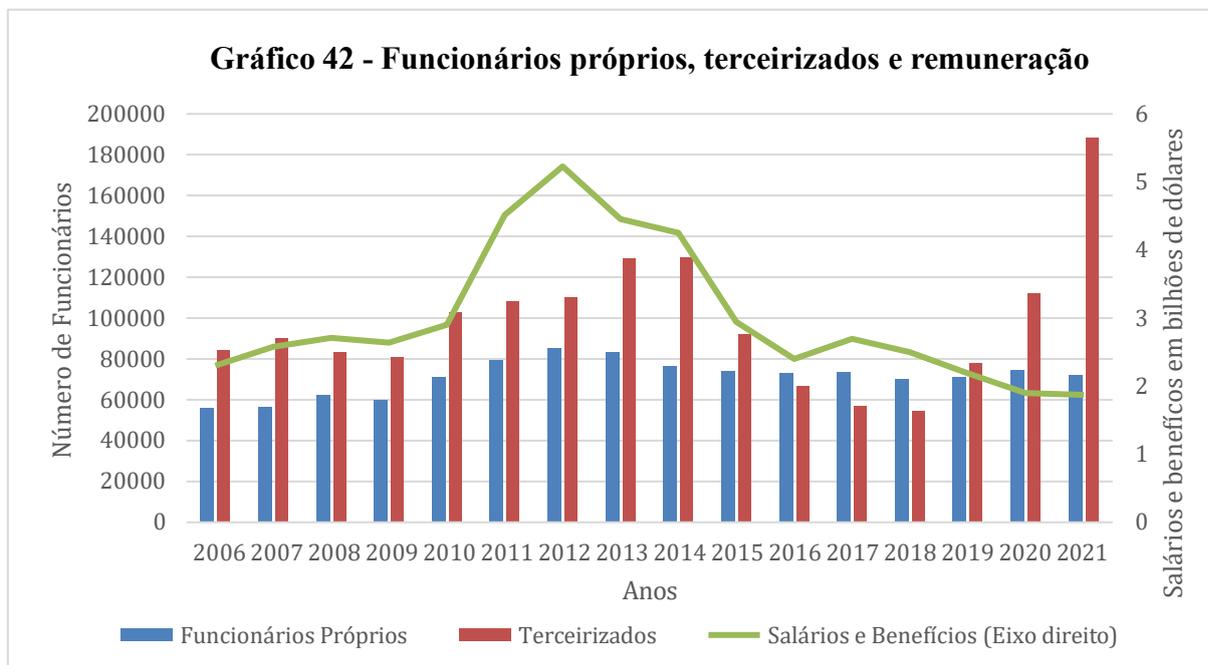
“Diante dos resultados revelados pelo estudo, conclui-se que a força de trabalho, em especial no município de Parauapebas (PA), apesar da existência de arcabouço jurídico e aparato de políticas públicas de proteção, permanece desprotegida em todos os aspectos que a cercam: na instabilidade do emprego, na relação salarial, nas condições de trabalho e, principalmente, na segurança e saúde do trabalhador” (Silva; Mathis, 2017, p.70).

A princípio, é importante apontar que a Vale emprega amplamente a terceirização de sua mão de obra, e tem reduzido os gastos com a remuneração da força de trabalho, de modo a diminuir o gasto necessário para a realização do processo de produção. É possível observar no Gráfico 42 uma evolução da terceirização da mão de obra, além de uma redução na remuneração dos trabalhadores da Vale. Não foi possível identificar nos relatórios da Anglo American e da CSN o número de empregados terceirizados, e por tal motivo são apresentados os apenas dados referentes a Vale.

Há um crescimento do número de trabalhadores até o ano de 2014 e, entre o intervalo de 2015 e 2018, pode-se notar que há um menor número de trabalhadores contratados. Por outro lado, entre 2019 e 2021 esse número passa por um processo de ascensão, de modo a aumentar sobretudo os trabalhadores terceirizados. Entre 2015 e 2020 quase não é possível notar variações no número de trabalhadores próprios, enquanto entre 2006 e 2021 é possível observar apenas um tímido aumento essa soma, mesmo com as sucessivas expansões da capacidade produtiva e elevação dos preços internacionais.

Por outro lado, o número de funcionários terceirizados mais do que duplicou para o período analisado. Tal constatação reforça que a manutenção das atividades produtivas e a ampliação da capacidade produtiva se realizam a partir da precarização das condições de trabalho. Pode-se apontar também que o número total de trabalhadores da empresa apresenta um comportamento semelhante à variação de preço dos minérios, que foi apresentada nos Gráficos 1 e 2. A crescente terceirização dos postos de emprego é a causa fundamental para a observada diminuição de remuneração e benefícios destinados aos trabalhadores. A persistente redução nos gastos da empresa com remuneração se inicia no ano de 2012, e a drástica redução

se mantém ao longo dos anos, de modo que para o último ano do gráfico se observa o menor nível de remuneração desde 2006, ao passo que o número de empregado terceirizados é o mais expressivo para o período analisado.



Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios integrados entre os anos de 2006 e 2022 da Vale devidamente referenciados no Anexo IV.

Ainda no que concerne às condições de trabalho, como aponta (Galvão, 2020), foram observados mais de 2777 turnos que excediam o permitido pela jornada de trabalho na atividade mineradora da Vale no quadrilátero ferrífero, havendo, dessa forma, uma expansão da apropriação de mais-valor absoluto. É notável a postura ainda mais negligente da empresa com relação à segurança dos trabalhadores terceirizados durante o processo laboral já que, em grande medida, estes não são sua responsabilidade direta. Tendo em vista o rebaixamento das remunerações desses trabalhadores terceirizados e as prolongadas e desgastantes jornadas de trabalho, alguns autores apontam, a partir de uma leitura de Marini (2000), um processo de superexploração da força de trabalho na grande indústria mineradora brasileira (Galvão, 2020; Dornellas, 2015; Coelho, 2016).

Torna-se importante apontar que, se por um lado há a intensificação da apropriação de mais-valia possibilitada pela incorporação de novas tecnologias no processo de produção, por outro lado pode-se observar a redução da remuneração geral da força de trabalho empregada. Dessa maneira, torna-se possível para a empresa capitalista a geração de uma maior taxa de mais-valor e, por conseguinte, a intensificação da massa de mais-valor gerada na produção de acumulação de capital (Marx, 2015).

Com relação à remuneração da força de trabalho na indústria extrativa mineral, percebe-se uma média salarial muito baixa, de modo que, atualmente, cerca de 4112 trabalhadores, correspondentes a 75% da força de trabalho formal na indústria extrativa dos principais municípios mineradores, recebem até 3 salários-mínimos. Além disso, nota-se um baixo grau de escolaridade, como é possível constatar através das tabelas abaixo. Ademais, aponta-se ainda por meio dos dados dispostos na Tabela 11 que cerca de 67% da força de trabalho empregada pela indústria extrativa mineral nos municípios estudados possui grau de escolaridade até o ensino médio completo.

**Tabela 10: Remuneração dos trabalhadores da indústria extrativa mineral nos principais municípios mineradores por faixas de salário-mínimo no ano de 2021**

	Até 0,5	0,51 a 1	1,01 a 1,50	1,51 a 2	2,01 a 3	3,01 a 4	4,01 a 5	5,01 a 10	Não classificado	Total
<b>Parauapebas</b>	0	47	234	270	295	145	57	16	13	1077
<b>Canaã dos Carajás</b>	0	17	11	21	218	24	26	22	3	342
<b>Conceição do Mato Dentro</b>	4	7	9	95	138	103	71	16	1	444
<b>Itabirito</b>	0	16	78	115	308	34	2	4	25	582
<b>Mariana</b>	0	0	13	12	74	140	5	0	19	263
<b>São Gonçalo do Rio Abaixo</b>	0	0	4	9	12	3	2	0	1	31
<b>Itabira</b>	1	1	21	53	77	22	3	1	6	185
<b>Congonhas</b>	1	9	212	463	702	256	25	5	45	1718
<b>Nova Lima</b>	15	7	100	152	135	42	19	24	11	505
<b>Marabá</b>	1	1	22	15	117	58	4	0	3	221
<b>Total</b>	22	105	704	1205	2076	827	214	88	127	5368

Fonte: elaboração própria a partir da base de dados do Relatório Anual de Informações Sociais (RAIS). Disponível em: [https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged\\_rais\\_vinculo\\_id/login.php](https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_rais_vinculo_id/login.php)

**Tabela 11 – Grau de escolaridade da força de trabalho da indústria extrativa mineral para substâncias minerais metálicas para os municípios selecionados no ano de 2021**

	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5	Nível 6	Nível 7	Nível 8	Nível 9	Total
<b>Parauapebas</b>	3	9	6	9	105	52	6528	193	1553	8462
<b>Canaã dos Carajás</b>	0	0	1	0	4	29	3593	124	910	4661
<b>Conceição do Mato Dentro</b>	0	0	0	21	20	5	1093	78	474	1691
<b>Itabirito</b>	1	123	50	79	120	109	1678	84	476	2720
<b>Mariana</b>	0	8	0	2	46	46	1494	105	515	2216
<b>Itabira</b>	0	12	1	7	49	26	3199	158	1046	4498
<b>São Gonçalo do Rio Abaixo</b>	1	8	0	2	16	13	1284	87	433	1844
<b>Congonhas</b>	0	2	20	245	260	206	5413	120	918	7184
<b>Nova Lima</b>	0	70	5	32	114	69	3153	301	4288	8032
<b>Marabá</b>	1	19	18	25	107	48	2193	76	491	2978
<b>Total</b>	6	251	101	422	841	603	29628	1326	11104	44282

Legenda:

Nível 1 de escolaridade: Analfabeto

Nível 2 de escolaridade: Até 5ª incompleta

Nível 3 de escolaridade: 5ª completa fundamental

Nível 4 de escolaridade: 6ª a 9ª Fundamental

Nível 5 de escolaridade: Fundamental Completo

Nível 6 de escolaridade: Médio Incompleto

Nível 7 de escolaridade: Médio Completo

Nível 8 de escolaridade: Superior Incompletos

Nível 9 de escolaridade: Superior Completo

Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados do Relatório Anual de Informações Sociais (RAIS). Disponível em: [https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged\\_rais\\_vinculo\\_id/login.php](https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_rais_vinculo_id/login.php)

Dessa forma, o salário, enquanto preço da mercadoria força de trabalho, é derivado das relações de troca e do valor das mercadorias necessárias para a reprodução da força de trabalho. No caso dos trabalhadores da indústria extrativa mineral, é possível observar uma baixa

remuneração dessa força de trabalho específica, ao passo que também é possível apontar, de maneira geral, que a força de trabalho empregada possui baixa qualificação.

Além disso, é importante apontar que as grandes empresas interferem em eleições sindicais e utilizam a estrutura sindical para evitar conflitos com os próprios trabalhadores, estimulando a pulverização da atividade sindical e impedindo a unicidade entre os sindicatos relacionados às diferentes categorias de trabalhadores. Como aponta Coelho (2016) acerca da Vale, ao investigar sua atividade produtiva, a empresa interfere diretamente na atividade sindical, de modo a estabelecer controles diretos sobre os sindicatos buscando desmobilizar os trabalhadores, além de utilizar o sindicato como instrumento de controle da força de trabalho, ao dissuadir possíveis greves e paralisações da produção com o controle informal da atividade sindical. Quando as mineradoras encontram dificuldades para cooptação das entidades sindicais que representam os trabalhadores, há um aumento ainda mais expressivo da terceirização dessas atividades produtivas nas unidades de produção que representam resistência e enfrentamento aos interesses da empresa, além da recorrente demissão dos “trabalhadores problemáticos” (Aguilar, 2022). Pode-se apontar também que a terceirização da força de trabalho contribui para o arrefecimento da atividade sindical, visto que esses trabalhadores enfrentam grandes dificuldades para se organizar coletivamente enquanto categoria (Galvão, 2020).

Dessa forma, como foi discutido ao longo dessa seção, os processos produtivos extrativos minerais, crescentemente automatizados, implicam em um aumento do exército industrial de reserva nos municípios mineradores, que são caracterizados pela especialização econômica e pela baixa diversificação da atividade produtiva. Além disso, as empresas mineradoras adotam a prática da terceirização da mão de obra para provocar um rebaixamento dos salários e um menor investimento em segurança e saúde do trabalho. Ademais, como apontado pela literatura, o setor é marcado pela impotência da ação sindical e por um alto número de incidência de acidentes de trabalho.

O trabalho, para além de se configurar como a atividade teleológica de intercâmbio metabólico entre o homem e a natureza mediada pelos instrumentos de trabalho para a produção de mercadorias no modo de produção capitalista, configura-se também como um processo de determinação social do nexo biopsíquico e do desgaste dos trabalhadores. Assim, buscando compreender a unidade existente entre o trabalho e a saúde, propõe-se no próximo capítulo o estudo minucioso dos afastamentos acidentários e não acidentários na grande indústria mineradora brasileira nos municípios que estão sendo investigados.

## **5. O PROCESSO SOCIALMENTE DETERMINADO DE ADOECIMENTO DA FORÇA DE TRABALHO EMPREGADA PELA INDÚSTRIA EXTRATIVA MINERAL**

O setor mineral é notadamente reconhecido pelos numerosos afastamentos acidentários e não acidentários de trabalhadores, configurando-se como um dos segmentos produtivos em que mais se acumulam acidentes de trabalho e adoecimentos no Brasil contemporaneamente (Alves; de Oliveira, 2021). A morbidade da atividade laboral advém das cargas de trabalho características da interação de elementos da produção com os corpos dos trabalhadores. As cargas se constituem como elementos do processo de trabalho deletérios à saúde dos trabalhadores, e interatuam dinamicamente com seus corpos, que precisam se adaptar a essas condições. Trata-se de um processo socialmente determinado de adoecimento da força de trabalho em decorrência do próprio processo de trabalho no que concerne à unidade entre saúde e trabalho em processos produtivos particulares (Laurell; Noriega, 1987)

Nesse diapasão, as cargas do trabalho podem estar associadas a diferentes tipos agentes causadores de desgastes. A princípio, podem-se apontar as cargas físicas, tratando-se de condições do processo de trabalho externas ao trabalhador e que podem ser mensuradas. São exemplos de cargas físicas, por exemplo, o ruído e o calor; agentes químicos como póis, fumaças e vapores também constituem um segmento específico de cargas do trabalho, as cargas químicas; além disso, podem-se citar as cargas biológicas, causadas por microrganismos transmissores de doenças. As cargas químicas e biológicas possuem certo nível de semelhança já que ambas são oriundas de elementos externos ao corpo do trabalhador, tais cargas possuem nocividade somente através da interação dos agentes químicos e biológicos com este mesmo corpo, na imediaticidade do processo laborativo (Laurell; Noriega, 1987).

As cargas mecânicas, advindas da periculosidade e da nocividade inerente à operação e manutenção de instrumentos de trabalho e meios de produção, estão relacionadas sobretudo a acidentes e lesões imediatas. Tratam-se de traumas físicos sofridos durante o processo de trabalho, como fraturas, feridas, laceração e contusões. Por fim, como os últimos agrupamentos de cargas de trabalho, podem-se apontar as cargas psíquicas e fisiológicas, que se manifestam no interior do corpo dos trabalhadores. É possível apontar que tais cargas estão ligadas sobretudo a aspectos da organização do trabalho e a respectiva base técnica, como estabelecimento de metas, controle e supervisão de tempo e de tarefas, consciência da periculosidade do processo de trabalho, etc. (Laurell; Noriega, 1987).

Dessa maneira, no que concerne especificamente ao processo produtivo mineral, pode-se observar na Tabela 12 a síntese dos principais riscos ocupacionais e exposições relativas aos trabalhadores do setor extrativo mineral. Torna-se indispensável apontar que os riscos ocupacionais se configuram como uma forma de categorização insuficiente para compreensão do processo de desgaste biopsíquico dos trabalhadores, visto que a doença não ocorre apenas quando o risco se efetiva, mas durante todo o tempo em que os trabalhadores interagem dinamicamente com as cargas de trabalho. Dessa maneira, em conjunto com a fundamentação propiciada por Laurell e Noriega (1987), recorrem-se aos riscos e exposições relacionadas com o processo produtivo mineral para buscar sintetizar os principais fatores que acarretam no adoecimento ocupacional, mesmo tendo em vista a limitação colocada pela classificação dos riscos laborais. Trata-se de um importante ponto de partida para se pensar os elementos do processo de produção e, posteriormente, identificar as cargas de trabalho iminentes à produção mineral industrial.

**Tabela 12 – Principais classificações de riscos ocupacionais e exposições no setor extrativo mineral**

Setor	Classificação de Risco	Principais Exposições
Setor Extrativo Mineral	Biológico	Exposição a vetores de doenças infecciosas e microrganismos patogênicos (vírus e bactérias)
	Físico	Ruído, vibrações, exposição a umidade, calor, frio, radiação e baixa iluminação
	Organização do Trabalho	Ritmos excessivos, prolongamento das jornadas de trabalho, repetição de movimento, uso da força física, baixa ergonomia e trabalho em turnos.
	Acidentes	Explosão, quedas, incidentes com máquinas, equipamentos e ferramentas.

Químico

Intoxicação por gases e  
poeiras minerais.

Fonte: Adaptado de Secretaria de Estado da Saúde de Minas Gerais. Disponível em:  
<https://www.nescon.medicina.ufmg.br/biblioteca/imagem/2839.pdf>

Apesar da grande quantidade de acidentes apontada pela literatura e confirmada pelos dados investigados, é preciso se voltar primeiro para o processo de adoecimento desses trabalhadores. Mais uma vez, trata-se de um processo de desgaste que não ocorre de maneira imediata, como no caso dos acidentes de trabalho, mas em virtude da exposição prolongada às cargas de trabalho ao longo do tempo. Além disso, como apontam os dados presentes na Tabela 13, que apresenta os dados acumulados para o intervalo de 2012 a 2022, os afastamentos do tipo não acidentários (B31) foram expressivamente superiores em comparação com os afastamentos acidentários (B91).

**Tabela 13 – Perfil dos afastamentos acumulados para o intervalo de 2012 a 2022 na indústria extrativa de substâncias minerais metálicas para os municípios selecionados.**

Municípios	Afastamentos Acidentários e Não Acidentários		
	Não Acidentários (B31)	Acidentários (B91)	Total
Parauapebas	3118	371	3489
Canaã dos Carajás	431	57	488
Conceição do Mato Dentro	91	4	95
Itabirito	614	74	688
Mariana	538	50	588
São Gonçalo do Rio Abaixo	48	2	50
Itabira	1176	38	1214
Congonhas	1136	60	1196
Nova Lima	205	9	214
Marabá	90	7	97
Total	7447	672	8119

---

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados em bases do INSS. Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho, 2023. Disponível em: <https://smartlabbr.org/sst>

A princípio, vale apontar a numerosidade de afastamentos indistintos para o setor de produção de substâncias minerais metálicas, que totaliza 8119 casos no intervalo que compreende os anos de 2012 e 2022 para os municípios delimitados. Dentre os afastamentos, é possível observar que 91,72% daqueles oficialmente detectáveis são de tipo não acidentário, decorrentes da exposição contínua e prolongada às cargas de trabalho características da produção mineral, e 8,28% dos afastamentos são de tipo acidentário entre 2012 e 2022. Diante disso, para se iniciar investigação do processo de adoecimento desses trabalhadores, busca-se compreender o perfil dos afastamentos não acidentários.

Para tanto, foram elencados os principais afastamentos não acidentários (Tabela 14) a partir do tipo de adoecimento. Pode-se observar a presença de doenças ocasionadas por traumas, quedas, falta de ergonomia e desgastes físicos em sua maior totalidade. Nesse caso, se tratam das doenças com Classificação Internacional de Doenças (CID) iniciado por S, sendo elas: fratura da perna, incluindo tornozelo (S82); luxação, entorse e distensão das articulações e dos ligamentos do joelho (S83); fratura do pé, exceto o tornozelo (S92); fratura ao nível do punho e da mão (S62); fratura no antebraço (S52); fratura do ombro e do braço (S42). Somente esse agrupamento de doenças de CID, iniciado pela letra S, totaliza 432 casos de afastamentos não acidentários, cerca de 63,62% do total de afastamentos não acidentais para o período analisado.

Além disso, como apontam os dados, um segundo grupo de doenças é responsável por uma expressiva parcela dos afastamentos não acidentários. Trata-se do grupo de doenças iniciadas pela letra F no código de CID. Nesse caso, observa-se a incidência de episódios depressivos (F32), segundo tipo de adoecimento mais frequente nos afastamentos não acidentários (ficando atrás apenas das fraturas na perna), e de transtorno depressivo recorrente (F33). A depressão, considerando conjuntamente os episódios esporádicos e recorrentes (F32 e F33), foi doença causadora de 146 casos de afastamento não acidentários, algo que corresponde a cerca de 21,50% dos respectivos casos de afastamentos.

Além disso, pode-se notar a ocorrência de hérnia inguinal (K40), doença também ocasionada por excesso de esforço físico e sobrecarga de peso, advinda de cargas físicas e mecânicas do processo de produção mineral. Por fim, além das demais, foi possível observar o adoecimento por infecção viral (B34), adoecimento associado a cargas biológicas comuns nos ambientes em que ocorrem a lavra de minério. Podem-se analisar tais dados a partir da tabela subsequente.

**Tabela 14 - Classificação dos afastamentos não acidentários para indústria extrativa de substâncias minerais metálicas por Código Internacional de Doença (CID) no período de 2020 a 2022 para os municípios analisados.**

	S82	F32	S83	S92	K40	S62	S52	S42	F33	B34
Parauapebas	50	54	44	21	31	23	16	22	25	13
Canaã dos Carajás	8	12	10	9	16	6	4	7	0	0
Conceição do Mato Dentro	5	3	0	3	0	2	2	2	2	2
Itabirito	13	5	10	8	7	5	3	0	3	1
Mariana	5	5	3	5	3	4	3	0	0	0
São Gonçalo do Rio Abaixo	0	3	0	1	0	2	0	0	0	0
Itabira	18	11	9	18	0	8	7	5	0	9
Congonhas	12	12	16	8	10	10	5	0	4	5
Nova Lima	2	0	4	4	0	1	2	0	0	3
Marabá	1	7	4	1	1	0	0	1	0	0
Total	114	112	100	78	68	61	42	37	34	33

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados em bases do INSS. Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho, 2023. Disponível em: <https://smartlabbr.org/sst>

Além das doenças específicas tabeladas por CID e apresentadas anteriormente, que permitem identificar com mais precisão quais doenças específicas com mais frequência acometem os trabalhadores de maneira não acidental. Podem-se também analisar os afastamentos não acidentários por capítulos de CID (Tabela 15), que se tratam agrupamentos de doenças que incidem sob as mesmas características no que concerne às partes do corpo desgastadas em virtude da realização contínua do trabalho.

**Tabela 15: Número de afastamentos não acidentários conforme a Classificação Internacional de Doenças para produção de minério de ferro e substâncias minerais metálicas não ferrosas entre 2020 e 2022 para os principais municípios mineradores**

	Osteomusculares e Tecido Conjuntivo	Fraturas	Mentais e Comportamentais	Luxações	Aparelho Digestivo	Traumatismo	Circulatória	Nervosa	Total
Parauapebas	307	76	104	42	26	21	5	23	604
Canaã dos Carajás	35	30	19	4	12	2	11	6	119
Conceição do Mato Dentro	12	9	5	2	3	3	1	1	36
Itabirito	19	18	9	3	8	7	5	1	70
Mariana	14	16	23	2	6	5	4	3	73
São Gonçalo do Rio Abaixo	3	2	5	0	1	2	0	0	13
Itabira	59	50	52	7	11	0	23	6	73
Congonhas	85	29	53	12	9	7	12	8	215
Nova Lima	10	6	1	4	0	1	0	1	23
Marabá	4	5	0	1	4	1	2	1	18
Total	548	241	271	77	80	49	63	50	1379

Fonte: Elaboração própria a partir de dados presentes na plataforma Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho.

Notadamente, três capítulos apresentam uma maior expressividade: os adoecimentos osteomusculares e de tecido conjuntivo (548 casos), característicos do uso excessivo de força física, da utilização de máquinas e equipamentos de baixa ergonomia e da repetição exaustiva de movimentos repetitivos. Em segundo lugar, pode-se observar que o capítulo de CID mais frequente, depois dos adoecimentos osteomusculares e de tecido conjuntivo, é aquele que contém os chamados adoecimentos “mentais e comportamentais”, que totalizam 271 casos de afastamento não acidentários. Por fim, as fraturas se configuram como o terceiro capítulo mais

incidente nos agravos não acidentários analisados, contando 241 casos contabilizados para os municípios analisados no período delimitado.

Alguns elementos do processo de trabalho que resultam no desgaste da força de trabalho podem ser observados a partir da literatura. Ao realizar entrevistas de campo com trabalhadores do setor mineral de uma grande indústria no sudeste do Pará, região da Serra de Carajás, Cossolosso *et al.* (2022), apontam para ocorrência de acidentes e adoecimentos em virtude da intensidade da jornada de trabalho e de seus longos turnos. Além disso, o trabalho nas minas é de extrema periculosidade e a efetivação de acidentes de trabalho por conta dos danos potenciais que a própria maquinaria e o ambiente de trabalho possuem, com o tempo acabam ocasionando agravos e óbitos. Além disso, a vibração produzida pelo carregamento dos minérios nos caminhões e em virtude das explosões características do processo de lavra trazem severas consequências ósseas e musculares para esses trabalhadores (Cossolosso *et al.*, 2022).

Como aponta Cossolosso *et al.* (2022) e Dornellas (2015), é possível notar uma grande incidência de adoecimentos psicológicos dos trabalhadores do setor mineral. Os resultados do estudo de campo dos autores associam tal processo de adoecimento sobretudo ao regime de turnos, à intensificação do processo de trabalho, ao estabelecimento de metas rígidas, ao prolongamento da jornada de trabalho, ao convívio restrito dos trabalhadores com os seus familiares, entre outros elementos da organização do trabalho. Tais elementos se constituem como elementos de desgaste para os trabalhadores no processo laboral. A adaptação às cargas de trabalho contribui ainda paulatinamente para a perda potencial de capacidade física e psicológica dos respectivos trabalhadores.

Além disso, é possível notar, por meio dos dados presentes no Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho<sup>3</sup> e dispostos na Tabela 16, que as duas principais categorias de trabalhadores que passam por afastamentos são os Operadores de Caminhões e Perfuratrizes e os Mecânicos de Manutenção de Máquinas para todos os municípios estudados no período de 2020 a 2022. Além disso, para todos os municípios de análise, o setor extrativo mineral é o que mais acumula acidentes de trabalho nos municípios analisados. São listadas na tabela abaixo as principais ocupações que sofrem afastamentos no setor extrativo mineral. Como é possível observar, trata-se de funções desempenhadas nas partes de lavra e de manutenção de equipamentos e máquinas: funções diretamente ligadas com a operação dos meios de produção (base técnica). As máquinas e equipamentos, quando operados no processo produtivo,

---

<sup>3</sup> Disponível em: <https://smartlabbr.org/sst>

constituem-se como uma potência hostil e periculosa para o trabalhador, capaz de gerar paulatinamente desgastes que acarretam o adoecimento e a acidentalidade dos trabalhadores.

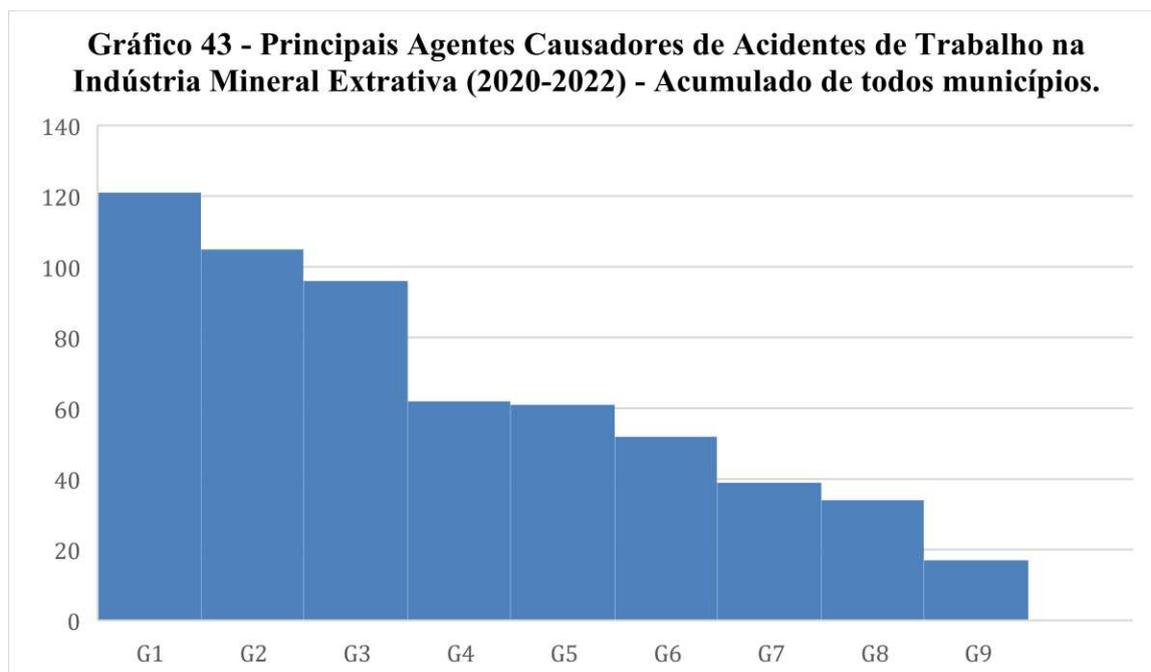
**Tabela 16 - Número acumulado de afastamentos não acidentários para as 5 principais ocupações da indústria extrativa mineral nos 10 municípios analisados no período de 2020 a 2022.**

Operador de Máquinas	400
Mecânico de Manutenção de Máquinas	294
Operador de Caminhões	215
Mineiro	69
Soldador	64

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados em bases do INSS. Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho, 2023. Disponível em: <https://smartlabbr.org/sst>

Para além de investigar os afastamentos não acidentários, torna-se indispensável compreender simultaneamente quais elementos do processo trabalho têm provocado um maior grau de acidentalidade da força de trabalho bem como as especificidades dos afastamentos acidentários. Para tanto, buscou-se identificar, a princípio, quais foram os principais grupos de agentes causadores de notificações por acidente de trabalho no setor extrativo mineral nos municípios selecionados na presente pesquisa nos últimos três anos (2020-2022), de maneira que faça-se possível compreender em que medida cada elemento do processo de produção atua dinamicamente com os corpos dos trabalhadores, possibilitando a compreensão destes enquanto cargas de trabalho específicas, contribuintes para o processo de morbidade dos trabalhadores.

Foram selecionados os grupos de agentes causadores de acidentes de trabalho a partir da maior frequência nas notificações de acidentes laborais, de acordo com a classificação do INSS (Instituto Social de Seguro Social) e tendo em vista o critério de seleção baseado na maior frequência dentre os diversos grupos. Os dados então obtidos apontam que os principais agentes nesse âmbito para os municípios pesquisados são respectivamente: Máquinas e Equipamentos (G1), Queda do Mesmo Nível (G2), Agente Químico (G3), Impacto Contra Pessoa (G4), Veículo de transporte (G5), Agente Biológico (G6), Queda de Altura (G7), Ferramentas Manuais (G8) e Mobiliários e Acessórios (G9). Os dados podem ser conferidos de maneira agregada e desagregada entre os municípios através do Gráfico 43 e da Tabela 17, a seguir.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados em bases do INSS. Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho, 2023. Disponível em: <https://smartlabbr.org/sst>

**Tabela 1: Principais Grupos de Agentes Causadores de Acidentes de Trabalho no Setor Mineral para os Municípios Selecionados.**

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9
Parauapebas	28	22	18	7	12	6	10	6	2
Canaã dos Carajás	17	2	12	5	9	8	6	1	1
Conceição do Mato Dentro	6	15	12	8	4	11	1	9	3
Itabirito	9	8	6	10	14	2	4	3	1
Mariana	6	3	1	3	4		2		1
São Gonçalo do Rio Abaixo	3	1	3	4	1	2	1		2
Itabira	15	10	10	9	4	8	4	2	1
Congonhas	17	14	13	4	4	2	3	9	1
Nova Lima	11	25	12	8	5	6	6	3	3
Marabá	9	5	9	4	4	7	2	1	2
Total	121	105	96	62	61	52	39	34	17

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados em bases do INSS. Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho, 2023. Disponível em: <https://smartlabbr.org/sst>

Como é possível observar, para os municípios de análise durante o período de 2020 a 2022, podem-se destacar quatro tipos de agentes causadores de acidentes que, na execução da produção, podem ser compreendidos como cargas de trabalho e estão associados de maneira mais direta com os afastamentos acidentários. As cargas mecânicas são, notadamente, as maiores causadoras de acidentes de trabalho, tendo em vista que os meios de trabalho em operação são em grande medida responsáveis pela contusão dos operários, sendo estes: Máquinas e Equipamentos; Veículo de Transporte; Ferramentas Manuais; e Mobiliário e Acessórios. Somente esses quatro grupos de agentes causadores, que estão inseridos no interior da produção como cargas mecânicas do processo de trabalho, totalizam 43,39% (233) dos fatores causadores de acidentes na indústria extrativa mineral para o período analisado nos municípios.

Além disso, pode-se apontar que as cargas físicas do trabalho são a segunda principal causa de acidentes de trabalho, considerando-se como cargas físicas os seguintes grupos de agentes causadores: quedas do mesmo nível, quedas de altura e impacto contra pessoa. Esse segmento de cargas de trabalho representa cerca de 35,09% (206) das causas para ocorrência dos acidentes de trabalho. As curvas de nível características das minas a céu aberto, o deslizamento de rochas e a insegurança do solo arenoso, sobretudo em momentos de intensa exposição ao sol ou de chuvas prolongadas, são elementos degradantes característicos do processo produtivo da mineração industrial mineral brasileira (Alves; de Oliveira, 2021).

Por fim, as cargas químicas representadas pelos agentes químicos aos quais os trabalhadores estão expostos durante o processo de trabalho são a terceira principal carga enfrentada pelos trabalhadores mineiros (16,35%), a dispersão de minério no ar provoca diversos malefícios à saúde humana, como doenças cardiovasculares e silicose (Magalhães *et al.*, 2020). Já as cargas biológicas, analisadas analogamente como sendo os agentes biológicos, são a terceira principal causa de acidentes no trabalho da indústria extrativa mineral para os municípios de análise, concentrando 8,86% dos fatores causadores. Os trabalhadores são expostos a todo momento a vetores de transmissão de doenças, já que a mineração se realiza em ambientes remotos, em regiões de intensa cobertura vegetal nas proximidades (Costa; Resende, 2012).

Como discutem Sousa e Quimela (2015), a periculosidade do ambiente de trabalho, a falta de treinamento e a própria nocividade das máquinas e instrumentos de trabalho se

configuram como elementos importantes para compreender de que maneira ocorrem o desgaste e os agravos relacionados com as cargas de trabalho mecânicas e físicas no setor extrativo mineral industrial. Além disso, os autores apontam que o ambiente de lavra do minério é dotado de poeiras e restos minerais dispersos no ar, que representam agentes químicos adoecedores, sobretudo em virtude dos processos de explosão e de perfuração dos maciços rochosos, além do processo de beneficiamento que reduz a granulometria do minério através do esmagamento.

Os processos de exposição e de adaptação às cargas de trabalho durante a jornada de trabalho acarretam o desgaste da força de trabalho envolvida no processo de produção, que se traduz num maior grau de adoecimento e acidentalidade dos trabalhadores; pode-se compreender o desgaste como sendo a perda potencial de capacidades físicas e psíquicas (nexo biopsíquico). Com aponta Laurell e Noriega (1987, p. 70) “o conceito de desgaste permite consignar as transformações negativas, originadas pela interação dinâmica das cargas, nos processos biopsíquicos humanos”. O adoecimento dos trabalhadores decorre das suas atividades laborais, em que há uma exposição prolongada e direta às cargas de trabalho, que se traduz no desgaste da força de trabalho (Laurell; Noriega, 1987). Os efeitos dos desgastes da força de trabalho vão se manifestar tanto num maior grau de acidentalidade no trabalho, isto é, no agravo ao risco devido à debilitação do trabalhador, quanto no adoecimento a longo prazo desses trabalhadores.

Como é possível apreender a partir dos principais grupos de agentes causadores de acidentes de trabalho na produção mineral, os acidentes de trabalho estão ligados sobretudo com as cargas mecânicas, inerentes à nocividade que perpassa a utilização dos meios de produção empregados na grande indústria mineradora. Pode-se também inferir que o processo de adoecimento dos trabalhadores estudados nos afastamentos não acidentários tem ligação direta com os acidentes de trabalho, pois não se pode compreender os acidentes de trabalho como um momento pontual no processo de trabalho, mas sim como um desdobramento dos sucessivos desgastes aos quais os mineiros estão submetidos. Antes mesmo da ocorrência de um acidente os trabalhadores já estão desgastados em virtude das condições de trabalho, mesmo não estando afastados. Algo que contribui para a efetivação do acidente de trabalho. Dessa forma, para compreender de maneira mais clara como ocorrem os acidentes de trabalho, buscase investigar as principais lesões e as partes do corpo mais frequentemente afetadas durante o processo de trabalho.

Nesse sentido, foram identificadas oito principais lesões para atividade extrativa mineral nos municípios em tela: Corte, laceração, ferida contusa ou punctura (L1); Fratura (L2);

Distensão/torção (L3); Lesão Imediata (L4); Escoriação/Abrasão (L5); Contusão/Esmagamento (L6); Queimadura/escaldadura (L7); e Luxação (L8). Além disso, foi possível identificar as partes do corpo mais frequentemente atingidas em decorrência da atividade extrativa mineral: dedo (P1), face (P2), perna (P3), mão (P4), pé (P5), articulação do tornozelo (P6), joelho (P7), olho (P8), dorso (P9) e cabeça (P10). Os dados podem ser vistos a partir das tabelas subsequentes.

**Tabela 18 - Lesões mais frequentes na indústria extrativa mineral de minerais metálicos para os municípios pesquisados (2020-2022).**

	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
Parauapebas	34	18	17	12	9	24	5	3
Canaã dos Carajás	14	15	5	4	12	5	5	3
Conceição do Mato Dentro	12	2	12	25	10	3	2	0
Itabirito	13	16	8	5	6	3	4	5
Mariana	7	2	3	1	1	4	2	2
São Gonçalo do Rio Abaixo	3	5	1	5	2	1	0	1
Itabira	21	11	6	3	11	5	4	5
Congonhas	30	21	11	3	3	0	2	2
Nova Lima	14	14	14	6	10	8	1	4
Marabá	9	10	4	10	5	3	3	0
Total	157	114	81	74	69	56	28	25

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados em bases do SINAN. Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho, 2023. Disponível em: <https://smartlabbr.org/sst>

**Tabela 19 – Partes do corpo mais frequentemente atingidas (2010-2022) para indústrias extrativas de minerais metálicos nos municípios de análise.**

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Parauapebas	26	7	4	5	11	4	5	3	10	3

Canaã dos Carajás	28	11	14	10	6	3	4	2	4	3
Conceição do Mato Dentro	14	5	1	3	2	5	3	7	4	1
Itabirito	18	4	3	2	2	2	3	5	2	3
Mariana	6	2	1	0	1	3	1	0	2	1
São Gonçalo do Rio Abaixo	6	0	1	0	2	1	0	2	0	1
Itabira	19	6	1	1	4	2	7	3	6	5
Congonhas	19	4	7	9	6	5	2	1	4	2
Nova Lima	13	7	5	4	2	8	4	2	7	3
Marabá	9	4	3	2	0	3	2	2	4	2
Total	158	50	40	36	36	36	31	27	24	24

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados em bases do INSS. Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho, 2023. Disponível em: <https://smartlabbr.org/sst>

Como é possível observar através dos dados expostos, há uma grande incidência de lesões graves como lacerações, cortes, fraturas, distensões, torções e lesões imediatas (cerca 70,53% das lesões para o período de análise estão entre esses tipos específicos) que são causadores dos acidentes de trabalho nesses municípios. Para além disso, é possível observar, em paralelo, que de todas as 462 observações referentes às partes do corpo mais frequentemente atingidas para o período, pode-se observar que 194 lesões (cerca de 42% do total) atingiram os dedos e as mãos desses trabalhadores.

Nesse ínterim, levando em consideração que as cargas de trabalho mecânicas e físicas discutidas ao longo desse capítulo características do processo produtivo mineral, pode-se inferir que os acidentes de trabalho ocorrem sobretudo em decorrência do manuseio e da manutenção dos instrumentos de trabalho por parte dos trabalhadores, já que grande parte das lesões consistem em lacerações, cortes e contusões que incidem principalmente nas mãos e dedos trabalhadores. E, considerando a natureza das mais frequentes contusões na indústria extrativa, é possível notar que grande parte das lesões também podem ser causadas por quedas e impactos contra a pessoa, não estando diretamente associadas a cargas mecânicas do processo de

trabalho, mas sim ao ambiente de trabalho, marcado pela exposição ao sol e à chuva, além da prolongada jornada de trabalho que se realiza no regime de turnos (Alves; de Oliveira, 2021).

Ademais, é possível observar que os afastamentos acidentários são agravos que atingem sobretudo os trabalhadores de linha de frente da produção, que estão ligados a atividades de lavra e de manutenção dos meios de produção. Esse grupo de trabalhadores opera e desempenha funções diretamente ligadas à maquinaria nas áreas de lavra, pode-se observar na Tabela 20 as principais ocupações que sofrem acidentes de trabalho para os municípios de análise.

**Tabela 20 - Número acumulado de afastamentos acidentários para as 5 principais ocupações da indústria extrativa mineral nos 10 municípios analisados no período de 2020 a 2022.**

Operador de Máquinas	34
Mecânico de Manutenção de Máquinas	29
Operador de Caminhões	19
Soldador	6
Eletricista de Manutenção	4

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados em bases do INSS. Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho, 2023. Disponível em: <https://smartlabbr.org/sst>

Como foi exposto ao longo do capítulo, o adoecimento e a recorrência de acidentes de trabalho na indústria extrativa mineral nos municípios de análise se efetivam em virtude de um processo de trabalho, que é socialmente determinado e que desgasta continuamente as potências físicas e psíquicas da força de trabalho. Os afastamentos se configuram como um impacto social extremamente deletério para os trabalhadores advindo do processo produtivo mineral nos respectivos municípios. O ambiente de trabalho e os elementos da organização do trabalho como a intensa exposição a ruídos e vibrações, o uso recorrente da força física, o prolongamento da jornada de trabalho objetivada no regime de trabalho em turnos, a exposição a agentes físicos, químicos e biológicos se objetivam como cargas de trabalho no momento de realização do processo de trabalho e provocam um intenso desgaste dos trabalhadores.

Para além dos agravos salientados no presente capítulo, os acidentes de trabalho podem ocorrer em decorrência de riscos potenciais aos quais os trabalhadores da mineração industrial estão expostos a todo momento durante o processo de trabalho, como as falhas e rompimentos de barragens de rejeitos. O rompimento da Barragem da Mina do Córrego do Feijão, por exemplo, ocorrido em Brumadinho (MG) no ano de 2019 é considerado o maior acidente de trabalho da história do Brasil em termos de mortalidade (Souza; Souza, 2020). Evidentemente,

assim como os afastamentos e agravos estudados no presente capítulo, os rompimentos de barragens também não são um acontecimento pontual em que um risco potencial se efetiva. Trata-se, por outro lado, de um acúmulo de condições laborais e estruturais permeadas pela insegurança e imprevisibilidade, pela redução de custos e pelo excessivo número de elementos de desgastes. Dessa forma, o próximo capítulo se propõe a estudar uma outra dimensão dos impactos socioeconômicos advindos da produção mineral industrial, isto é, o panorama e as condições de estabilidade das barragens no Brasil, bem como o histórico de falhas e rompimentos de barragens que se efetivaram na história brasileira enquanto crimes socioambientais contra as populações atingidas e os trabalhadores afetados.

## 5. PRODUÇÃO DESTRUTIVA E BARRAGENS DE REJEITO

Para além das já citadas consequências socioeconômicas particulares decorrentes da atividade mineradora grande industrial — um ramo produtivo caracterizado pela crescente incorporação de avanços tecnológicos nos processos produtivos —, é preciso apontar que o desenvolvimento técnico no setor mineral também torna possível uma violenta e mais célere expropriação dos recursos naturais e de trabalho não pago. Como aponta Marx (2010), é somente no modo de produção capitalista que a ciência da natureza passa a ser determinada e aplicada a serviço direto dos processos de produção e valorização. Dessa maneira torna-se possível a apropriação em larga escala das forças da natureza e de matérias primas na qualidade de agentes do processo de trabalho. No setor mineral contemporâneo brasileiro, a apropriação acelerada em larga escala das reservas minerais resulta na utilização de barragens de rejeitos e na expansão de suas capacidades de contenção.

Nesse ínterim, como reflexo do processo de intensificação da expropriação dos recursos minerais através do crescente emprego de avanços tecnológicos, pode-se apontar o curto horizonte temporal previsto para exaustão das minas brasileiras, que constantemente têm a sua previsão de exaustão encurtada. Observa-se, por exemplo, como aponta Padilha (2020), o início da exploração mineral em Carajás na década de 80, cuja estimativa era a de que os recursos minerais demorariam cerca de 500 anos para serem exauridos. Porém, hodiernamente a previsão de exaustão das minas paraenses da região de Carajás não ultrapassam três décadas, como é evidenciado na tabela subsequente.

**Tabela 21 – Ano de exaustão das principais reservas minerais de ferro, níquel, cobre e manganês exploradas pela Vale no Brasil.**

	Cidade/Região	Ano de Exaustão
Ferro	Itabira	2031
	Minas Centrais	2058
	Mariana	2038
	Vargem Grande	2089
	Paraopeba	2042
	Serra Norte (Carajás)	2037
	Serra Sul (Carajás)	2058
	Serra Leste (Carajás)	2048
Níquel	Onça Puma	2067
Cobre	Sossego	2028
	Salobo	2053
Manganês	Azul	2027
	Morro da Minas	2056

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no Relatório de Sustentabilidade da Vale (Vale, 2020). Disponível em: <https://vale.com/pt/comunicados-resultados-apresentacoes-e-relatorios>

A exaustão das reservas minerais brasileiras apresenta um potencial devastador não só pela impossibilidade da utilização transgeracional desses recursos, mas também pela relação de dependência que se estabelece nos municípios mineradores, que carecem de maior diversificação de formas de acumulação de capital, tornando mais difícil a manutenção da arrecadação e da atividade econômica após a exaustão das jazidas minerais. Visto que as substâncias minerais metálicas são consideradas riquezas não renováveis, em razão da escala de tempo geológica para a formação de suas reservas.

Como aponta Marx (2015), para além do trabalho se configurar como uma atividade teleológica orientada para produção de mercadorias no modo de produção capitalista, tendo como base a transformação da natureza em produtos do trabalho através da utilização de instrumentos e meios de produção, pode-se observar que o trabalho representa “um processo entre o homem e a natureza, um processo pelo qual o homem, através das suas próprias ações, medeia, regula e controla o metabolismo entre ele mesmo e a natureza” (Marx, 2015, p. 255). A princípio, o conceito de metabolismo social abarca as trocas materiais estabelecidas com a natureza através de um processo de trabalho socialmente determinado. As trocas materiais se estabelecem tanto do ponto de vista da utilização produtiva dos recursos naturais em crescente exaustão, quanto pelo excremento resultante da produção sociometabólica que se estabelece (Foster, 2005). Além disso, ainda de acordo com Foster (2005), o metabolismo social também abarca as condições impostas pela natureza, mesmo quando observado um crescente domínio do homem sob a natureza.

O modo de produção capitalista estabelece uma relação predatória para com o meio ambiente e os recursos ali disponíveis, de modo a comprometer a utilização transgeracional dos recursos naturais não renováveis, ao passo que as trocas materiais, que têm como orientação central a maximização dos lucros, caminham para uma ruptura metabólica em que são solapadas as fontes de riqueza que constituem a base para uma manutenção do sociometabolismo (Foster, 2005). Como aponta Mészáros (1989), o modo de produção capitalista apresenta uma tendência auto reprodutiva expansionista e de produção em massa, incapaz de se reproduzir a partir de uma base estacionária de crescimento. Para tanto, os processos produtivos “consomem destrutivamente imensos recursos materiais e humanos no curso de sua produção” (Mészáros, 2002, p. 18). Em determinado nível de desenvolvimento das forças produtivas, os meios de produção assumem um intenso potencial destrutivo ao possibilitarem uma vultosa dissipação de recursos, constituindo-se como forças destrutivas com a aplicação pervertida da ciência em favor do capital.

Por outro lado, a apropriação mais célere dos recursos naturais pelo processo de produção mineral também produz invariavelmente um maior volume de rejeitos, ocasionando em muitos impactos socioeconômicos com a utilização de barragens para seu tratamento. A construção dos aterros hidráulicos implica na inundações de grandes áreas, culminando na expulsão de moradores que habitam nas proximidades, como também na supressão da cobertura vegetal e destruição de ecossistemas, na radical modificação da paisagem, e ainda na inundações de áreas destinadas para agricultura e pecuária (Alves; Lima, 2022). Os danos socioeconômicos ganham ainda uma maior magnitude na ocorrência de falhas e rompimentos de barragens, como ocorreu com a Barragem de Fundão, em Mariana (MG), e com as Barragens I, IV e IVa, em Brumadinho (MG).

O rompimento da barragem de Fundão, causou a morte de 20 pessoas e desalojou centenas de moradores em virtude da destruição urbana. Além disso, o rompimento contaminou a bacia do Rio Doce, afetando a vida de milhões de pessoas que dependiam desse manancial para reproduzir a sua existência, causando ainda extremo desequilíbrio ecológico ao longo de todo o Vale do Rio Doce (BARCELOS et al., 2015). Ao menos 1.469 hectares de terras ficaram destruídos, incluindo áreas de preservação permanente e unidades de conservação. Entre os diretamente prejudicados estão pescadores, ribeirinhos, agricultores, assentados da reforma agrária e ainda trabalhadores envolvidos em atividades econômicas voltadas para o turismo. Para além dos impactos imediatos, também houve uma vultosa contaminação da bacia do Rio Doce com metais pesados que culminam na bioacumulação desses metais tóxicos na fauna, flora e potencialmente no organismo humano (Poemas, 2015).

Em janeiro de 2019 ocorreu o rompimento da Barragem I da Mina Córrego do Feijão, localizado no vale do Paraopeba, em Minas Gerais. Com isso, as barragens IV e IVa do mesmo complexo foram afetadas por meio do transbordamento do conteúdo das barragens e comprometimento da estrutura, aumentando ainda mais as proporções do crime socioambiental (Milanez *et al.*, 2019). Em pouco mais de três minutos, grande parte dos 11,7 milhões de metros cúbicos de lama se espalharam por aproximadamente 295 hectares, atingindo as áreas operacional e administrativa da mina, onde trabalhavam cerca de 600 empregados, entre próprios e terceiros (VALE, 2018). Cerca de 300 pessoas estão entre mortas e desaparecidas em decorrência do rompimento de barragens em Brumadinho. Além de milhares de atingidos que residem em territórios às margens da bacia do Rio Paraopeba, principalmente os trabalhadores que tinham as suas rendas vinculadas a atividades voltadas para o rio, o rompimento comprometeu a utilização do manancial, responsável pelo abastecimento de oito

municípios do Vale do Paraopeba. De acordo com o Instituto de Águas de Minas Gerais (IGAM), o rio também foi contaminado por distintos metais pesados, tais quais: níquel, chumbo, mercúrio, cádmio e zinco. A pesca, a produção de peixes, a agricultura local, o turismo e a produção de energia elétrica sofreram uma interrupção ou diminuição radical em suas práticas econômicas em virtude da poluição do rio (MAB, 2019).

A mineração inevitavelmente produz rejeitos e estéril, advindos da parcela de outros materiais não aproveitáveis economicamente presentes nas jazidas e do solo retirado para abertura da mina (Bowker; Chambers, 2015). Por um lado, os resíduos derivam diretamente do processo de valorização dos minérios, pois constituem a matéria a ser trabalhada que, por conseguinte, demanda o tempo de trabalho necessário para o seu tratamento. Como aponta Marx (2017, p. 129) sobre os processos produtivos, é possível apontar que em alguma medida todo e qualquer processo de produção está associado ao “excremento produzido pelo metabolismo natural do homem”. No caso da mineração, são os rejeitos e o estéril os excrementos da produção mineral. Esses resíduos do processo produtivo economicamente inexploráveis se caracterizam como custos do processo de produção após a dissociação do minério, configurando-se como custos do processo de produção e, conseqüentemente, impactam a taxa de lucro.

Existem diversas formas de exploração de minérios e tratamento de rejeitos mais seguras e menos prejudiciais ao meio ambiente como aponta Portes (2013), sendo as principais: disposição de rejeito filtrado, disposição de rejeito espessado, disposição em cava a céu aberto, disposição em cava subterrânea, codisposição e a disposição compartilhada. A utilização de barragens é o meio menos custoso e mais célere para expansão da capacidade de contenção (os aterros hidráulicos permitem sucessivas expansões da capacidade de contenção de rejeitos através dos métodos de alteamento) (Bowker; Chambers, 2015).

Atualmente existem 927 barragens de rejeito registradas na ANM, sendo que apenas 460 (49,62%) estão inseridas na política nacional de segurança de barragens (SIGBM, 2023)<sup>4</sup>. Como já apontado por (Milanez *et al.*, 2017), os aterros hidráulicos são o principal método de tratamento de rejeitos empregado nos processos produtivos da grande indústria mineradora brasileira. Das 927 barragens legalmente registradas, 94 estão presentes entre os dez municípios analisados neste estudo, número que corresponde a mais de 10,14% do total de barragens de rejeito instaladas no país. Além disso, nota-se que 75,53% (71) dessas 94 instalações

---

<sup>4</sup> Conferir no anexo III

apresentam um Dano Potencial Associado (DPA) alto, possuindo a classificação mais elevada para o dano potencial associado à operação dos aterros hidráulicos. Duas cidades se destacam pela presença de barragens em seus territórios: Nova Lima, que concentra o maior número de barragens, todas com um risco potencial associado alto; e Canaã dos Carajás, que apresenta apenas uma barragem em seu território, sobretudo em virtude do tratamento do rejeito ser feito à seco, em pilhas de estéril, como já salientado ao longo do texto.

**Tabela 22 – Barragens por dano potencial associado (DPA) nos municípios estudados em 2023**

<b>Cidades</b>	<b>DPA Alto</b>	<b>DPA Médio</b>	<b>DPA Baixo</b>	<b>Total</b>
Parauapebas	4	3	1	8
Canaã dos Carajás	1	0	0	1
Conceição do Mato Dentro	3	2	0	5
Itabirito	7	5	1	13
Mariana	10	1	1	12
São Gonçalo do Rio Abaixo	4	0	0	4
Itabira	14	0	1	15
Congonhas	5	3	0	8
Nova Lima	21	0	0	21
Marabá	2	5	0	7
<b>Total</b>	<b>71</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>94</b>

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no Sistema Integrado de Gestão de Barragens da Mineração da ANM. Disponível em: <https://app.anm.gov.br/sigbm/publico>

O Dano Potencial Associado é uma categorização proposta pela ANM que busca mensurar a magnitude dos danos associados a falhas e rompimentos de barragens, independentemente da probabilidade de ocorrência. O DPA é mensurado através de critérios que consideram o porte da barragem, a proximidade da população do aterro hidráulico e potenciais impactos socioeconômicos e ambientais; além disso, o DPA pode ser classificado como baixo, médio e alto. Dessa forma, as barragens registradas na ANM que possuem uma pontuação igual ou superior a 13 são consideradas de alto dano potencial associado, entre 8 e 12 pontos o aterro hidráulico é considerado de dano potencial médio associado e, por fim,

barragens com uma pontuação inferior ou igual a 7 pontos de DPA representam um baixo grau de dano associado. Os critérios de classificação podem ser conferidos na tabela abaixo.

**Tabela 23 – Classificação quanto ao dano potencial associado – DPA**

<b>Volume Total do Reservatório</b>	<b>Existência de população a Jusante</b>	<b>Impacto ambiental</b>	<b>Impacto socioeconômico</b>
<b>Muito Pequeno</b> $\leq 500$ mil m <sup>3</sup> (1 ponto)	<b>Inexistente</b> não existem pessoas permanentes/residentes ou temporárias/transitando na área afetada a jusante da barragem (0 pontos)	<b>Insignificante</b> área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos Classe II B – Inertes (0 pontos)	<b>Inexistente</b> não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem (0 pontos)
<b>Pequeno</b> 500 mil a 5 milhões m <sup>3</sup> (2 pontos)	<b>Pouco Frequente</b> não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3 pontos)	<b>Pouco Significativo</b> área afetada a jusante da barragem - (não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos Classe II B - Inertes) (2 pontos)	<b>Baixo</b> (existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância socioeconômica cultural na área afetada a jusante da barragem) (1 ponto)
<b>Médio</b> 5 milhões a 25 milhões m <sup>3</sup> (3 pontos)	<b>Frequente</b> não existem pessoas ocupando permanentemente a	<b>Significativo</b> área afetada a jusante da barragem apresenta área de	<b>Médio</b> (existe moderada concentração de

	<p>área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou estadual ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas)</p> <p>(5 pontos)</p>	<p>interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos Classe II B</p> <p>(6 pontos)</p>	<p>instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância socioeconômico cultural na área afetada a jusante da barragem)</p> <p>(3 pontos)</p>
<p><b>Grande</b></p> <p>25 milhões a 50 milhões m<sup>3</sup></p> <p>(4 pontos)</p>	<p><b>Existente</b></p> <p>existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas</p> <p>(10 pontos)</p>	<p><b>Muito Significativo</b></p> <p>barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe II A - Não Inertes</p> <p>(8 pontos)</p>	<p><b>Alto</b></p> <p>(existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância socioeconômico cultural na área afetada a jusante da barragem)</p> <p>(5 pontos)</p>
<p><b>Muito Grande</b></p> <p>≥ 50 milhões m<sup>3</sup></p> <p>(5 pontos)</p>		<p><b>Muito Significativo</b></p> <p><b>Agravado</b></p> <p>barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe I - Perigosos</p> <p>(10 pontos)</p>	

Fonte: Elaboração a partir da Resolução ANM N° 95, de fevereiro de 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/legislacao/resolucao-no-95-2022.pdf>

Como já apontado, para os dez municípios analisados é possível observar a presença de 94 barragens, sendo que 71 delas possuem um dano potencialmente associado alto no que concerne às suas operações. Por outro lado, pode-se observar que das 459 barragens registradas na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), 269 (58,61%) tratam-se de barragens com um alto dano potencial associado, 150 (32,68%) são aterros hidráulicos com um dano potencial associado médio e 40 (8,71%) barragens registradas no PNSB possuem um risco potencial associado baixo (SIGBM, 2023). De maneira geral, pode-se afirmar que um número muito incipiente de barragens apresenta um baixo dano potencial associado, sendo que a maioria delas está associada a um alto grau de dano potencial.

Por outro lado, além da mensuração dos danos potenciais associados a falhas e rompimentos, também é possível observar uma outra categorização proposta pela ANM muito importante para avaliar as condições de operação das barragens brasileiras: a categoria de risco (CRI). A CRI busca classificar a possibilidade de ocorrência de falhas, acidentes e rompimentos de barragens a partir de critérios que levam em consideração os aspectos técnicos do aterro, o método construtivo utilizado, o estado de conservação, a idade da barragem e o atendimento aos critérios para inclusão na política nacional de segurança em barragens. A CRI pode ser classificada como baixa, média e alta, de modo que quando as barragens são classificadas com uma categoria de risco alta é possível observar um nível de emergência associado a cada uma dessas barragens. O nível de emergência 1 aponta para a ocorrência de alguma anomalia estrutural na barragem que pode culminar num acidente; o nível 2 de emergência sugere a existência de uma anomalia estrutural momentaneamente incontrolável; por fim, o grau 3 de emergência está atrelado a aterros hidráulicos em que a ruptura é inevitável ou já está em processo de ocorrência, de modo que o risco, que se apresenta como um elemento potencial para classificar a ocorrência ou não de falhas com barragens, já se apresenta como um elemento que se efetivará em determinado momento. Os critérios de classificação podem ser conferidos no Anexo IV.

Como aponta o Sistema de Gestão de Segurança de Barragem de Mineração (SIGBM), referenciado no Anexo 3, existem 63 barragens no Brasil com um alto risco de rompimento associado, sendo 21 dessas pertencentes a Vale. Além disso, pode-se observar que a cidade que mais concentra barragens com categoria de risco alta é a cidade de Nova Lima, onde operam 6 barragens com CRI alto. Por fim, é preciso destacar que 6 dos 10 municípios analisados

apresentam barragens de CRI alta em seu território. Ademais, nota-se também que entre as 3 barragens que apresentam o grau 3 de CRI, o nível mais elevado de alerta e emergência, duas são de propriedade da Vale, sendo também de sua propriedade 5 dos 6 aterros hidráulicos com nível 2 de alerta e emergência.

**Tabela 24 – Características da Barragens de Alto Risco no Brasil**

<b>Empresa Proprietária</b>	<b>Barragem</b>	<b>Município</b>	<b>Categoria de Risco (CRI)</b>	<b>Dano Potencial Associado (DPA)</b>	<b>Nível de Alerta e Emergência<sup>1</sup></b>
Mineração Taboca	0-1	Presidente Figueiredo (AM)	Alta	Alto	1
Vale	5 (Mutuca)	Nova Lima (MG)	Alta	Alto	1
Vale	6	Nova Lima (MG)	Alta	Alto	1
Vale	7a	Nova Lima (MG)	Alta	Alto	1
Mineração Taboca	81-1	Presidente Figueiredo (AM)	Alta	Alto	1
Topázio Imperial Mineração	Água Fria	Ouro Preto (MG)	Alta	Alto	1
Vale	Azul	Parauapebas (PA)	Alta	Alto	1
Vale	B	Nova Lima (MG)	Alta	Alto	1
Vale	B3/B4	Nova Lima (MG)	Alta	Alto	1
Pará Pigmentos	Bacia de Controle Ambiental	Ipixuna do Pará (PA)	Alta	Alto	1
Samaca Ferros	Barragem 01	Maiquinique (BA)	Alta	Médio	2
Edmar Guerland de Queiroz	Barragem 01	Poconé (MT)	Alta	Médio	1
CSN	Barragem 02	Arcos (MG)	Alta	Alto	1
CSN	Barragem 03	Arcos (MG)	Alta	Alto	1
M. M. Gold Mineração	Barragem B1	Itaiatuba (PA)	Alta	Baixo	1
Emicon Mineração	Barragem B1A	Brumadinho (MG)	Alta	Alto	1
Minérios Nacional	Barragem B2 Auxiliar	Rio Acima (MG)	Alta	Alto	1
M. M. Gold Mineração	Barragem B3	Itaiatuba (PA)	Alta	Médio	1
M. M. Gold Mineração	Barragem B5	Itaiatuba (PA)	Alta	Médio	1
Mineração FL Jotas	Barragem Bacia de Decantação 03	Esmeraldas (MG)	Alta	Baixo	1

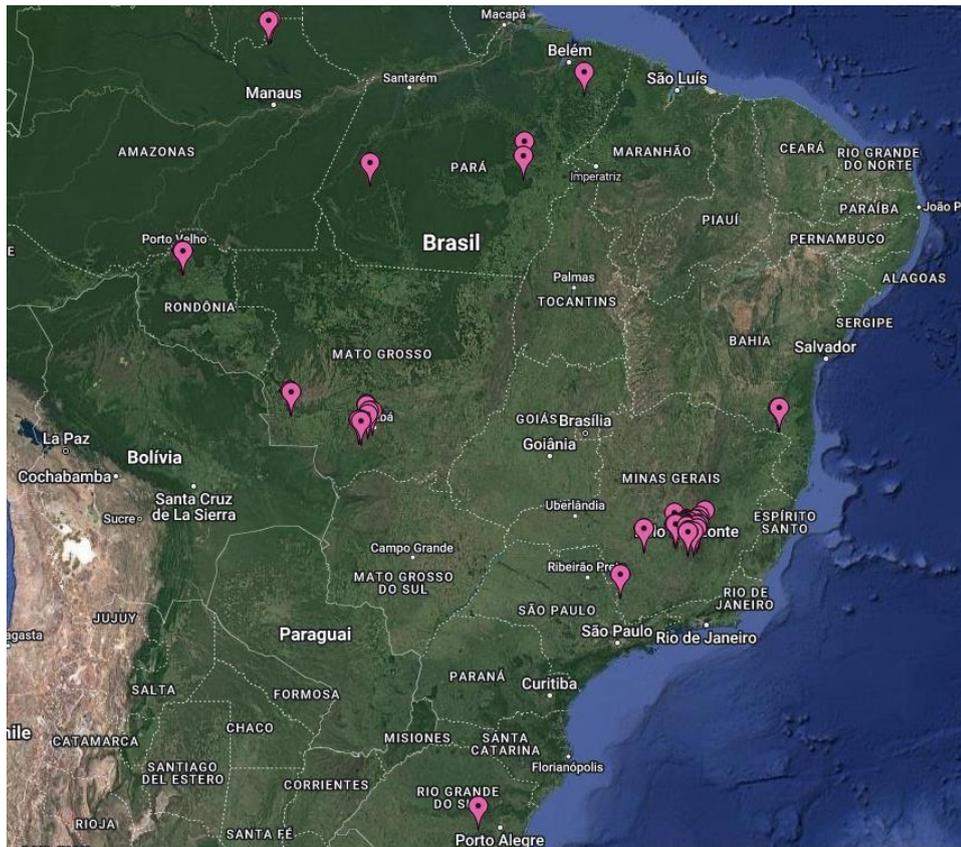
Indústrias Nucleares do Brasil	Barragem D4	Caldas (MG)	Alta	Alto	1
Normas Arges Oliva	Barragem de Mineração	Poconé (MT)	Alta	Alto	1
Arcelormitta I Brasil	Barragem de Rejeitos	Itatiaiuçu (MG)	Alta	Alto	3
Indústrias Nucleares do Brasil	Barragem de Rejeitos - BAR	Caldas (MG)	Alta	Alto	1
Sérgio da Silva	Barragem do Serginho	Nossa Senhora do Livramento (MG)	Alta	Médio	1
Massa Falida de Mundo Mineração	Barragem II Mina Engenho	Rio Acima (MG)	Alta	Alto	1
Massa Falida de Mundo Mineração	Barragem Mina Engenho	Rio Acima (MG)	Alta	Alto	1
Emicon Mineração	Barragem Quéias	Brumadinho (MG)	Alta	Alto	1
COOPERSA NTA	Belíssima	Ariquemes (RO)	Alta	Médio	1
José Maria Otávio Martins Duarte	BR BRASÃO	Nossa Senhora do Livramento (RO)	Alto	Médio	1
Vale	Campo Grande	Mariana (MG)	Alta	Alto	1
AngloGold Ashanti	Contenção de Rejeitos CDS II	Santa Bárbara (MG)	Alta	Alto	1
Vale	Dicão Leste	Mariana (MG)	Alta	Alto	1
Mineração Comisa	Dique 01	Brumadinho (MG)	Alta	Médio	1
Mineração Comisa	Dique 02	Brumadinho (MG)	Alta	Médio	1
Emicon Mineração	Dique B4	Brumadinho (MG)	Alta	Alto	1
Vale	Dique de Pedra	Ouro Preto (MG)	Alta	Médio	2
Buritirama Mineração	Dique do Grotão	Marabá (PA)	Alta	Médio	1
Vale	Doutor	Ouro Preto (MG)	Alta	Alto	1
Vale	Forquilha I	Ouro Preto (MG)	Alta	Alto	2
Vale	Forquilha II	Ouro Preto (MG)	Alta	Alto	2
Vale	Forquilha III	Ouro Preto (MG)	Alta	Alto	3
Marcos José Martins Fernandes	Fortuna	Pontes e Lacerda (MT)	Alta	Alto	1
Vale	Grupo	Ouro Preto (MG)	Alta	Alto	2

COOPERSA NTA	Jacaré Inferior	Ariquemes (RO)	Alta	Alto	1
COOPERSA NTA	Jacaré Médio	Ariquemes (RO)	Alta	Alto	1
COOPERSA NTA	Jacaré Superior	Ariquemes (RO)	Alta	Alto	1
Vale	Maravilhas II	Itabirito (MG)	Alta	Alto	1
Diego Sérgio de Oliveira Almeida	Neta	Nossa Senhora do Livramento (MT)	Alta	Médio	1
Vale	Norte/Laranjeira	Barão de Cocais (MG)	Alta	Alto	1
CRM	P1-1	Minas do Leão (RS)	Alta	Médio	1
Vale	Peneirinha	Nova Lima (MG)	Alta	Alta	1
Vale	Pontal	Itabira (MG)	Alta	Alta	1
COOPERM ETAL	Sr. Pedrinho	Pontes e Lacerda (MT)	Alta	Baixo	1
Vale	Sul Superior	Barão de Cocais (MG)	Alta	Alto	3
Estancia Sesmaria Bom Jardim	T G de Souza	Nossa Senhora do Livramento (MT)	Alta	Alto	1
Vale	Vargem Grande	Nova Lima (MG)	Alta	Alto	1
Vale	Xingu	Mariana (MG)	Alta	Alto	2

Fonte: Elaboração própria a partido do SIGBM – Sistema de Gestão de Segurança de Barragem de Mineração. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/acesso-a-sistemas/sistema-integrado-de-gestao-de-barragens-de-mineracao-sigbm-versao-minerador> .Acessado em 07 de dezembro de 2023.

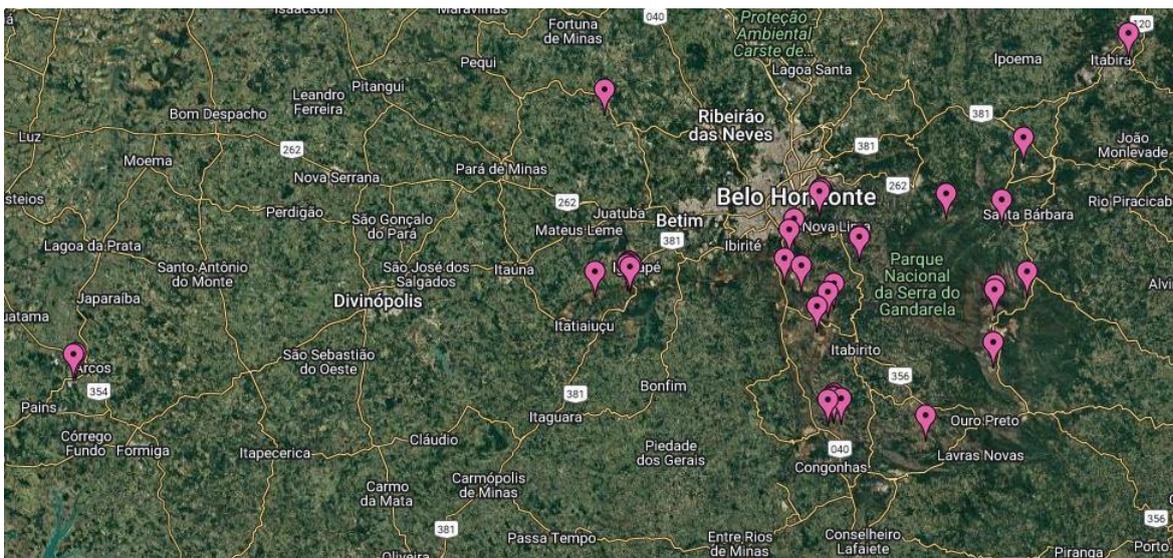
Nesse ínterim, o panorama contemporâneo do tratamento de rejeitos no Brasil toma contornos dramáticos pelo vultoso número de barragens de rejeitos presentes em território nacional que possuem um alto dano potencial associado e também que apresentam uma alta categoria de risco no que concerne às falhas, acidentes e rupturas. Além disso, torna-se evidente que apenas 15 das 63 barragens acima listadas, que possuem uma alta categoria de risco, não possuem um DPA alto. Pode-se notar também que a maior parte das barragens com CRI alto se concentram especialmente no Estado de Minas Gerais (39 barragens), como é possível observar nas figuras 5 e 6.

**Figura 5 – Mapa das barragens com Categoria de Risco Alta no Brasil em 2022**



Fonte: Elaboração própria a partir de Sistema de Gestão de Segurança de Barragem de Mineração (SIGBM). Disponível em: <https://app.anm.gov.br/SIGBM/Publico/Mapa>

**Figura 6 - Mapa das barragens com Categoria de Risco Alta em Minas Gerais em 2022**



Fonte: Elaboração própria a partir de Sistema de Gestão de Segurança de Barragem de Mineração (SIGBM).

Disponível em: <https://app.anm.gov.br/SIGBM/Publico/Mapa>

Para além da vultosa numerosidade de barragens nas cidades estudadas, do alto dano potencial associado às barragens brasileiras e da substancial quantidade de aterros hidráulicos com uma alta categoria de risco, o contexto do tratamento de rejeitos da exploração mineral industrial brasileira na hodiernidade se agrava pelo fato de que, ao longo do século XXI, o Brasil não só foi o país que mais acumulou acidentes e falhas envolvendo barragens ao longo do século (até 2022), como também é o país em que ocorrem mais falhas, acidentes e rompimentos considerados sérios ou muito sérios. Tais dados foram levantados a partir da base de dados “Tailings Dam Failures from 1915”, que é a base mais abrangente no que concerne ao mapeamento e diagnóstico do rompimento e de falhas com barragens em todo o mundo. A base foi construída e é atualizada anualmente pelo Center for Science in Public Participation, organização sem fins lucrativos voltada para prestação de assistência técnica e científica no que concerne a mineração e qualidade dos recursos hídricos.

Para além do mapeamento dos rompimentos de barragem, a base categoriza os incidentes com barragens em quatro níveis: i) falhas muito graves em barragens de rejeito (grau 1 de severidade), tratam-se de acidentes com barragens que causaram múltiplas mortes e/ou liberação de mais de 1.000.000 de m<sup>3</sup> de rejeitos e/ou casos em que o rejeito percorre mais de 20km; ii) falhas graves em barragens de rejeito (grau 2 de severidade), tratam-se de acidentes com barragens em que ocorre perda de vida humana e/ou liberação de mais de 100.000 m<sup>3</sup> de rejeito; iii) outras falhas em barragens (grau 3 de severidade), tratam-se de falhas de engenharia ou nas instalações da barragem de modo a não serem classificadas como sérias ou muito sérias; e, por fim, iv) acidentes relacionados com rejeitos (grau 4 de severidade), tratam-se de falhas em instalações relacionadas com a barragem indiretamente, como os vazamentos de minerodutos.

**Tabela 25 – Rompimentos de barragens por país e grau de severidade ao longo do século XXI (entre 2000 e 2022)**

País	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Total	Total grau 1 e 2
Brasil	4	5	3	1	13	9
EUA	2	3	6	1	12	5
China	6	1	3	1	11	7
Canadá	1	3	4	0	8	4
Chile	0	2	6	0	8	2

Índia	2	0	3	0	5	2
Peru	0	2	2	1	5	2
Myanmar	0	0	0	4	4	0
Austrália	1	0	2	1	4	1

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base de dados Tailings Dam Failures from 1915.

Disponível em: <https://www.csp2.org/tsf-failures-from-1915>

De maneira mais ampla, pode-se observar que as falhas e acidentes com aterros hidráulicos ocorreram em 37 países diferentes ao longo do século XXI, durante o qual um total de 111 falhas de barragens foram registradas até o ano de 2022, sendo 50 destas falhas categorizadas como sérias ou muito sérias, cerca de 45,05% do total de rompimentos. Apenas nos 9 países listados, dentre os 37 presentes nos dados coletados, ocorreram 70 (63,06%) dos 111 rompimentos catalogados para esse século, ao passo que nesses países estão concentrados 32 (64%) dos 50 rompimentos de barragens considerados sérios ou muito sérios. Torna-se importante evidenciar que o Brasil lidera não só o número de registros de falhas gerais em barragens em todo mundo, como também foi o país em que houve uma maior incidência de falhas de barragens mais severas, consideradas sérias ou muito sérias.

No Brasil, apesar de dois rompimentos (em Mariana e Brumadinho) estarem muito vivos no ideário popular em virtude da magnitude dos rompimentos de barragem, é preciso evidenciar os demais acidentes e falhas com barragens que, muitas vezes, podem passar despercebidas. Somente em solo brasileiro ocorreram 13 (11,71% do total de rompimentos do período) acidentes com barragem, sendo que 9 dessas falhas foram consideradas sérias ou muito sérias (18% do total de falhas sérias ou muito sérias registradas no mundo). Todos os casos de falhas, acidentes e rompimentos de barragens no Brasil podem ser analisados na tabela subsequente.

**Tabela 26 – Rompimentos de Barragens no Brasil ao longo do século XXI até o ano de 2022**

Barragem, Mina ou Empresa Responsável	Cidade	Grau de Severidade	Ano
Mina do Pau Branco	Nova Lima (MG)	2	2022
Aurizona mine	Godofredo Viana (MA)	4	2021

VM Mineração	Nossa Senhora do Livramento (MT)	3	2019
Metalmig Mineração Indústria e Comércio S/A	Machadinho D'Oeste (RO)	2	2019
Mina do Córrego do Feijão	Brumadinho (MG)	1	2019
Hydro Alunorte	Barcarena (PA)	3	2018
Barragem de Fundão	Mariana (MG)	1	2015
Herculano Iron Mine	Itabirito (MG)	2	2014
Mineração Serra Grande	Crixás (GO)	3	2012
Mineracao Rio Pomba Cataguases	Muriaé (MG)	1	2007
Mineracao Rio Pomba Cataguases	Muriaé (MG)	2	2006
Mineracao Rio Pomba Cataguases	Muriaé (MG)	1	2003
Mineração Rio Verde	Nova Lima (MG)	2	2001

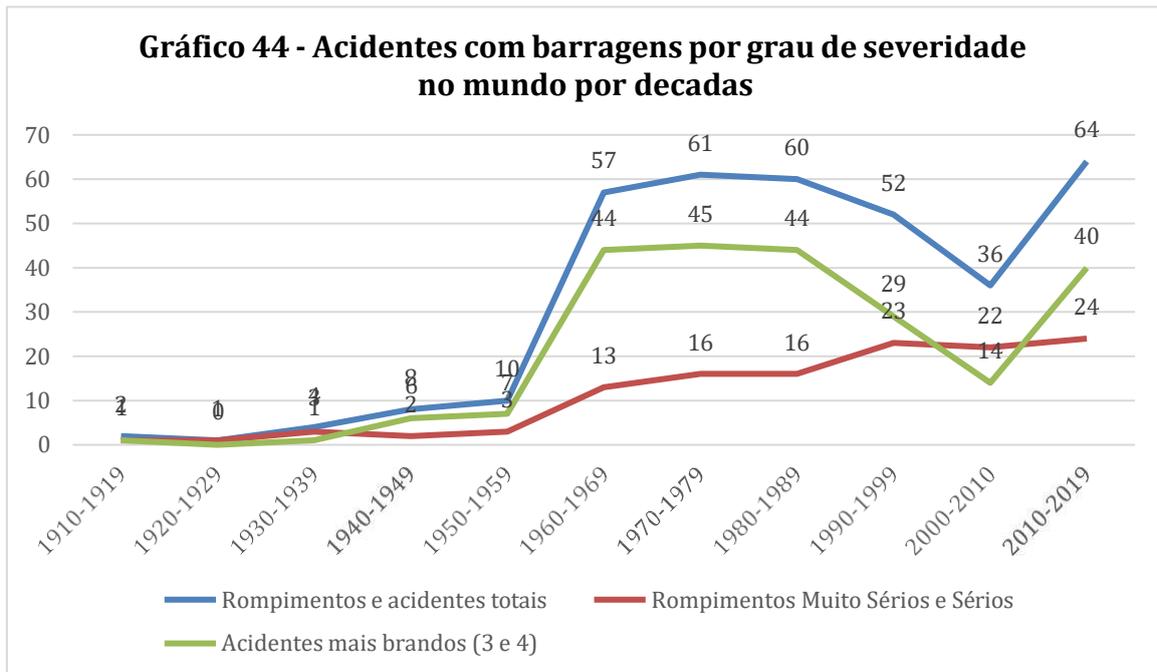
Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base de dados Tailings Dam Failures from 1915.

Disponível em: <https://www.csp2.org/tsf-failures-from-1915>

A princípio, chama atenção o fato de que houve ocorrências de falhas e rompimentos de barragem em 3 cidades que são alvo da presente investigação: Mariana, Itabirito e Nova Lima. Além disso, é preciso apontar que apenas na cidade de Nova Lima — o município com maior número de barragens entre as analisadas (todas com alto DPA) — ocorreram dois rompimentos. Ademais, é possível observar que os casos de falhas e acidentes em barragens se intensificaram no Brasil a partir da segunda década do século XXI e também que, notavelmente, os acidentes com barragens ocorreram majoritariamente no Estado de Minas Gerais.

De maneira global, é possível observar que ocorre um pujante crescimento dos acidentes e falhas com barragens no mundo nas décadas de 50 e 60. A frequência de acidentes e falhas de barragens no globo permanece razoavelmente constante entre o intervalo de 1970 a 1990 e, posteriormente, observa-se uma tendência de queda constante do número total de acidentes com

barragens — sobretudo em decorrência da diminuição do número de incidentes mais brandos (classificados com grau de severidade 3 ou 4) — que somente se mantém em queda até a primeira década do século. Entre 2010 e 2019 o mundo vê um retorno do aumento do número de acidentes com aterros hidráulicos mais brandos. Torna-se indispensável destacar que há uma tendência constante de crescimento da frequência de acidentes e falhas sérios ou muito sérios ao longo dos anos a partir da década de 40, mas sobretudo nas décadas mais recentes.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base de dados Tailings Dam Failures from 1915. Disponível em: <https://www.csp2.org/tsf-failures-from-1915>

A diferença entre as curvas de rompimentos e acidentes totais e a curva de acidentes mais brandos, que aumenta ao longo do tempo, corresponde ao número de falhas e rupturas sérias ou muito sérias, que têm um aumento constante ao longo do tempo. Além disso, analisando comparativamente os dados acerca dos rompimentos de barragem, pode-se observar que a média anual dos três últimos anos catalogados pela base (2020 a 2022), considerado como a média anual momentânea de rompimentos anuais para década, apontam que nessa última década há uma tendência de aumento do número médio de rompimentos de barragens anuais, de modo que se trata da maior média anual registrada em todas as décadas, com 7 acidentes envolvendo barragens por ano.

**Tabela 27 – Média Anual de Acidentes e Falhas com Barragens por décadas ao longo do tempo décadas em todo mundo.**

	Número Total de Acidentes por Década	Média Anual
2020-2022	21	7
2010-2019	64	6,4
2000-2009	36	3,6
1990-1999	52	5,2
1980-1989	60	6
1970-1979	61	6,1
1960-1969	57	5,7
1950-1959	10	0
1940-1949	8	0,8
1930-1939	4	0,4
1920-1929	1	0,1
1915-1920	2	0,4
Total	376	Não se aplica

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base de dados Tailings Dam Failures from 1915.

Disponível em: <https://www.csp2.org/tsf-failures-from-1915>

Como foi evidenciado pelo Gráfico 44 e pela Tabela 27, há um aumento médio anual das falhas com barragens entre as décadas, aliado a uma forte tendência de aumento nos acidentes de barragens sérios ou muito sérios, visto que mesmo os rompimentos mais brandos passaram por um aumento expressivo na última década (2010-2019). Entretanto, o crescimento expressivo dos rompimentos sérios e muitos sérios no século XXI se distribuiu desigualmente entre os países mineradores. Como é possível observar, cerca de 66,6 % dos acidentes sérios ou muito sérios com barragens ocorreram em regiões que não compõem os países centrais do capitalismo mundial, tal como pode ser constatado por meio da Tabela 28.

**Tabela 28 – Número de acidentes e falhas com barragens de rejeitos consideradas sérias ou muito sérias no século XXI por regiões continentais**

América do Sul/ Central	Ásia	América do Norte	Europa	África	Oceania
14	14	9	8	4	1

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base de dados Tailings Dam Failures from 1915.

Disponível em: <https://www.csp2.org/tsf-failures-from-1915>

Os danos socioeconômicos e ambientais associados ao rompimento de barragens são desigualmente distribuídos no globo entre os países centrais e periféricos do capitalismo. Para

além dos rompimentos, os países mineradores estão constantemente sob o risco de potenciais rompimentos de barragens. Apesar das falhas com barragens ocorrerem com considerável frequência em países desenvolvidos (como EUA, Canadá e Austrália), é indispensável apontar que a maior parte dos rompimentos de barragens considerados sérios ou muito sérios se concentram em países da periferia do capitalismo.

Diferentemente do que aponta a literatura (Carmo *et al.*, 2017), que caracteriza os rompimentos de barragens como falhas tecnológicas do processo produtivo ou que busca atribuir unicamente ao Estado a responsabilidade pelos rompimentos de barragem em virtude da falta de fiscalização, observa-se que a necessidade de aumento da capacidade de contenção de rejeitos para expansão da produção é o principal motivo para o aumento dos acidentes com barragens considerados sérios ou muito sérios. O rompimento de barragens é a expressão da intensificação do processo de acumulação de capital durante o período em que os preços dos minérios estão elevados. Como aponta Calazans (2019, p. 45), “percebe-se que a velocidade de alteamento da barragem se constitui como momento predominante que, em relações de determinação com uma série de causas outras, é impulsionado pela necessidade de reduzir os custos inerentes ao processo produtivo para possibilitar uma maior lucratividade”.

Desse modo, é possível observar que o rompimento de barragens está associado sobretudo à expansão das atividades produtivas e à manutenção da taxa de lucratividade das mineradoras. De modo que se possibilita, por meio da utilização de barragens de rejeitos, a produção de uma mercadoria mineral com um custo menor que, por conseguinte, se torna uma mercadoria mais competitiva no mercado internacional de substâncias minerais metálicas em termos de preço e competição intrafirmas capitalistas (Calazans, 2019). Como já aponta Mészáros (1989, p.27-28), independentemente da periculosidade, da nocividade e dos riscos imanentes a determinadas partes do processo de produção, o determinante central para a adoção de determinados meios de produção ou métodos produtivos é a necessidade de maximização dos lucros, já que no modo de produção capitalista a tecnologia e a ciência não são utilizadas com o objetivo de propiciar genuinamente o desenvolvimento das potencialidades do gênero humano:

“A determinação operativa onipresente no sistema do capital é e continua sendo o imperativo da lucratividade. É isto que deve sobrepujar todas as outras considerações, quaisquer que sejam as implicações. Neste sentido, qualquer coisa que assegure a contínua lucratividade da empresa particular, *ipso facto* também a qualifica para ser considerada como um empreendimento economicamente viável. Consequentemente, não importa quão absurdamente dissipador possa ser um procedimento produtivo particular, contanto que seu produto possa ser lucrativamente imposto no mercado, ele deve ser saudado como manifestação correta e apropriada da economia capitalista”

Dessa forma, a utilização de barragens se configura como a “escolha apropriada da economia capitalista” para o tratamento e contenção de rejeitos do processo produtivo mineral industrial. Além disso, pode-se observar que os principais crimes cometidos pela grande indústria mineradora no que concerne ao rompimento de barragens se objetivaram em decorrência da inação da empresa para com a segurança e a manutenção de barragens e também em virtude das sucessivas expansões da capacidade de contenção de rejeitos. Com a alta nos preços durante o *boom* das commodities e a necessidade de atender a uma maior demanda internacional em virtude do processo de industrialização chinês, ocorreu a expansão da fronteira minerária para regiões de jazidas de menor concentração de minério, que passaram a ser alternativas lucrativas para exploração mineral com o aumento dos preços (Saes, 2017). Por conseguinte, nessas jazidas há uma maior geração de rejeitos em virtude da menor concentração mineral e, conseqüentemente, torna-se necessária a expansão e a construção de barragens cada vez maiores, que utilizam cada vez mais água para o manejo do rejeito e do estéril (Saes, 2017).

A barragem de fundão começou a ser construída em 2005, época em que o preço do minério de ferro começou a se valorizar timidamente. O término da obra ocorreu em 2008, quando a barragem entrou em atividade, e o preço do minério se via em um patamar mais elevado. O EIA (Estudo de Impacto Ambiental) da barragem de fundão possuía sérias defasagens, o relatório declarava como improvável o rompimento (escala mais baixa de classificação) e, além disso, as áreas atingidas pela tragédia-crime foram muito além das previstas pelo relatório. O rompimento da barragem ocorreu no dia 5 de novembro de 2015, na fase mais recessiva do ciclo de preços. Durante o ocorrido, a barragem passava por um processo de alteamento, com intuito de expandir a capacidade de deposição de rejeitos e estéril (Poemas, 2015).

Várias falhas e problemas foram sinalizados à empresa antes mesmo do rompimento, tais quais: insuficiência de piezômetros, equipamentos danificados, rachaduras, erosão interna da barragem, vazamentos, dentre outros problemas estruturais inerentes ao projeto construtivo (Zonta; Troncate, 2016). A barragem era expandida através do método de alteamento a montante, que é o método mais perigoso de alteamento. Na figura abaixo, pode-se observar os sucessivos problemas e comprometimentos da estrutura da Barragem de Fundão desde que entrou em funcionamento, de modo que já em 2014 os laudos técnicos apontavam que o limite do alteamento da barragem havia sido atingido.

**Figura 7 - Cronologia da barragem de Fundão**

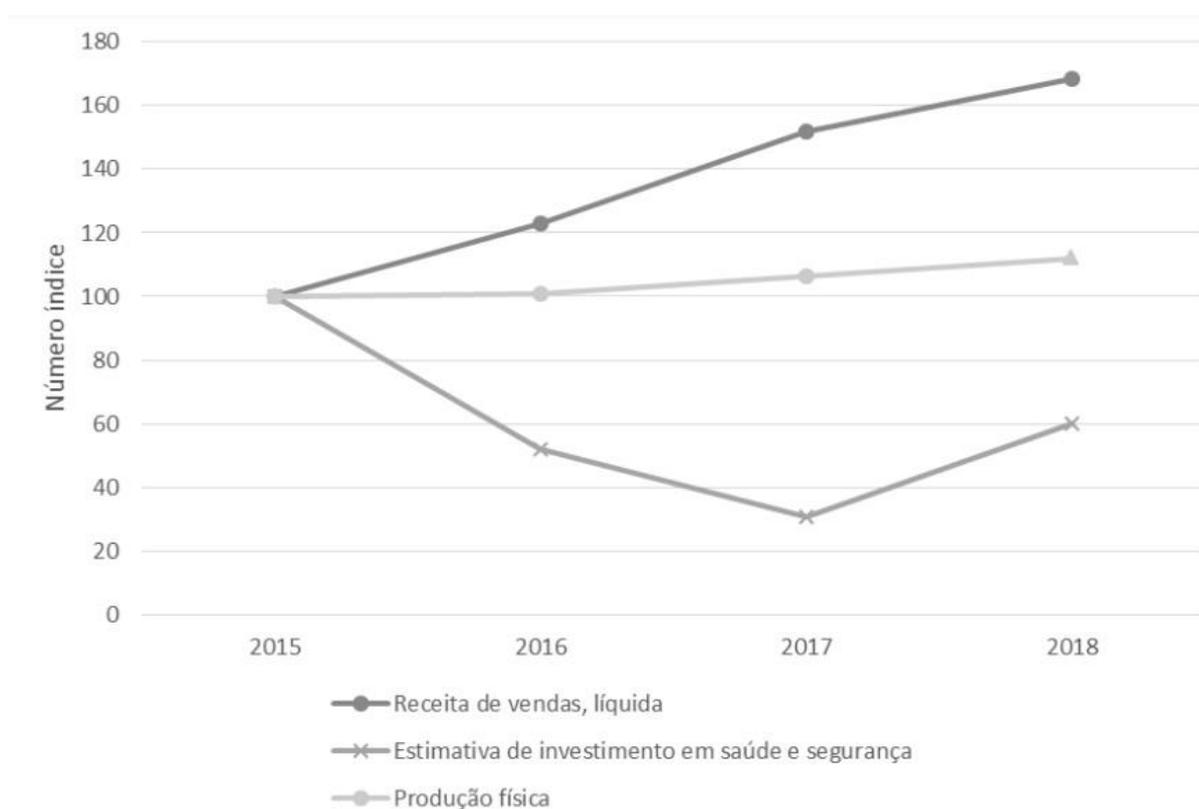
Ano	Evento
2009	Início da operação da barragem com lançamento de rejeitos arenosos.
	Incidente de <i>pipping</i> : ocorrência de surgências (brotamento) de material fino no talude acima do dreno principal, caracterizando erosão interna. Barragem inoperante.
	Acionado o Plano de Ação de Emergência e ações de engenharia foram implementadas. Investigação concluiu que houve grandes falhas na construção dos drenos do fundo e nos filtros, o que fez aumentar a pressão da água dentro da barragem. Barragem inoperante.
2010	Conclusão dos reparos na estrutura da barragem. Reinício das operações.
2011 - 2012	Foram observados critérios de operação não-segura (largura da praia).
2012 - 2014	Problemas com galerias de drenagem e nova análise consideraram que a capacidade máxima de segurança já havia sido superada em 10m, não podendo mais haver alteamentos na estrutura da barragem.
2013	Surgências, saturação e trincas surgiram em vários locais da barragem.
2014	Ocorrência de um incidente com o talude, apresentando trincas e saturação. Foram realizadas obras de estabilização.
2015	Testemunhas e documentos apresentaram a ocorrência de duas detonações na mina e dois abalos sísmicos 2 horas antes do rompimento.
	Rompimento da barragem.

Fonte: Leite *et al.*, 2017.

O momento que precede o rompimento da barragem tem como cenário a postura de inação e negligência para a manutenção da barragem, caracterizada pelos numerosos problemas estruturais e expansões da capacidade de contenção de rejeitos. A completa inação da Vale também pode ser observada no rompimento da Barragem I da mina do Complexo Córrego do Feijão, em Brumadinho. O complexo minerador possuía a cava Córrego do Feijão, três usinas de beneficiamento, cinco pilhas de estéril, um pátio de armazenamento e logística e seis barragens. A mina já se aproximava da sua exaustão e continha jazidas de minério de ferro de baixíssima qualidade, com grande concentração de impurezas e, por conseguinte, com uma alta taxa de geração de rejeito e estéril. A primeira barragem a se romper em Brumadinho foi a Barragem I, estrutura construída em 1976, de propriedade da Ferteco Mineração, posteriormente adquirida pela Vale. Quando entrou em operação a barragem possuía 18 metros de altura, e passou por sucessivos processos de alteamentos a montante — dez ao longo do tempo — e a altura máxima da barragem chegou a 86 metros (Brandt Meio Ambiente, 2014).

A empresa de auditoria alemã Tuv Sud foi contratada para fazer a auditoria das barragens no complexo minerário localizado na cidade de Brumadinho. Em relatório publicado em março de 2018, a empresa relatou diversos problemas que comprometiam a segurança e a estabilidade da barragem, sendo eles: dez piezômetros estavam quebrados, havia ocorrência de trincas, a extensão da praia de rejeito era pequena, faltavam documentos estruturais acerca da construção da barragem, além da ausência de informações acerca do risco de liquefação e, ainda, havia indícios de erosão interna da barragem I (TUV SUD, 2018). Além da já evidenciada negligência com relação ao monitoramento e à manutenção das duas barragens, como aponta Milanez *et al.* (2019), entre 2015 e 2018, período de intervalo entre o rompimento das duas barragens, houve uma diminuição nos gastos com segurança de barragens e saúde o trabalhador.

**Figura 8 - Receita de vendas, produção física e estimativa de investimento em saúde do e segurança do trabalho na Vale.**



Fonte: Milanez *et al.*, 2019

Como salienta Marx, “nos ramos industriais em que a produção pode ser aumentada rapidamente, manufatura propriamente dita, mineração etc., o aumento dos preços provoca

súbita expansão, à qual logo se segue o colapso” (MARX, 2014, p. 411). É justamente a célere expansão da capacidade produtiva para auferir o máximo de lucro durante o período de ascensão dos preços que demanda barragens cada vez maiores, e, conseqüentemente, a expansão das barragens já existentes, sendo esse o movimento precedente dos crimes socioambientais objetivados nos rompimentos das barragens de Fundão e da Barragem I do complexo do córrego do feijão (Calazans, 2019).

Alguns estudos sugerem ainda que o rompimento de barragens está também associado a quedas no ciclo de preços internacionais do minério, que ocorrem quando os preços se reverterem para fases recessivas e a arrecadação das empresas se reduz. Neste contexto, surgem sérias conseqüências para a segurança e continuidade da escala produtiva; de acordo com a hipótese levantada por Davies e Martins (2009), existe uma correlação positiva entre as fases recessivas dos ciclos de preços de minério e o aumento do rompimento de barragens de rejeito, visto que a diminuição do preço dos minérios provoca um conseqüente rebaixamento da taxa lucro e, por conseguinte, também há uma redução da estrutura de custos dos empreendimentos mineradores para a manutenção da lucratividade.

Como observam Davies e Martins (2009), muitas exigências e obstáculos são retirados para que a atividade exploratória mineral possa começar rapidamente: em primeiro lugar, há certa celeridade para obtenção das licenças necessárias para operar com vistas a auferir uma maior lucratividade no período de alta de preços, fazendo com que a implementação de barragens priorize a rapidez do processo de expansão da capacidade produtiva. Os estudos realizados sobre o impacto das barragens são pouco profundos e frequentemente subestimam os danos socioambientais da futura exploração mineral. Observa-se a vasta utilização de tecnologias inapropriadas nesses estudos, ao passo que ocorre a expansão da fronteira minerária para regiões de risco, próximas a populações e áreas de preservação permanente. Também é relevante sinalizar que a pressão feita pelas mineradoras sobre as agências ambientais, que apresentam insuficiência técnica e de quadro de profissionais, para a aprovação das licenças de exploração também é um fator determinante para a objetivação das rupturas de barragens.

Além disso, durante o *boom* de preços, é comum a valorização dos salários de profissionais especializados no setor de engenharia do ramo mineral, encarecendo, dessa forma, a mercadoria básica necessária ao processo de produção: a força de trabalho. Já no período de descendência dos preços do minério, surge a necessidade da incorporação de mão de obra de baixa qualificação e de sobrecarga dos profissionais qualificados. Ademais, outro fator importante é a intensificação da produção e do processo de trabalho nas fases recessivas dos

preços de minério, que busca reduzir os custos produtivos por meio de um aumento da escala produtiva —visto que a produção industrial extrativa mineral se trata de uma produção em economia de escala — e, com isso, ocorre a incontornável ampliação da capacidade de contenção de rejeitos dos aterros hidráulicos (Davies; Martins, 2009).

É evidente que a utilização de barragens somente ocorre por conta da concorrência de preço dos minérios entre as empresas capitalistas no mercado internacional, e para a manutenção da lucratividade em decorrência dessa concorrência. Os aterros hidráulicos são utilizados unicamente com o objetivo de produzir uma mercadoria final mais barata no mercado internacional, já que a produção mineral invariavelmente gerará custos produtivos inerentes ao tratamento do rejeito e do estéril (Chambers; Higman, 2011). Deste modo, os acidentes e rompimentos de barragens ocorridos no Brasil não são casos isolados, mas expressões da destrutividade que as forças produtivas empregadas no setor extrativo mineral assumem no modo de produção capitalista no capitalismo dependente brasileiro, em que a incipiente luta de classes não possibilita enfrentamentos suficientes para coibir a utilização de métodos de exploração mineral predatórios.

Como apontam Foster (2005) e Mészáros (1989), no modo de produção capitalista o sociometabolismo possui tendência expansiva e se realiza em função das necessidades de produção e reprodução do capital. Por conseguinte, no capitalismo as relações de produção se baseiam na produção de mais-valor, por meio da violenta expropriação de trabalho não pago, da intensificação do processo de acumulação de capital, em conjunto com a incorporação de avanços tecnológicos e técnicas de gestão, de modo a resultar também na exploração predatória de recursos naturais, que impossibilita a utilização transgeracional dos recursos minerais ao passo os rejeitos são tratados de forma a constantemente ameaçar a vida em sociedade e o equilíbrio metabólico.

Desta forma, evidencia-se através do exposto na presente seção que os rompimentos e a utilização de barragens são produtos da forma pela qual o modo capitalista produz a partir da grande indústria mineradora no Brasil. A utilização da tecnologia não se realiza objetivando o progresso e desenvolvimento das potencialidades do gênero humano, mas se realiza unicamente para intensificação do processo de acumulação de capital, ao serem utilizadas como base necessária para a manutenção da lucratividade das empresas minerais e para a produção de uma mercadoria competitiva no mercado internacional. Muitos são os danos socioeconômicos associados tanto ao rompimento de barragens quanto à utilização desse tipo de método para a contenção de rejeitos, como foi explicitado ao longo do capítulo. Ademais, o curto horizonte

de tempo previsto para exaustão das principais jazidas minerais brasileiras aponta para um esgotamento muito breve das jazidas.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor extrativo industrial de substâncias minerais metálicas possui relevância notável no desenvolvimento socioeconômico e histórico brasileiro, enquanto constitui, contemporaneamente, um dos eixos centrais de acumulação capitalista no país. Tal segmento produtivo atravessou um intenso processo de concentração e centralização de capital, sobretudo a partir do fim do século XX e de meados do século XXI, com a elevação generalizada nos preços internacionais dos minérios, que têm, no Brasil, como principal destino, a exportação.

Apesar das empresas mineradoras operantes em solo nacional serem responsáveis por uma grande parcela da produção mineral em nível global, pode-se constatar que os processos produtivos mineradores se realizam a partir de tecnologias ultrapassadas, ainda que se observe uma crescente incorporação de avanços tecnológicos nos processos produtivos. Como discutido, empresas que operam no Canadá e na Austrália, tais como BHP, Rio Tinto, Fortescue Metals Group e Teck Resources, possuem uma utilização mais intensa de tecnologias de automação e modernização dos processos produtivos minerais.

Em paralelo, a vultosa produção mineral que se realiza em território nacional culmina em implicações socioeconômicas devastadoras nos territórios em que se realizam as atividades de lavra e de beneficiamento das jazidas. Os principais resultados encontrados na pesquisa, a partir do estudo dos processos de produção minerais e dos dados coletados, apontam para três dimensões centrais de implicações socioeconômicas advindas da produção mineral nos territórios estudados.

A princípio, observou-se, nos municípios que mais se destacaram pela produção mineral no ano de 2023, uma relação de dependência econômica para com a produção extrativa mineral. A atividade mineradora industrial vem crescentemente aumentando sua participação na produção interna desses municípios, solapando e dificultando, ali, outras formas de acumulação de capital. Diante da alta demanda por território e recursos hídricos por parte desse setor, atividades econômicas como a pecuária e a agricultura são notadamente subtraídas da produção local.

A dependência econômica se vê também presente na arrecadação municipal, que possui suas variações atreladas à arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração Mineral. A fonte de arrecadação dos municípios estudados é, em grande medida, composta por tributações inerentes à produção mineral e a serviços voltados para atender demandas das empresas mineradoras. Além disso, constatou-se uma parcela substancial dos postos de

emprego vinculada ao setor extrativo mineral, de modo que, nos municípios de análise, a concentração de empregos esteve dentro do intervalo de 10% a 40% do total da força de trabalho empregada nas respectivas localidades. Apesar disso, é possível notar um saldo crescente de desligamentos associados à atividade mineradora em tais localidades, além de um aumento constante na terceirização de funcionários.

Uma segunda dimensão das implicações socioeconômicas identificadas pela presente investigação são os intensos adoecimento e desgaste da força de trabalho, que resultam em afastamentos acidentários e não acidentários. As principais cargas de trabalho identificadas na indústria extrativa mineral foram, em ordem de maior incidência de afastamentos, as cargas mecânicas, físicas, químicas e biológicas. Vale destacar que cerca de 90% dos afastamentos analisados possui natureza não acidentária.

Os afastamentos não acidentários são aqueles ocorridos em função da interação e da exposição prolongada às cargas de trabalho ao longo do tempo, que desgastam paulatinamente a saúde dos trabalhadores. Os principais adoecimentos que os acometem na indústria extrativa mineral são aqueles osteomusculares, de tecido conjuntivo, além de fraturas, características da utilização intensiva da força física, e da realização do trabalho a partir de condições que envolvem a falta de ergonomia, a realização repetitiva de movimentos, e a ocorrência frequente de quedas e impactos contra a pessoa. O segundo principal grupo de adoecimentos geradores de afastamentos não acidentários é o dos adoecimentos psicológicos, contendo sobretudo a depressão. Tais desgastes estão ligados sobretudo a elementos da organização do trabalho, como o estabelecimento de metas rígidas, o prolongamento da jornada de trabalho por meio do regime de turnos, a periculosidade sempre presente durante a realização da atividade laboral etc.

Por outro lado, os afastamentos acidentários ocorrem sobretudo em virtude de fraturas e lesões imediatas, que incidem principalmente sobre as mãos e braços dos trabalhadores, ao passo que as ocupações que mais sofreram afastamentos acidentários estão ligadas às atividades de lavra de minérios e de manutenção de máquinas. Tratam-se de trabalhadores ligados diretamente ao trabalho realizado nas minas, na fase inicial do processo produtivo. Dessa forma, foi possível inferir que os acidentes na mineração ocorrem sobremaneira quando os trabalhadores estão operando os meios de produção, e por conta de características do próprio ambiente de trabalho, extremamente propício para quedas e deslizamentos.

Por fim, uma terceira dimensão das implicações socioeconômicas diz respeito à utilização predatória dos recursos minerais não renováveis, e à utilização de barragens de rejeitos para tratamento dos excrementos dos processos produtivos. A previsão de exaustão das reservas minerais nas principais minas nacionais é extremamente curta: todas estão previstas para se esgotarem ainda neste século, de modo a comprometer a utilização futura de tais recursos, explorados de forma insustentável a partir dos ditames do modo de produção capitalista.

Já as barragens alteram radicalmente a forma de vida das populações que vivem no entorno, submetendo as populações ao risco contante de falhas e rompimentos. Foi possível identificar uma vultosa quantidade de aterros hidráulicos no Brasil, sendo que 94 destes se localizam somente nos municípios estudados. Contemporaneamente, observou-se, existem 63 barragens associadas a uma alta possibilidade de falhas ou rompimentos operando em território nacional. O Brasil foi o país que mais registrou estes acidentes, tanto em número total, quando aqueles considerados sérios ou muito sérios, ao longo do século XXI, totalizando 13 ocorrências de falhas e rompimento de barragem até o ano de 2022. Não só no Brasil, mas em todo o mundo, houve um crescente número de acidentes com barragens considerados sérios ou muito sérios no século XXI — até o ano de 2022 —, de forma que as falhas mais graves têm ocorrido sobretudo em países da periferia do capitalismo.

Portanto, conclui-se que a forma como a produção extrativa mineral industrial se realiza no Brasil priva as populações do acesso à terra e das possibilidades de reprodução da própria existência. As expropriações resultam na radical modificação do espaço em favor da produção de valor e da maximização dos lucros. A produção mineradora se constitui como um fator de adoecimento para toda a vida humana, ao passo que manifesta sua nefasta destrutividade nas cargas de trabalho deletérias à saúde dos trabalhadores, que têm o seu nexu biopsíquico paulatinamente desgastado em função do processo de trabalho, ocasionando inúmeros afastamentos, tanto acidentários quanto não acidentários.

As condições de vida e de reprodução da existência nos territórios em que a mineração industrial se realiza veem-se comprometidas, tendo em vista o curto prazo para o esgotamento dos recursos minerais não renováveis explorados de maneira cada vez mais acelerada. A utilização de barragens de rejeito nos territórios, que se justifica apenas pela redução dos custos produtivos inerentes à produção das mercadorias minerais, representa um potencial destrutivo de gigantesca magnitude para a vida em sociedade, assim como para toda fauna e flora, visto que a frequência nos rompimentos e falhas com barragens só se agrava, não só no Brasil como

também no mundo. Evidentemente, a mineração é uma atividade produtiva indispensável para o desenvolvimento social e das potencialidades do gênero humano, no entanto a exploração extrativa mineral só se realizará de forma emancipatória, com vistas a preservar os recursos minerais e a vida em sociedade, nos marcos de uma sociedade para além do capital, em que a orientação produtiva não se realize em função da realização do valor, mas para o desenvolvimento conjunto da sociedade.

Em busca de apontar uma agenda de pesquisa e reconhecer as limitações da investigação aqui empreendida, aponta-se para necessidade de melhor investigar os elementos da organização do trabalho inerentes aos processos produtivos minerais industriais, bem como as alterações que a incorporação de avanços tecnológicos provoca nas relações de trabalho e gestão. Além disso, a realização de pesquisas de campo em unidades produtivas junto aos trabalhadores pode fornecer dados valiosos para o aprofundamento da discussão em tela. Por fim, é de grande valia a realização de coleta de dados qualitativos junto a sindicatos e movimentos sociais, com os objetivos de realizar uma produção conjunta do conhecimento e ainda fornecer amparo científico para instrumentalizar as lutas políticas no campo da mineração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, T. **O solo movediço da globalização: trabalho e extração mineral na Vale S.A.** São Paulo: Boitempo, 2022.

Alves, A. C.; de Oliveira, D. C. D; Acidentes de trabalho e doenças ocupacionais na mineração: análise de dados estatísticos gerais e específicos e da jurisprudência do TRT da 3ª região. **Revista Jurídica Luso-Brasileira.** n° 4, p. 77-104, 2021.

ANGLOAMERICAN. Integrated Annual Reporte 2022. 2023. Disponível em: <https://www.angloamerican.com/investors/annual-reporting/reports-library/report-2023> acessado em 09 de maio de 2023

ANGLOAMERICAN. Integrated Annual Reporte 2021. 2022. Disponível em: <https://www.angloamerican.com/investors/annual-reporting/reports-library/report-2023> acessado em 09 de maio de 2023

ANGLOAMERICAN. Integrated Annual Reporte 2020. 2021. Disponível em: <https://www.angloamerican.com/investors/annual-reporting/reports-library/report-2023> acessado em 09 de maio de 2023

ANGLOAMERICAN. Integrated Annual Reporte 2019. 2020. Disponível em: <https://www.angloamerican.com/investors/annual-reporting/reports-library/report-2023> acessado em 09 de maio de 2023

ANGLOAMERICAN. Integrated Annual Reporte 2018. 2019. Disponível em: <https://www.angloamerican.com/investors/annual-reporting/reports-library/report-2023> acessado em 09 de maio de 2023

ANGLOAMERICAN. Integrated Annual Reporte 2017. 2018. Disponível em: <https://www.angloamerican.com/investors/annual-reporting/reports-library/report-2023> acessado em 09 de maio de 2023

ANGLOAMERICAN. Integrated Annual Reporte 2016. 2017. Disponível em: <https://www.angloamerican.com/investors/annual-reporting/reports-library/report-2023> acessado em 09 de maio de 2023

ANGLOAMERICAN. Integrated Annual Reporte 2015. 2016. Disponível em: <https://www.angloamerican.com/investors/annual-reporting/reports-library/report-2023> acessado em 09 de maio de 2023

ANGLOAMERICAN. Integrated Annual Reporte 2014. 2015. Disponível em: <https://www.angloamerican.com/investors/annual-reporting/reports-library/report-2023> acessado em 09 de maio de 2023

ANGLOAMERICAN. Integrated Annual Reporte 2013. 2014. Disponível em: <https://www.angloamerican.com/investors/annual-reporting/reports-library/report-2023> acessado em 09 de maio de 2023

ANGLOAMERICAN. Integrated Annual Reporte 2012. 2013. Disponível em: <https://www.angloamerican.com/investors/annual-reporting/reports-library/report-2023> acessado em 09 de maio de 2023

ANGLOAMERICAN. Integrated Annual Reporte 2011. 2012. Disponível em: <https://www.angloamerican.com/investors/annual-reporting/reports-library/report-2023> acessado em 09 de maio de 2023

ANGLOAMERICAN. Integrated Annual Reporte 2010. 2011. Disponível em: <https://www.angloamerican.com/investors/annual-reporting/reports-library/report-2023> acessado em 09 de maio de 2023

ANGLOAMERICAN. Integrated Annual Reporte 2009. 2010. Disponível em: <https://www.angloamerican.com/investors/annual-reporting/reports-library/report-2023> acessado em 09 de maio de 2023

ANGLOAMERICAN. Integrated Annual Reporte 2008. 2009. Disponível em: <https://www.angloamerican.com/investors/annual-reporting/reports-library/report-2023> acessado em 09 de maio de 2023

ANGLOAMERICAN. Integrated Annual Reporte 2007. 2008. Disponível em: <https://www.angloamerican.com/investors/annual-reporting/reports-library/report-2023> acessado em 09 de maio de 2023

ANGLOAMERICAN. Integrated Annual Reporte 2006. 2007. Disponível em: <https://www.angloamerican.com/investors/annual-reporting/reports-library/report-2023> acessado em 09 de maio de 2023

ANGLOAMERICAN. Integrated Annual Reporte 2005. 2006. Disponível em: <https://www.angloamerican.com/investors/annual-reporting/reports-library/report-2023> acessado em 09 de maio de 2023

ANM. Agência Nacional de Mineração. **Anuário Mineral Brasileiro: principais substâncias metálicas**, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/PreviaAMB2022.pdf>. Acessado em 09 de maio de 2023.

ANM. Agência Nacional de Mineração. **Anuário Mineral Interativo**, 2023. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2IiwidCI6ImEzMDgzZTlxLTc0OWItNDUzNC05YWZlLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a>. Acessado em 09 de maio de 2023.

ANTUNES, R (org). **Uberização, Trabalho Digital e Indústria 4.0**. 1. ed. São Paulo: Boitempo Editorial, 2020.

\_\_\_\_\_. DRUCK, G. A terceirização sem limites: a precarização do trabalho como regra. *Revista o social em questão*, ano XVIII, nº 34, 2015.

\_\_\_\_\_. A terceirização como regra? *Revista TST*, vol. 79, nº 4, 2013

ASSIS, D. A.; CASTRO, P. T. A. MODELAGEM ESPACIAL DOS LOCAIS DE OCORRÊNCIA DE PALEOTOCAS NAS SERRAS DO GANDARELA E DO CURRAL, QUADRILÁTERO FERRÍFERO – MG. **Revista Geociências**. Vol. 41, n. 3, p.569-582, 2022.

AZEVEDO, R. G.; SCHUTZ, G. E. Silicose nas pedreiras: a sutil diferença entre conhecer e adoecer. *Intervenções em Saúde do Trabalhador na exploração de rochas ornamentais. Cadernos Saúde Coletiva*. Vol. 29, n.1, p. 67-76, 2021.

BAHIENSE, A. V.; SCHREIDER, L. C.; MAURÍCIO, T. B.; CANSI, T. J. S.; PAES, M. A. M.; OLIVEIRA, J. R. Impactos e análise do desempenho econômico da indústria de rochas ornamentais do Espírito Santo em tempos de pandemia. **Revista Foco**. Vol. 16, n. 7, p.1-15, 2023.

BAPTISTINI, M. A.; BORGES, L. H.; BAPTISTINI, R. A. Aspectos de vida, trabalho e saúde de trabalhadores do setor de rochas ornamentais. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**. Vol. 18, n. 7, p. 2105-2117, 2013.

BAMBIRRA, V. O capitalismo dependente latino-americano. Florianópolis: Editora Insular, 2013.

BARCELOS, E; ZANELLI, F. V; MAGNO, L; VIEIRA, L. H; WANDERLEY, L. J; GOULART, R. O; TEIXEIRA, R. D. B. L. Caravana territorial da bacia do rio Doce: mineração e territorialidades em tensão. **Revista Terra Livre**, v. 2, n. 43, p. 225-266, 2015

BOWKER, L. N.; CHAMBERS, D. M. The Risk, Public Liability, & Economics of Tailings Storage Facility Failures. Research Paper. Stonington, ME. 2015.

Brandt Meio Ambient. Mina da Jangada e Mina Córrego do Feijão - Relatório de Avaliação de Desempenho Ambiental (RADA). Belo Horizonte: Brandt Meio Ambiente, 2014.

CARMO, F. F. CONTROVERSIES AND HIDDEN RISKS IN BIODIVERSITY OFFSETS IN CRITICALLY THREATENED CANGA IRONSTONE ECOSYSTEMS IN BRAZIL. **Oryx**. Vol. 57, n. 1, p. 63-71, 2023.

\_\_\_\_\_.; KAMINO, L. H. Y.; JUNIOR, R. T.; CAMPOS, I. C.; CARMO, F. F.; SILVINO, G.; CASTRO, K. J. S. X.; MAURO, M. L.; RODRIGUES, N. U. A.; MIRANDA, M. P. S.; PINTO, C. E. F. Fundação tailings dam failures: the environment tragedy of the largest technological disaster of Brazilian mining in global context. **Perspectives in Ecology and Conservation**. Vol. 15, n. 3, p. 145-151, 2017.

CALAZANS, M. M. Crítica da cientificidade do crime semicolonial SAMARCO/VALE/BHP. **Geographos**. Vol. 10, n. 113, p. 23-58, 2019.

CARVALHO, L. **Valsa brasileira: do boom ao caos econômico**. São Paulo: Todavia, 2018.

CARVALHO, P. S. L; SILVA, M. M.; ROCIO, M. A. R.; MOSZKOWICZ, J. **Minério de Ferro**. Rio de Janeiro: BNDES Setorial, 2014.

CHAMBERS, D. M.; HIGMAN, B. **Long term risks of tailings dam failure**. Seldovia, USA: 2011.

COELHO, T. P. **Noventa por cento de ferro nas calçadas: mineração e (sub)desenvolvimento em municípios minerados pela Vale S.A**. Rio de Janeiro: 2016. 335 p. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) Instituto de Ciências Sociais, Universidade Federal do Rio de Janeiro

CONTENTE, S. C. O SENTIDO DO NEOEXTRATIVISMO: a relação entre o Estado, a Vale e o desenvolvimento social em Canaã dos Carajás – PA. **IDeAS**. Vol. 12, p.1-28, 2018

CSN. Companhia Siderúrgica Nacional. Relatório 20-F ano 2005, 2006. Disponível em: <https://ri.csn.com.br/publicacoes-cvm-sec/publicacoes-sec/> .Acessado em 09 de maio de 2023.

CSN. Companhia Siderúrgica Nacional. Relatório 20-F ano 2006, 2007. Disponível em: <https://ri.csn.com.br/publicacoes-cvm-sec/publicacoes-sec/> .Acessado em 09 de maio de 2023.

CSN. Companhia Siderúrgica Nacional. Relatório 20-F ano 2007, 2008. Disponível em: <https://ri.csn.com.br/publicacoes-cvm-sec/publicacoes-sec/> .Acessado em 09 de maio de 2023.

CSN. Companhia Siderúrgica Nacional. Relatório 20-F ano 2008, 2009. Disponível em: <https://ri.csn.com.br/publicacoes-cvm-sec/publicacoes-sec/> .Acessado em 09 de maio de 2023.

CSN. Companhia Siderúrgica Nacional. Relatório 20-F ano 2009, 2010. Disponível em: <https://ri.csn.com.br/publicacoes-cvm-sec/publicacoes-sec/> .Acessado em 09 de maio de 2023.

CSN. Companhia Siderúrgica Nacional. Relatório 20-F ano 2010, 2011. Disponível em: <https://ri.csn.com.br/publicacoes-cvm-sec/publicacoes-sec/> .Acessado em 09 de maio de 2023.

CSN. Companhia Siderúrgica Nacional. Relatório 20-F ano 2011, 2012. Disponível em: <https://ri.csn.com.br/publicacoes-cvm-sec/publicacoes-sec/> .Acessado em 09 de maio de 2023.

CSN. Companhia Siderúrgica Nacional. Relatório 20-F ano 2012, 2013. Disponível em: <https://ri.csn.com.br/publicacoes-cvm-sec/publicacoes-sec/> .Acessado em 09 de maio de 2023.

CSN. Companhia Siderúrgica Nacional. Relatório 20-F ano 2013, 2014. Disponível em: <https://ri.csn.com.br/publicacoes-cvm-sec/publicacoes-sec/> .Acessado em 09 de maio de 2023.

CSN. Companhia Siderúrgica Nacional. Relatório 20-F ano 2014, 2015. Disponível em: <https://ri.csn.com.br/publicacoes-cvm-sec/publicacoes-sec/> .Acessado em 09 de maio de 2023.

CSN. Companhia Siderúrgica Nacional. Relatório 20-F ano 2015, 2016. Disponível em: <https://ri.csn.com.br/publicacoes-cvm-sec/publicacoes-sec/> .Acessado em 09 de maio de 2023.

CSN. Companhia Siderúrgica Nacional. Relatório 20-F ano 2016, 2017. Disponível em: <https://ri.csn.com.br/publicacoes-cvm-sec/publicacoes-sec/> .Acessado em 09 de maio de 2023.

CSN. Companhia Siderúrgica Nacional. Relatório 20-F ano 2017, 2018. Disponível em: <https://ri.csn.com.br/publicacoes-cvm-sec/publicacoes-sec/> .Acessado em 09 de maio de 2023.

CSN. Companhia Siderúrgica Nacional. Relatório 20-F ano 2018, 2019. Disponível em: <https://ri.csn.com.br/publicacoes-cvm-sec/publicacoes-sec/> .Acessado em 09 de maio de 2023.

CSN. Companhia Siderúrgica Nacional. Relatório 20-F ano 2019, 2020. Disponível em: <https://ri.csn.com.br/publicacoes-cvm-sec/publicacoes-sec/> .Acessado em 09 de maio de 2023.

CSN. Companhia Siderúrgica Nacional. Relatório 20-F ano 2010, 2011. Disponível em: <https://ri.csn.com.br/publicacoes-cvm-sec/publicacoes-sec/> .Acessado em 09 de maio de 2023.

CSN. Companhia Siderúrgica Nacional. Relatório 20-F ano 2020, 2021. Disponível em: <https://ri.csn.com.br/publicacoes-cvm-sec/publicacoes-sec/> .Acessado em 09 de maio de 2023.

CSN. Companhia Siderúrgica Nacional. Relatório 20-F ano 2021, 2022. Disponível em: <https://ri.csn.com.br/publicacoes-cvm-sec/publicacoes-sec/> .Acessado em 09 de maio de 2023.

CVRD. **Companhia Vale do Rio Doce: 50 anos de história**. Rio de Janeiro: Editora CVRD, 1992.

COSSOLOSO, E. H. S.; CASTRO, P. S.; CAVALCANTI, A. C.; BARROS, A. M.; SILVA, L. G. A.; GOMES, D. S.; ALMEIDA, C. P. B. Saúde e adoecimento no contexto da mineração no sudeste paraense: um estudo qualitativo. **Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde**. vol. 24, n. 4, p. 57-65, 2022.

Costa, B. S.; Rezende, E. N. Meio ambiente do trabalho e a saúde do trabalhador na mineração brasileira. **Revista do Instituto do Direito Brasileiro**. N. 2, p. 759-792, 2012.

CUNHA, E. P.; FERRAZ, D. L. S.; (org) **Crítica Marxista da Administração**. Rio de Janeiro: Rizoma Editorial, 2018.

- CHAGAS, M. A. The geopolitics of Lourenço, na artesanal mining region in the north of Amapá: trajectory, contradictions, and unsustainability. **Revista Brasileira de Geografia Medica e saúde**. v. 39, p.1-18, 2018.
- DAVIES, M.; MARTIN, T. **Mining Market Cycles and Tailings Dam Incidents**. In: Proceedings of 13th International Conference on Tailings and Mine Waste, Banff, AB, 2009.
- de TOMI, G; ARAÚJO, C. H. X.; AZEVEDO, J. P. D. **Pequena mineração responsável e cooperativismo mineral** In: FREITAS, A. F.; FREITAS, A. F (ORG). Cooperativismo mineral no Brasil: características, desafios e perspectivas. Viçosa: Editora Asa Pequena, 2021.
- DORNELLAS, C. R. **PROCESSO DE TRABALHO E PROCESSO DE VOLORIZAÇÃO: extração de mais-valia na mineração, Congonhas (MG)**. Juiz de Fora, 2015, 168p. Dissertação (Mestrado em Serviço Social). Universidade Federal de Juiz de Fora.
- ENGELS, F. **A origem da família, da propriedade privada e do Estado: Trabalho relacionado com as investigações de L. H. Morgan**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1974.
- FARIA, J. H. DE. Teoria crítica em estudos organizacionais no Brasil: o estado da arte. **CADERNOS EBAPE. BR**, v. 7, n. 3, p. 510–515, 2009.
- FERRAZ, D. L. S. Projetos de geração de trabalho e renda e a consciência de classe dos desempregados. **Organizações & Sociedade**, v. 22, n. 72, p. 123-41, 2015;
- FRANÇA, E. Inovação tecnológica e desenvolvimento regional no setor de rochas ornamentais: a indicação geográfica do granito no noroeste capixaba. **Revista Ifes Ciência**. Vol. 9, n. 2, p. 1-21, 2023
- FRERES, H.; SEGUNDO, M.; DO CARMO, M. Ciência e tecnologia cativas do capital: da destruição produtiva à produção destrutiva nos marcos da crise estrutural. In: Anuário Lukács 2018. 1. ed. São Paulo: Instituto Lukács, p. 187–224, 2018.
- FOSTER, J. B. **A Ecologia de Marx: materialismo e natureza**. Rio de Janeiro: civilização brasileira, 2005.
- GALVÃO, D. F. **A FACE DEVASTADORA DA MINERAÇÃO: impactos da atividade mineradora sobre o direito laboral, as relações de trabalho e o meio-ambiente**. Belo Horizonte, 2020. 93 p. Tese (Doutorado em Direito) Faculdade de Direito e Ciência do Estado, Universidade Federal de Minas Gerais.
- GRAULAU, E. **Gendered Labour in Peripheral Tropical Frontiers: women, mining and capital accumulation in post-development Amazonia**. IN: LAHIRI-DUTT, K.; MACINTYRE, M. Women Miners in Developing Countries: pit women and others. New York: Ashgate Publishing, 2006.
- IBGM. O setor em grandes números. Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos, São Paulo, 2018.
- IBRAM. S111D completa um ano de operação. 2018. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/s111d-completa-um-ano-de-operacao/>
- IPEA. Uma investigação sobre a minero-dependência em Brumadinho-MG: As metáforas do processo de formação e da dinâmica econômica local. Texto para Discussão, 2020.
- JUNIOR, E. B; OLIVEIRA, G. S.; SANTOS, A. C. O.;SCHNEKENBERG, G. F. Cadernos da Fucamp, v.20, n.44, p.36-51, 2021

JUNIOR, P. H. C. A tributação da mineração sob uma perspectiva global. Dierito da mineração. Belo Horizonte: IMAG, 2022.

LAURELL, A. C.; NORIEGA, M. Análise Documental como Percurso Metodológico na Pesquisa Qualitativa **Processo de produção e saúde: trabalho e desgaste operário**. São Paulo: Editora Hucitec, 1987.

LEFEBVRE, H. A produção do espaço. 4ª ed. Paris: editora Anthropos, 2000.

LEITE, A. C. C. F.; DUARTE, F. J. M.; VINHA, V. G. O castelo de cartas da estratégia de sustentabilidade ambiental das empresas Vale S.A. e Samarco à luz dos desastres de Mariana e Brumadinho. **XIII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**. Campinas: 2019.

LOPES, A.; RUIZ, R.; RIBEIRO, R.; CANTELMO, W. Linkages in the metal mining industry: local job multipliers in Brazil. **Resources Policy**. Vol. 82. p.1-22, 2023.

LUKÁCS, G. Introdução a uma estética marxista: sobre a particularidade como categoria estética. 1. ed. São Paulo: Instituto Lukács, 2018.

MAB, Movimento dos Atingidos por Barragem. **A privatização mata: análise do MAB sobre o crime da Vale em Brumadinho/MG**. São Paulo, 2019.

MACEDO. A. S. **O papel das cooperativas na mineração artesanal e em pequena mineração no Brasil**. In: FREITAS, A. F.; FREITAS, A. F (ORG). Cooperativismo mineral no Brasil: características, desafios e perspectivas. Viçosa: Editora Asa Pequena, 2021

Magalhães, F. M.; Nogueira, V. M. G.; Vieira, N. A. S.; Cisne, F. I. M.; Oliveira, M. A. S. Silicose: uma revisão sistemática. **Revista Ciência e Estudos Acadêmicos de Medicina**. N. 12, p. 22-47, 2020.

MAM. Movimento dos Atingidos por Barragens. **A vida dos trabalhadores em jogo e a alta lucratividade das rochas ornamentais no Espírito Santo**. 2021. Disponível em: <https://www.mamnacional.org.br/2021/09/20/a-vida-dos-trabalhadores-em-jogo-e-a-alta-lucratividade-das-rochas-ornamentais-no-espírito-santo/> . Acessado no dia 09 de maio de 2023.

MARTINS, C. E. **Globalização, dependência e neoliberalismo na América Latina**. São Paulo: Boitempo, 2011.

MATLABA, V. J.; MANESCHY, M. C.; SANTOS, J. F.; MOTA, J. A. Socioeconomic dynamics of a mining town in Amazon: a caso study from Canaã dos Carajá, Brazil. **Mineral Economics**. Vol. 32, p.75-90, 2019.

MARX, K. **O Capital: crítica da economia política. O processo de produção do capital**. 1. ed. São Paulo: Boitempo editorial, v. 1, 2015.

\_\_\_\_\_. **O capital: crítica da economia política. O processo global da produção capitalista**. 1. ed. São Paulo: Boitempo editorial, v. 3, 2017.

\_\_\_\_\_. **Para crítica da economia política: manuscritos de 1861-1863 (cadernos I a IV)**. Belo Horizonte: autêntica editora, 2010;

\_\_\_\_\_. **O Capital: crítica da economia política. O processo de circulação de capital**. 1. ed. São Paulo: Boitempo, v.2, 2014.

\_\_\_\_\_. **O 18 de Brumário de Luís Bonaparte**. São Paulo: boitempo, 2011.

\_\_\_\_\_. **A Miséria da filosofia**. São Paulo: Boitempo, 2017b.

MELLO, E.; ALMEIDA, C.; COELHO, J.; BARROS, L.; ARAÚJO, R. O polo produtor de mármore do sul do Espírito Santo, Brasil: ordenamento territorial e desenvolvimento sustentável em regiões caracterizadas por mineração de pequena escala. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. Vol. 41, n.1, p. 36-51, 2018.

MÉSZÁROS, I. **Produção Destrutiva e Estado Capitalista**. São Paulo: cadernos ensaios, 1989.

MORAES, S. L.; RIBEIRO, T. R. Brazilian iron ore and production of pallets. **Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review**. vol. 40, n. 1, p.1-19, 2018

MOULIN, M. G. B.; MORAES, A. B. T. Vamos fazer poeira! Fontes e expressões da pressão no trabalho do setor de rochas ornamentais no Espírito Santo. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**. Vol. 35, n. 122, p. 192-200, 2010.

MILANEZ, B.; SANTOS, R. S. P. A Rede Global de Produção (RPG) do Minério de Ferro: empresas, Estado e agentes de contestação. **XVI Congresso Brasileiro de Sociologia**. Salvador: 2013.

\_\_\_\_\_.; MAGNO, L.; SANTOS, R.; COELHO, T.; PINTO, R.; WANDERLEY, L.; MANSUR, M.; GONÇALVES, R. **Minas não há mais: avaliação dos aspectos econômicos e institucionais do desastre da Vale na bacia do rio Paraopeba**. Versos – Textos para discussão, 2019.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Classes de bens mineirais – minerais não metálicos**, 2017.

NASCIMENTO, I. B. **Problemáticas Socioambientais e Implicações à saúde do trabalhador: o caso do garimpo de esmeraldas em campos verdes-GO**. 2009. 169 f. Dissertação (mestrado em geografia) Universidade de Brasília (UNB), 2009.

NAZARENO, G., MOURA, E., SOARES, P. VIEIRA, V. Vale do Rio Doce, Nem tudo que reluz é ouro: Da privatização à luta pela reestatização. São Paulo: Editora Sudermann, 2007.

PADILHA, S. C. C. **ESTADO, TERRITÓRIO E MINERAÇÃO NO BRASIL: o caso do Projeto S11D/Vale em Canaã dos Carajás-PA**. Rio de Janeiro, 2020. 353 p. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

OLVERA, B. C. Innovation in mining: what are the challenges and opportunities along the value chain for Latin American suppliers? **Mineral Economics**. vol. 35, p. 35-51, 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS BRASILEIRAS (OCB). **Anuário do cooperativismo brasileira - 2020**. Brasília. Disponível em: <https://www.somoscooperativismo.coop.br/numeros>.

PÉREZ-VILLÉN, S.; ANAYA-VENEZUELA; DA CRUZ, D. G.; FEARNSTIDE, P. M. Mining Threatens isolated indigenous people in the Brazilian Amazon. **Global Environmental Change**. v. 72, 2022.

PIMENTA, J. D. **A Vale do Rio Doce e sua história**. Belo Horizonte: Editora Veja S.A., 1981.

PINHEIRO, T. M. M.; POLIGNANO, M. V.; GOULART, E. M. A.; PROCOPIO, J. C. (org) **Mar de Lama da Samarco na Bacia do Rio Doce: em busca de respostas**. Belo Horizonte: Instituto Guaicuy, 2019.

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.

PORTES, A. M. C. **Avaliação da disposição de rejeitos de minério de ferro nas consistências polpa e torta**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte: 2013.

QUEIROZ, C. A. de P. **Estudos sobre as possibilidades de cooperação entre os atores nas micro e pequenas empresas do arranjo produtivo local de gemas e joias de Teófilo Ótoni – MG**. Teófilo Ótoni, 2016. 184p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia, Ambiente e Sociedade). Universidade Federal do Vale do Jequitinhonha e Mucuri.

PRADO JR., C. **História Econômica do Brasil**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1965

\_\_\_\_\_. **Formação do Brasil Contemporâneo**. São Paulo: Companhia das Letras, 2011.

Revista Vale. **S11D – Novos Caminhos para a Mineração**. Futuro empreendimento inaugura nova fase na mineração de ferro no Brasil, Editora Vale, 2016.

REZENDE, Vanessa Leite. **A mineração em Minas Gerais: uma análise de sua expansão e os impactos ambientais e sociais causados por décadas de exploração**. *Sociedade e natureza*, Uberlândia, v.28, n.3, p.375-384, 2016.

REYS, A. Coloured Stone Mining and Trade in Brazil: a brief history and current status. **The Journal of Gemmology**. v. 35, n. 8, 2017.

RIBEIRO, H. M. D. Caracterização do setor de gemas, joias e metais preciosos no Brasil: perspectivas para inovação e desenvolvimento setorial. **Série Estudos Setoriais SEBRAE**. n. 11, 2011.

SAES, B. M. **Comércio Ecologicamente Desigual no Século XXI: Evidências a Partir da Inserção Brasileira no Mercado Internacional de Minério de Ferro**. 2017. 213 f. Tese (Doutorado em Economia) Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). São Paulo, 2017.

SALES, C. R. L.; MATHUS, A. A. Precarização e feminização do trabalho em Paraupabas, no estado do Pará. **EM PAUTA**. Vol. 13, n. 36, p.87-103, 2015.

SAMARCO, 2023. Processo Produtivo. Disponível em: <https://www.samarco.com/processo-produtivo/>

\_\_\_\_\_. Relatório Anual de Sustentabilidade 2014. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://www.samarco.com/relatorios/> .Acessado em 09 de maio de 2023.

\_\_\_\_\_. Relatório Anual de Sustentabilidade 2013. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://www.samarco.com/relatorios/> .Acessado em 09 de maio de 2023.

SÁNCHEZ, F.; HARTLIEB, P. Innovation in the mining industry: technological trends and a case study of the challenges of disruptive innovation. **Mining, Metallurgy & Exploration**. Vol. 37, p. 1385-1399, 2020.

SANTOS, M. **A urbanização desigual**. São Paulo: Edusp, 2012.

\_\_\_\_\_. **Economia Espacial: críticas e alternativas**. 2ª ed, São Paulo: Edusp, 2016

SANTOS, R. S. P. Desenvolvimento econômico e mudança social: a Vale e a mineração na Amazônia Oriental. **Caderno CRH**. Vol. 29, n. 77, p. 295-312, 2016.

SARTORI, V. B. Marx, natureza e mineração: da indústria extrativa pura às sociedades por ações. **Revista Culturas Jurídicas**, Vol. 6, n. 14, 2019.

SEBRAE. **Boletim de Inteligência. Construção civil: cadeia de valor**. 2016

SILVA, A. F. L.; MATHIS, A. A. A (des)proteção da força de trabalho no município de Parauapebas (PA). **Argum.** Vol. 9, n.3, p.65-80, 2017.

SOUZA, M. T. S.; GALVÃO, R. A. DA CARROÇA AO TRUCKLESS: A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA AMBIENTAL EM INDÚSTRIAS EXTRATIVAS DE MINÉRIO. **XVII Congresso Latino-Iberoamericano de Gestión tecnológica**. Cidade do México, 2017.

Souza, A. A. M.; Souza, G. E; Brumadinho: maior acidente do trabalho da história do Brasil: repercussão nas relações de trabalho. **Revista do Tribunal Regional do Trabalho da 2ª Região**. n. 23, p. 60-66, 2020.

SOUSA, M. N. A.; QUEMELO, P. R.V. Saúde do trabalhador e riscos ocupacionais na mineração. *Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde*. vol. 17, n. 2, p. 111-121, 2015.

TAPAJÓS, N. S.; SAMPAIO, I. S. F. Identificação dos riscos inerentes do processo produtivo de brita no estado do Pará. **XXV Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia extrativa**, 2013.

Tüv Süd. Auditoria técnica de segurança 2o ciclo 2018, Complexo Paraopeba, Mina Córrego Feijão, Barragem I: Tüv Süd, 2018

VALE. Relatório de Sustentabilidade 2005. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorios-de-sustentabilidade/> . Acessado em 09 de maio de 2023

\_\_\_\_\_. Relatório de Sustentabilidade 2006. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorios-de-sustentabilidade/> . Acessado em 09 de maio de 2023

\_\_\_\_\_. Relatório de Sustentabilidade 2007. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorios-de-sustentabilidade/> . Acessado em 09 de maio de 2023

\_\_\_\_\_. Relatório de Sustentabilidade 2008. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorios-de-sustentabilidade/> . Acessado em 09 de maio de 2023

\_\_\_\_\_. Relatório de Sustentabilidade 2009. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorios-de-sustentabilidade/> . Acessado em 09 de maio de 2023

\_\_\_\_\_. Relatório de Sustentabilidade 2010. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorios-de-sustentabilidade/> . Acessado em 09 de maio de 2023

\_\_\_\_\_. Relatório de Sustentabilidade 2011. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorios-de-sustentabilidade/> . Acessado em 09 de maio de 2023

\_\_\_\_\_. Relatório de Sustentabilidade 2012. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorios-de-sustentabilidade/> . Acessado em 09 de maio de 2023

\_\_\_\_\_. Projeto Ferro Carajás S11D. Um novo impulso ao desenvolvimento sustentável do Brasil, 2012b. Disponível em: <https://docplayer.com.br/2664218-Projeto-ferro-carajas-s11d-um-novo-impulso-ao-desenvolvimento-sustentavel-do-brasil.html> . Acessado em 09 de maio de 2023

\_\_\_\_\_. Relatório de Sustentabilidade 2013. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorios-de-sustentabilidade/> . Acessado em 09 de maio de 2023

\_\_\_\_\_. Relatório de Sustentabilidade 2014. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorios-de-sustentabilidade/> . Acessado em 09 de maio de 2023

\_\_\_\_\_. Relatório de Sustentabilidade 2015. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorios-de-sustentabilidade/> . Acessado em 09 de maio de 2023

\_\_\_\_\_. Relatório de Sustentabilidade 2016. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorios-de-sustentabilidade/> . Acessado em 09 de maio de 2023

\_\_\_\_\_. Relatório de Sustentabilidade 2017. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorios-de-sustentabilidade/> . Acessado em 09 de maio de 2023

\_\_\_\_\_. Relatório de Sustentabilidade 2018. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorios-de-sustentabilidade/> . Acessado em 09 de maio de 2023

\_\_\_\_\_. Relatório de Sustentabilidade 2019. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorios-de-sustentabilidade/> . Acessado em 09 de maio de 2023

\_\_\_\_\_. Relatório de Integrado 2020. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <http://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorios-de-sustentabilidade/> . Acessado em 09 de maio de 2023

\_\_\_\_\_. Relatório de Integrado 2021. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <http://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorios-de-sustentabilidade/> . Acessado em 09 de maio de 2023

\_\_\_\_\_. Relatório de Integrado 2023. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <http://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorios-de-sustentabilidade/> . Acessado em 09 de maio de 2023

\_\_\_\_\_. Vale expande uso de autônomos e já conta com 72 equipamentos operando no Brasil, beneficiando diretamente mais de 300 empregados. 2022b. Disponível em: [Vale expande uso de autônomos e já conta com 72 equipamentos operando no Brasil, beneficiando diretamente mais de 300 empregados - Vale](#)

**VIEIRA, L. P. O. O projeto Minas Rio e a Mineração em Conceição do Mato Dentro/MG: uma análise a partir dos discursos, dos conflitos e da resistência.** Belo

Horizonte, 2015, 206 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Belo Horizonte

VIERA, V. S.; LOMBELLO, J. C.; GOMES, D. G. C.; OLIVEIRA, S. A. M. Rochas ornamentais do Estado do Espírito Santo – Mapa de Potencialidades. Serviço Geológico do Brasil (CPRM). **Série Rochas e Minerais Industriais**. n. 32, 2021.

WANDERLEY, L. J.; COELHO, T. P. **Quatro décadas do projeto grande carajás: fraturas do modelo mineral desigual na Amazônia**. Brasília: Comitê Nacional em Defesa dos Territórios frente à Mineração, 2021.

ZHIRONKINA, O.; ZHIRONKIN, S. Technological and Intellectual Transition to Mining 4.0: A Review. **Energies**. vol. 16, n. 3, p. 1-38, 2023

ZONTA, M.; TROCATE, C. (orgs). **Antes fosse mais leve a carga: reflexões sobre o desastre da Samarco/Vale/BHP Billiton**. Marabá: Editorial Iguana, 2016. Coleção a questão mineral, vol. 2.

## ANEXOS

### ANEXO I

#### Fórmula de Busca 1:

"iron" OR "nickel" OR "cooper"

**AND**

"mining" OR "mineral extraction"

**AND**

"brazil\*" OR "minas gerais" OR "pará" OR “Parauapebas” OR “Canaã dos Carajás” OR “Conceição do Mato Dentro” OR “Itabirito” OR “Mariana” OR “São Gonçalo do Rio Abaixo” OR “Itabira” OR “Congonhas” OR “Nova Lima” OR “Marabá”

**AND**

"management" OR "business" OR "administration" OR "control" OR "direction" OR "supervision" OR "division of labor" OR "division of work technique" OR "specialization" OR "remuneration" OR "wage" OR "depreciation" OR "research and development" OR "innovation" OR "industry 4.0" OR "instruments" OR "tools" OR "machine\*" OR "work\*" OR "productive process" OR "production" OR "technolog\*" OR "innovat\*" OR "automation" OR "industry 4.0"

**String de busca:** ( TITLE-ABS-KEY ( "iron" OR "nickel" OR "cooper") AND TITLE-ABS-KEY ( "mining" OR "mineral extraction" ) AND TITLE-ABS-KEY ( "brazil\*" OR "minas gerais" OR "pará" OR “Parauapebas” OR “Canaã dos Carajás” OR “Conceição do Mato Dentro” OR “Itabirito” OR “Mariana” OR “São Gonçalo do Rio Abaixo” OR “Itabira” OR “Congonhas” OR “Nova Lima” OR “Marabá”) AND TITLE-ABS-KEY ( "management" OR "business" OR "administration" OR "control" OR "direction" OR "supervision" OR "division of labor" OR "division of work technique" OR "specialization" OR "remuneration" OR "wage" OR "depreciation" OR "research and development" OR "innovation" OR "industry 4.0" OR "instruments" OR "tools" OR "machine\*" OR "work\*" OR "productive process" OR "production" OR "technolog\*" OR "innovat\*" OR "automation" OR "industry 4.0" ) )

## ANEXO II

### Fórmula de Busca 2:

"iron" OR "nickel" OR "cooper" OR

**AND**

"mining" OR "mineral extraction"

**AND**

"brazil\*" OR "minas gerais" OR "pará" OR "Parauapebas" OR "Canaã dos Carajás" OR "Conceição do Mato Dentro" OR "Itabirito" OR "Mariana" OR "São Gonçalo do Rio Abaixo" OR "Itabira" OR "Congonhas" OR "Nova Lima" OR "Marabá"

**AND**

"socioeconomic effects" OR "socioeconomic consequences" OR "socioeconomic impacts" OR "dependency" OR "collection" OR "tax" OR "production" OR "domestic production" OR "specialization" OR "remuneration" OR "wage" OR "grievances" OR "occupational hazards" OR "work accident" OR "illness" OR "exposure" OR "leaves" OR "dam" OR "water dam" OR "tailings dam" OR "dam breaking" OR "exhaust" OR "failures"

**String de busca:** ( TITLE-ABS-KEY ( "iron" OR "nickel" OR "cooper") AND TITLE-ABS-KEY ( "mining" OR "mineral extraction" ) AND TITLE-ABS-KEY ( "brazil\*" OR "minas gerais" OR "pará" OR "Parauapebas" OR "Canaã dos Carajás" OR "Conceição do Mato Dentro" OR "Itabirito" OR "Mariana" OR "São Gonçalo do Rio Abaixo" OR "Itabira" OR "Congonhas" OR "Nova Lima" OR "Marabá") AND TITLE-ABS-KEY ( "socioeconomic effects" OR "socioeconomic consequences" OR "socioeconomic impacts" OR "dependency" OR "collection" OR "tax" OR "production" OR "domestic production" OR "specialization" OR "remuneration" OR "wage" OR "grievances" OR "occupational hazards" OR "work accident" OR "illness" OR "exposure" OR "leaves" OR "dam" OR "water dam" OR "tailings dam" OR "dam breaking" OR "exhaust" OR "failures" ) )

## ANEXO III

Tabela 30 – Lista de bases de Dados e documentos utilizados na coleta de dados

Nome	Tipo	Órgão ou Empresa	Acesso
Anuário Mineral Brasileiro Interativo	Base de Dados	ANM	<a href="#">Link</a>
Comércio Exterior do Setor Mineral (COMEXMIN)	Base de Dados	ANM	<a href="#">Link</a>
Patentes	Base de Dados	INPI	<a href="#">Link</a>
Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)	Base de Dados	IBGE	<a href="#">Link</a>
Relatório Anual de Informações Sociais (RAIS)	Base de Dados	IBGE	<a href="#">Link</a>
Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED)	Base de Dados	IBGE	<a href="#">Link</a>
Finanças Municipais (FINBRA)	Base de Dados	Tesouro Nacional	<a href="#">Link</a>
Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN)	Base de Dados	Ministério do Trabalho e Emprego (MTE)	<a href="#">Link</a>
Perfil dos afastamentos de trabalho com base no comunicado de acidente de trabalho (CAT)	Base de Dados	INSS	<a href="#">Link</a>
Sistema Integrado de Gestão de Barragens em Mineração (SIGBM)	Base de Dados	ANM	<a href="#">Link</a>
Tailings Dam Failures 1915-2022 (TSF)	Base de Dados	Center for Science in Public Participation	<a href="#">Link</a>
Relatórios 20-F da Vale S.A.	Relatórios	Vale S.A.	<a href="#">Link</a>
Relatórios Integrados da Vale S.A.	Relatórios	Vale S.A.	<a href="#">Link</a>

Relatórios 20-F da Anglo American	Relatórios	Anglo American	<a href="#">Link</a>
Relatórios Integrados da Anglo American	Relatórios	Anglo American	<a href="#">Link</a>
Relatórios 20-F da CSN	Relatórios	CSN	<a href="#">Link</a>
Relatórios Integrados da CSN	Relatórios	CSN	<a href="#">Link</a>
Publicações do IBRAM	Comunicados e relatórios	IBRAM	<a href="#">Link</a>
Resolução ANM N° 95 de fevereiro de 2022	Resolução Normativa	ANM	<a href="#">Link</a>

#### ANEXO IV

#### Tabela 31 - Classificação de Risco para Barragens de Mineração

<b>1</b>	<b>Categoria de Risco (CRI)</b>	<b>Pontos</b>
1.1	Características Técnicas (CT)	X
1.2	Estado de Conservação (EC)	Y
1.3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	Z
Pontuação Total (CRI)= CT + EC + PS		X + Y + Z

**Tabela 32 – Faixas de Classificação**

<b>Categoria de Risco</b>	<b>CRI</b>
Alto	$\geq 80$ ou $EC=10^*$
Médio	$40 < CRI < 80$
Baixo	$\leq 40$

\*Pontuação de 10 em qualquer coluna de Estado de Conservação automaticamente implica em uma CRI alta.

**Tabela 33 - Parâmetros avaliativos das Características Técnicas (CT) de Barragens de Rejeito (1.1)**

<b>Altura (a)</b>	Altura $\leq 15m$ (0 pontos)	$15m < \text{Altura} < 30m$ (1 ponto)	$0m \leq \text{Altura} \leq 60m$ (4 pontos)	Altura $> 60m$ (7 pontos)
<b>Inclinação média dos taludes na seção principal (b)</b>	Suave ( $\leq 1V:3H$ ) ou barragem de concreto (0 pontos)	Intermediário ( $1V:2H \geq$ $\text{Inclinação} >$ $1V:3H$ ) (3 pontos)	Ingrime ( $>1V:2H$ ) (6 pontos)	
<b>Comprimento (c)</b>	Comprimento $\leq 50m$ (0 pontos)	$50m < \text{Comprimento} < 200m$ (1 ponto)	$200 \leq \text{Comprimento} \leq 600m$ (2 pontos)	Comprimento $> 600m$ (3 pontos)
<b>Vazão de Projeto (d)</b>	CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decamilenar (0 pontos)	Milénar (2 pontos)	TR = 500 anos (5 pontos)	TR Inferior a 500 anos ou desconhecida / Estudo não confiável (10 pontos)
<b>Controle de Compactação (e)</b>	Existem documentos que comprovam o controle de compactação conforme projeto e que comprovam o acompanhamento e controle	Existem estudos geotécnicos que comprovam o grau de compactação de acordo com projeto (4 pontos)	Não houve controle tecnológico e/ou não há informação e/ou compactação em desacordo com projeto (10 pontos)	

	tecnológico durante execução (0 pontos)	a		
<b>Existência de drenagem interna (f)</b>	Drenagem construída conforme projeto ou não existe drenagem em projeto (0 pontos)	Drenagem corretiva construída posteriormente e a conclusão da barragem (4 pontos)	Sistema de drenagem em desacordo com projeto ou inexistente ou desconhecida ou estudo não confiável ou inoperante (10 pontos)	
<b>Fundação (g)</b>	Fundação investigada conforme projeto (0 pontos)	Fundação parcialmente investigada (6 pontos)	Fundação desconhecida/Estudo não confiável (10 pontos)	
<b>Método Construtivo (h)</b>	Etapa única (0 pontos)	Alteamento a jusante (2 pontos)	Alteamento por linha de centro (5 pontos)	Alteamento a montante ou desconhecido (10 pontos)
<b>Instrumentação (i)</b>	Existe instrumentação de acordo com o projeto técnico (0 pontos)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto, porém em processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (2 pontos)	Existe instrumentação em desacordo com o projeto sem processo de instalação de instrumentos para adequação ao projeto (6 pontos)	Barragem não instrumentada em desacordo com o projeto (8 pontos)
<b>Idade da barragem (j)</b>	Entre 5 e 15 anos (1 ponto)	Entre 15 e 30 anos (2 pontos)	< 5 anos ou > 30 anos ou sem informação (3 pontos)	

1.1 Características Técnicas (CT) = a + b + c + d + e + f + g + h + i + j

**Tabela 34 - Parâmetros avaliativos do Estado de Conservação (EC) de Barragens de Rejeito (1.2)**

<b>Confiabilidade e das Estruturas Extravasoras (k)</b>	Estruturas civis bem mantidas e em operação normal /barragem sem necessidade de estruturas extravasoras	Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação	Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas	Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem
---	---	--	--	--

	(0 pontos)	(3 pontos)	corretivas necessárias, sem restrição operacional e extravasor com capacidade plena (6 pontos)	medidas corretivas (10 pontos)
<b>Percolação (l)</b>	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0 pontos)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3 pontos)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6 pontos)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10 pontos)
<b>Deformações e Recalques (m)</b>	Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0 pontos)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2 pontos)	Existência de trincas e abatimentos sem implantação das medidas corretivas necessárias (6 pontos)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10 pontos)
<b>Deterioração dos Taludes / Paramentos (n)</b>	Não existe deterioração de taludes e paramentos (0 pontos)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2 pontos)	Erosões superficiais, ferragem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias. (6 pontos)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10 pontos)
<b>Drenagem Superficial (o)</b>	Drenagem superficial existente e operante (0 pontos)	Existência de trincas e/ou assoreamento e/ou abatimentos com medidas	Existência de trincas e/ou assoreamento e/ou abatimentos sem medidas	Drenagem superficial inexistente (5 pontos)

		corretivas em implantação (2 pontos)	corretivas em implantação (4 pontos)
--	--	--	--

1.2 Estado de Conservação (EC) = k + l + m + n + o

**Tabela 35 - Parâmetros avaliativos do Plano de Segurança da Barragem (PS) de Barragens de Rejeito (1.3)**

<b>Documentação de Projeto (p)</b>	Projeto executivo e "como construído" (0 pontos)	Projeto executivo ou "como construído" (2 pontos)	Projeto "como está" (3 pontos)	Projeto básico (5 pontos)	Projeto conceitual (8 pontos)	Não há documentação de projeto (10 pontos)
<b>Estrutura Organizacional e Qualificação dos Profissionais na Equipe de Segurança da Barragem (q)</b>	Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem ou é barragem não enquadrada nos incisos I, II, III ou IV, parágrafo único do art. 1º da Lei nº 12.334/2010 (0 pontos)	Possui profissional técnico qualificado (próprio ou contratado) responsável pela segurança da barragem (1 ponto)	Possui unidade administrativa sem profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem (3 pontos)	Não possui unidade administrativa e responsável técnico qualificado pela segurança da barragem (6 pontos)		
<b>Manuais de Procedimentos para Inspeções de Segurança e</b>	Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e	Possui apenas manual de procedimentos de monitoramento (2 pontos)	Possui apenas manual de procedimentos de inspeção (4 pontos)	Não possui manuais ou procedimentos formais para		

<b>Monitoramento (r)</b>	operação ou é barragem não enquadrada nos incisos I, II, III ou IV, parágrafo único do art. 1º da Lei nº 12.334/2010 (0 pontos)			monitoramento e inspeções (8 pontos)		
<b>Plano de Ação Emergencial PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador) (s)</b>	Possui PAE (0 pontos)	Não possui PAE (não é exigido pelo órgão fiscalizador) (2 pontos)	PAE em elaboração (4 pontos)	Não possui PAE (quando for exigido pelo órgão fiscalizador) (8 pontos)		
<b>Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de Análise de Segurança (t)</b>	Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança ou é barragem não enquadrada nos incisos I, II, III ou IV, parágrafo único do art. 1º da	Emite regularmente apenas relatórios de Análise de Segurança (2 pontos)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção e monitoramento (4 pontos)	Emite regularmente apenas relatórios de inspeção visual (6 pontos)	Não emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento e de Análise de Segurança (8 pontos)	

Lei nº 12.334/20 10 (0 pontos)					
---	--	--	--	--	--

1.3 Plano de Segurança da Barragem (PS) = p + q + r + s + t

Fonte: Elaboração própria a partir da Resolução ANM Nº 95 de fevereiro de 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/legislacao/resolucao-no-95-2022.pdf>. Acessado em 12 de janeiro de 2024.