

## AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a todos que tiveram participação neste trabalho de formatura.

À minha companheira, Beatriz, que esteve sempre ao meu lado, me orientou em diversos momentos e me deu motivação.

Aos meus pais e irmão. O que seria de mim hoje sem as oportunidades e suporte emocional que me deram? Agradeço imensamente por fazer parte dessa família.

Ao meu orientador, prof. Dr. Maurício Bergerman pelos ensinamentos e paciência.

## RESUMO

Dados os recentes casos de rompimentos de barragens de rejeito de mineração, Mariana (2015) e Brumadinho (2019), a necessidade de se dar um novo uso ao rejeito de mineração é alta. Este trabalho teve como objetivo estudar, sob os pontos de vista técnico e logístico, a possibilidade de se utilizar o rejeito de minério de ferro como insumo para fabricação de cimento. Para compreender a parte técnica, foram feitas pesquisas em literatura e conversas com profissionais da Votorantim Cimentos, nas quais foi possível compreender que a possibilidade existe e que essa introdução do rejeito de minério de ferro ao processo deveria ser feita por meio de balanços de massa utilizando os módulos químicos da farinha crua. Esse novo insumo deve ser pesado e inserido conforme a dosagem calculada. Quanto ao estudo logístico, utilizou-se bases de dados com localizações de 89 fábricas de cimento e de 229 barragens de rejeito de minério de ferro para calcular as distâncias entre elas. Foi observado que 21 fábricas possuem barragens a menos de 200 km de distância, e que caso todas as 89 fábricas de cimento substituíssem 100% de sua matéria prima de ferro pelo rejeito, isso resultaria em uma redução mássica de 3,6 milhões de toneladas de rejeito de minério de ferro, o que equivale a 1,04% do total.

**Palavras-chave:** rejeitos de mineração, barragens de rejeitos, cimento, caracterização tecnológica de minérios.

## ABSTRACT

Due to the recent cases of tailing dam collapse, Mariana (2015) and Brumadinho (2019), the need to give mining tailing a new commercial use is high. The aim of this research was to study, by a technical and a logistic view, the possibility of using Iron Ore Tailing (IOT) as an input to cement production. For the comprehension of the technical stage, the literature was consulted and other information has been taken from professionals of Votorantim Cimentos. From these informations, it was possible to understand that it is able to be done and the introduction of the IOT to the process must be controlled by a mass balance calculated through chemical modules. This new input must have its weight checked and then introduced according to its calculated dosage. The logistic study was supported by a data base containing the location of 89 cement plants and 229 iron ore tailing dams, of which were calculated the distance between them. The results showed that 21 plants have an IOT dam near in a distance that stands under than 200 km, and if the IOT were 100% substituted, it would effect in a reduction of 3,6 million tonnes of tailings, which representes 0,16%. This means that even if the consumption of IOT is high, the impact on the volume present in dams would still be small.

**Keywords:** mining tailing, tailing dam, cement, ore technological characterization.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – O processo de fabricação de cimento. ....	15
Figura 2 – Fluxo de raciocínio para cálculo do Consumo Potencial de Rejeito .....	20
Figura 3 – Produção de cimento no Brasil durante o ano de 2017 segmentada pelas regiões geográficas. ....	24
Figura 4 – Quantidade de fábricas de cimento por cimenteira. ....	24
Figura 5 – Dados de barragens de rejeito: quantidade de barragens segundo minério extraído (esquerda) e volume (%) de rejeito segundo minério extraído (direita). ....	25
Figura 6 – Localização geográfica das barragens de rejeito de minério de ferro no Brasil. ....	27
Figura 7 – Localização geográfica das fábricas de cimento no Brasil. ....	28
Figura 8 – Quantidade de fábricas de cimento e de barragens de minério de ferro por Unidade da Federação. ....	28
Figura 9 – Ranking das Unidades Federativas segundo CPR (milhões de toneladas). ....	30
Figura 10 – Valores de CPR (milhões de toneladas) segundo as cinco regiões do Brasil. ....	31
Figura 11 – Impacto gerado pelo Consumo Potencial de Rejeito por região do Brasil .....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química de amostra de rejeito de minério de ferro das mineradoras Samarco e Vale.....	13
Tabela 2 – Fórmulas dos módulos químicos e os respectivos valores usuais da indústria.....	16
Tabela 3 – Dosagem dos óxidos para fabricação do cimento.....	16
Tabela 4 – Composição química dos óxidos do cimento Portland .....	19
Tabela 5 – Quantidade de barragens de rejeito mineração (769) e de fábricas de cimento (89) por estado brasileiro.....	24
Tabela 6 – Impacto nacional do consumo de rejeito de minério de ferro para fabricação de cimento.....	32
Tabela 7 – As 10 fábricas com as menores distâncias e as respectivas barragens..	33

## SUMÁRIO

1. Introdução e Objetivos .....	9
2. Revisão Bibliográfica .....	11
2.1. Rejeito de minério de ferro .....	11
2.2. Preparação de matérias primas e formação da farinha.....	14
3. Materiais e Metodologia .....	18
4. Resultados e Discussão .....	23
5. Conclusão .....	35
6. Referências Bibliográficas .....	37
7. Apêndice.....	40
7.1. APÊNDICE A – Base de dados das fábricas de cimento .....	40
7.2. APÊNDICE B – Consumo Potencial de Rejeito (CPR) por UF .....	43
7.3. APÊNDICE C – Ranking das fábricas de cimento com as respectivas barragens de rejeito de minério de ferro mais próximas (versão completa da Tabela 7) .....	44
8. Anexo.....	48
8.1. ANEXO A – Base de dados das barragens de rejeito de minério de ferro .....	48

## 1. Introdução e Objetivos

Recentemente, a ocorrência de dois desastres motivados pela desestabilização de duas barragens de rejeito de mineração chamou a atenção do mundo todo para o setor: Mariana (2015) e Brumadinho (2019). Ambos acidentes geraram questionamentos por parte da sociedade civil relacionados aos métodos de alteamento das barragens, à possibilidade de métodos alternativos de disposição do rejeito e também à viabilidade de se reaproveitar economicamente esse tipo de material residual.

Em relação ao método de construção de barragem de mineração no Brasil, há uma atuação por parte dos órgãos públicos no sentido de buscar que esses acidentes não mais ocorram devido à menor segurança que o método de alteamento à montante proporciona. A exemplo disso, a Agência Nacional de Mineração (ANM) publicou a Resolução N°4 – Art 2º no qual afirma-se que “fica proibida a utilização do método de construção ou alteamento de barragens de mineração denominado ‘a montante’ em todo o território nacional”.

Contudo, a ANM atua como agência regulatória do setor minerário brasileiro, e, diretamente, pouco pode realizar com relação aos métodos alternativos de disposição de rejeito e de reaproveitamento econômico desse material. Sob esses aspectos, cabe aos empreendimentos proprietários propor novas soluções para os rejeitos gerados no processo de beneficiamento mineral.

Sob essa perspectiva, existem diversos estudos técnicos que buscam promover um segundo uso para esse material. Sosa (2016) desenvolveu um método de aproveitar rejeito de minério de cobre como fíler em misturas asfálticas; Onuaguluchi e Eren (2016) estudaram como poderia ser aproveitado o rejeito do processamento de minério de cobre de forma a substituir o cimento contido no concreto ou apenas como insumo adicional ao mesmo.

Nesse sentido, o estudo acerca do uso comercial de rejeito do processamento de minério de ferro como insumo para a fabricação de cimento surge como uma opção de reaproveitamento econômico em grande escala e, possivelmente, de interesse por

parte tanto do empreendimento minerador quanto da cimenteira. A princípio, essa proposta é capaz de reduzir de maneira significativa o volume atual de rejeito de mineração, visto que a indústria cimenteira nacional, em 2017, produziu 54 milhões de toneladas de cimento, segundo dados do Sindicato Nacional do Cimento.

No entanto, a viabilidade técnica não deve ser o único estudo a ser realizado. Segundo Heider (2019), há outros elementos que devem ser considerados também: custos de transporte, criação de estruturas para armazenamento e estocagem durante o fluxo produtivo, disponibilidade de capital, custos relacionados ao tratamento do rejeito, desenvolvimento de mercado se dá a longo prazo, falta de incentivos e garantia da qualidade dos produtos cuja matéria prima seria o rejeito de mineração. Heider (2019) questiona e elenca os grandes entraves de se introduzir o rejeito de mineração com um subproduto, e afirma que “existem diversos estudos relativos ao reaproveitamento dos resíduos, mas não existem análises de viabilidade econômica e de impacto das propostas”.

Por isso, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a viabilidade técnica e logística de se utiliza rejeito do processamento de minério de ferro para fabricação de cimento no Brasil. Para isso, revisou-se a literatura a fim de avaliar a possibilidade técnica do uso de rejeito de flotação de minério de ferro e da lama para fabricação de cimento, realizou-se o estudo do cenário atual brasileiro sob a perspectiva territorial para transporte desse material das barragens até as fábricas de cimento.

## **2. Revisão Bibliográfica**

### **2.1. Rejeito de minério de ferro**

Segundo Chaves (2012), a grande maioria dos minerais de interesse se encontra associada com outros de menor ou nenhum valor econômico, e para aproveitá-los industrialmente é necessário beneficiar o material lavrado de forma que ele possa ser trabalhado em maior grau de pureza. Inerente a esse processo de tratamento do minério existem dois materiais resultantes possíveis: o concentrado, de alto valor agregado, e o rejeito.

De acordo com a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, Capítulo II, Definição XV

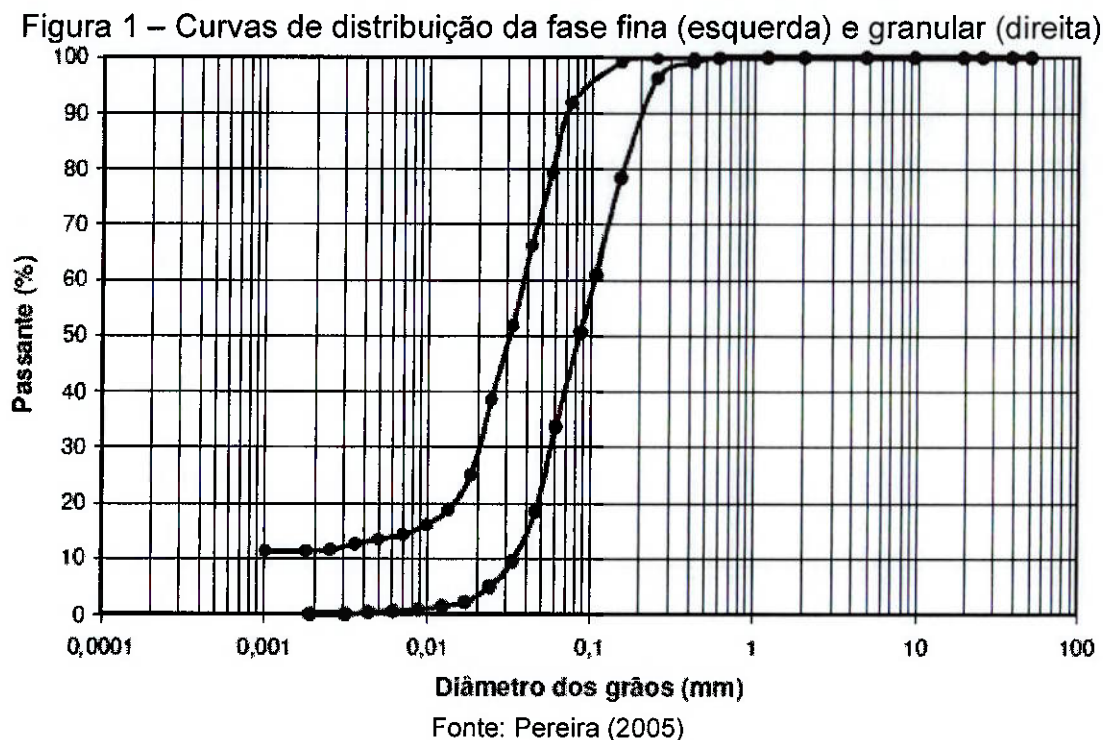
“Rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.”

Dada essa definição, entende-se, portanto, a necessidade das barragens para contenção de rejeito de mineração. Pois esse material residual se encontra na forma de polpa, é pobre em termos de teor de minério, possui granulometria fina e apresenta baixo valor agregado, ou seja, trata-se de um passivo financeiro e ambiental para o empreendimento. E esse contexto faz com que seja armazenado em um local sem muitos tratamentos prévios, buscando evitar que sua disposição adicione custo ao processo.

Segundo IBRAM (2019, p.43), somente o minério de ferro, em 2018, foi responsável por deter 68% da balança comercial brasileira de bens minerais exportados. Além de produzir e exportar essa commodity, o país também produz grandes quantidades de rejeito do processamento do minério de ferro, que, segundo a ANM (2019), equivalem a 1,32 bilhão de metros cúbicos alocados em 229 barragens. Atualmente, a barragem apenas gera custos aos empreendimentos, e por isso seu conteúdo apresenta um potencial de ser reutilizado de forma comercial, o que pode reduzir tanto seus custos de operação quanto a possibilidade de geração de danos sociais e ambientais.

A caracterização tecnológica de amostras desse material é o primeiro passo a ser dado para o estudo de seu reaproveitamento (HEIDER, 2019) e permite conhecer sua composição química, sua mineralogia e a granulometria das partículas.

Segundo Pereira (2005), existem, em função da granulometria, dois tipos de rejeito, os finos, também chamados de lama, e os granulares, cuja composição química é 73% SiO<sub>2</sub> e 14,2% Fe, e, como a rocha de origem é o itabirito, compreende-se que se tratam de quartzo e hematita. Ainda segundo Pereira (2005, p. 13) “Esses rejeitos [lama], em geral, são extremamente finos, caracterizados por conter basicamente frações granulométricas correspondentes a silte e argila (com mais de 90% abaixo de 0,074 mm de diâmetro equivalente).” Na Figura 1 é possível observar na curva de distribuição granulométrica da fase fina (esquerda) o valor do P<sub>90</sub> aproximado de 0,074 mm, ao passo que na fase granular esse valor é de 0,2 mm.



A lama e o rejeito granular, dependendo da planta de beneficiamento mineral, são lançados em barragens distintas, e em outros casos, a mesma barragem pode conter ambos, onde aproximadamente 13% correspondem à massa de lama (PEREIRA, 2005). No caso da base criada pela ANM em 2019, estão listados os dois tipos de barragens, e a princípio não houve distinção no momento do cadastramento.

Quanto as propriedades físicas de amostras nas quais se encontram ambos os tipos de rejeito de algumas mineradoras brasileiras, na Tabela 1, observa-se que a densidade aparente do material seco se encontra entre 1,58 t/m<sup>3</sup> e 1,99 t/m<sup>3</sup>, havendo uma média de 1,74 t/m<sup>3</sup>.

Tabela 1 – Densidade aparente de rejeito do processamento de minério de ferro das mineradoras Samarco e Vale

<b>Empresa</b>	<b>Barragem</b>	<b>Densidade aparente (t/m<sup>3</sup>)</b>
Samarco Mineração S.A.	Barragem de Germano	1,64
Vale S.A. - Itabira	Itabiruçu	1,58
Vale S.A. - Itabiritos	Forquilha III	1,85
Vale S.A. - Mariana	Campo Grande	1,99
Vale S.A. - Mariana	Doutor	1,62
<b>Média</b>		<b>1,74</b>

Fonte: Pereira (2005).

É importante notar, na Tabela 2, a predominância do ferro (Fe) na composição do rejeito fino, sendo que seu óxido (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) é componente fundamental para o processo de fabricação do cimento, somam-se a ele os óxidos de cálcio (CaO), de silício (SiO<sub>2</sub>) e de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Tabela 2 – Porcentagem de sólidos, resultados de análises química e granulométrica de amostras de rejeito fino (lama) de minas da Vale S.A. (\*umidade natural)

<b>Mina (Vale S.A.)</b>	<b>% sólidos</b>	<b>Fe (%)</b>	<b>Al (%)</b>	<b>P<sub>80</sub> (µm)</b>
Córrego do Feijão (hematita)	4,0	56,3	1,3	14
Córrego do Feijão (itabirito)	2,8	46,3	2,0	25
Brucutu	16,9	44,8	3,1	18
Conceição	17,8	44,3	1,0	28
Fábrica Nova	2,6	53,4	1,1	15
Cauê	0*	45,6	1,1	25
Alegria (hematita)	7,8	51,8	2,4	15
Alegria (itabirito)	14,5	48,6	1,2	18
Carajás	36,1	64,0	0,8	11
<b>Média (sem Carajás e Cauê)</b>	<b>9,5</b>	<b>49,4</b>	<b>1,7</b>	<b>19</b>
<b>Média (com Carajás e Cauê)</b>	<b>11,4</b>	<b>50,6</b>	<b>1,6</b>	<b>19</b>

Fonte: Wolff (2009).

A Tabela 3 apresenta as principais fases minerais de cada uma das minas analisadas por Wolff (2009) em seu trabalho de caracterização de rejeitos do processamento de minério de ferro de 9 minas da Vale S.A.

Tabela 3 – Principais fases minerais do rejeito de minério de ferro.

<b>Mina (Vale S.A.)</b>	<b>Fases minerais</b>
Córrego do Feijão (hematita)	Hematita, Magnetita, Caulinita, Quartzo
Córrego do Feijão (itabirito)	Hematita, Caulinita, Quartzo
Brucutu	Hematita, Caulinita, Quartzo
Conceição	Hematita, Caulinita, Quartzo
Fábrica Nova	Hematita, Caulinita, Quartzo
Cauê	Hematita, Caulinita, Quartzo
Alegria (hematita)	Hematita, Caulinita, Quartzo
Alegria (itabirito)	Hematita, Caulinita, Quartzo
Carajás	Hematita

Fonte: Wolff (2009).

Wolff (2009) notou em seu trabalho que a sílica pode estar presente em minerais e frações granulométricas distintas, o quartzo ( $\text{SiO}_2$ ) está contido principalmente nas frações mais grossas (acima de  $74 \mu\text{m}$ ) do rejeito enquanto a caulinita ( $\text{Al}_2\text{SiO}_5(\text{OH})_4$ ) se encontra em sua maioria nas frações mais finas (abaixo de  $74 \mu\text{m}$ ).

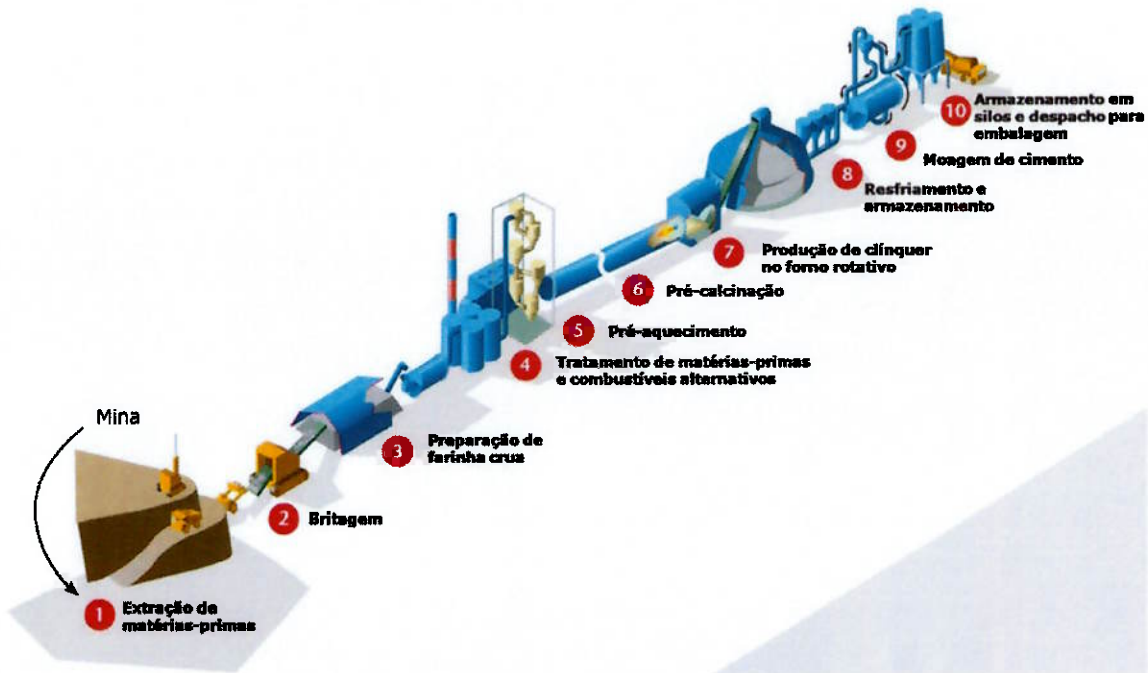
## 2.2. Preparação de matérias primas e formação da farinha

A argila, fonte de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (PECCHIO, 2013, p.5), e o minério de ferro, fonte de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (GOBBO, 2003, p.4), entram no processo de fabricação do cimento no momento em que ocorre a preparação das matérias primas junto ao calcário, fonte de  $\text{CaO}$  (PECCHIO 2013, p.5), o que dá origem a um produto intermediário denominado farinha crua, como observado no item 3 da Figura 2.

Nessa etapa de moagem da farinha, o calcário, após ser lavrado e britado, é moído em moinhos de bola e chega a um *topsize* de  $80 \mu\text{m}$  (KATTAR; ALMEIDA, 1999), onde também são adicionadas as demais matérias primas mencionadas, a fim de gerar uma

farinha com as dosagens corretas de cada um dos óxidos, além de reduzir a granulometria do material e homogeneizar a mistura.

Figura 2 – O processo de fabricação de cimento.



Fonte: IEA/WBCSD (2009 apud Roadmap [...], 2018, p.15).

Toda a matéria prima é moída pois é importante que a farinha atinja a granulometria especificada para que as reações entre as partículas sólidas dentro do forno rotativo ocorram corretamente. Li Luo (2016) afirma também que é importante que a sílica presente na forma de quartzo seja moída finamente, 100% passante em 80 µm, pois em granulometrias maiores gera impactos negativos na queimabilidade da farinha crua dentro do forno rotativo.

A cada 2 horas, os laboratórios das fábricas de cimento realizam análises químicas das matérias primas contidas em pilhas de homogeneização com vista em garantir a devida dosagem dos minerais na preparação da farinha (informação verbal). Assim, antes de entrarem no moinho, as massas das matérias primas são avaliadas segundo seus módulos químicos e dosadas em balanças pelos operadores da fábrica (MONTEIRO, 2019)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Informação fornecida por Monteiro durante conversa na Votorantim Cimentos, São Paulo, 2019.

Todos os cálculos feitos com base nesses módulos químicos, que aparecem na Tabela 4 e cujos valores de entrada são as porcentagens mássicas de cada mineral, possuem a função de aferir a qualidade do cimento, cujas propriedades são estabelecidas pelas proporções entre óxidos, conforme consta na Tabela 5. Portanto, todo material a compor a farinha deverá passar por essa etapa de conferência, ou seja, o mesmo ocorreria no caso de se utilizar o rejeito do processamento de minério de ferro.

Tabela 4 – Fórmulas dos módulos químicos e os respectivos valores usuais da indústria

Parâmetro	Equação	Valores usuais
FSC (Fator de Saturação de Cal)	$\frac{100 \cdot CaO}{2,8 \cdot SiO_2 + 1,2 \cdot Al_2O_3 + 0,65 \cdot Fe_2O_3}$	92% a 120%
MS (Módulo de Silica)	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3}$	2,2 a 3,0
MA (Módulo de Alumina)	$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$	1,2 a 2,5

Fonte: Duda (1975 apud Pecchio, 2013, p.5).

O teor dos óxidos destacados na Tabela 5 são fundamentais para a elaboração desse trabalho, posteriormente, todos os cálculos com base nesses dados serão explicitados para melhor compreensão.

Tabela 5 – Dosagem dos óxidos para fabricação do cimento.

Óxido	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Composição (%)	59 – 67	16 – 26	4 – 8	2 – 5

Fonte: Kattar e Almeida (1999).

Existem na literatura diversos estudos de caracterização tecnológica e de reaproveitamento do rejeito fino oriundo do processamento de minério de ferro. Li Luo *et al.* (2016) e Young e Yang (2018) comprovaram ser possível usar uma lama com baixo teor de hematita (14%) e teores relativamente elevados de alumino-silicatos como matéria prima que substitui a argila para preparação da farinha crua de forma que a mineralogia do clínquer não seja afetada e que forneça um cimento de melhor desempenho.

Dessa forma, sendo possível tecnicamente e operacionalmente utilizar o rejeito de minério de ferro como novo insumo na fabricação de cimento, ainda é necessário avaliar, segundo Heider (2019) os aspectos relativos à viabilidade logística e econômica do estudo.

Ainda de acordo com Heider (2019), a mineração de ferro possui um sistema de transporte integrado do concentrado, por meio de ferrovias e sistemas de carregamento e descarregamento contínuos. Contudo, o mesmo não existe para os rejeitos desse minério, e o uso de caminhões rodoviários geraria um alto custo para a mineradora. Ele ainda afirma que a distância entre a mina e o mercado consumidor de rejeito, nesse caso são as fábricas de cimento, é um fator crítico para viabilidade econômica de um projeto com esses intuitos.

### **3. Materiais e Metodologia**

O escopo deste trabalho pode ser resumido na intersecção entre duas áreas da mineração, são elas a destinação de rejeitos do processamento mineral e o uso de matérias primas minerais na indústria da construção civil.

Como primeira análise, foi feita a quantificação da massa de rejeito de minério de ferro que poderá ser utilizada como matéria prima da fabricação do cimento em escala nacional. A segunda análise teve como foco a questão do transporte do rejeito de minério de ferro, no sentido de verificar os pares - constituídos por fábrica de cimento e barragem de rejeito de minério de ferro - que possuem as menores distâncias entre si.

A base de dados referente à catalogação das barragens de mineração foi obtida diretamente pelo endereço eletrônico da ANM, e não houve necessidade de se realizar o tratamento dos dados. Já a base de dados das fábricas de cimento foi criada a partir de informações Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC), onde a partir de dados como nome das empresas de cimento e suas respectivas unidades fabris, foi possível obter dados de localização, como latitude e longitude.

O processo de tratamento dos dados constituiu em adequar as duas bases para que contenham os mesmos tipos de dados, como nome da barragem ou da fábrica, nome da empresa, coordenadas geográficas (latitude e longitude), região geográfica, Estado, Município e volume de rejeito (para barragens).

O primeiro produto desse trabalho foi a estimativa do volume de rejeito que poderá ser consumido pela cimenteira, por cada Unidade Federativa, denominado neste trabalho como Consumo Potencial de Rejeito (CPR). Esse valor será estimado a partir de parâmetros aproximados como dosagem de óxido de ferro e de óxido de silício no cimento (Tabela 5), porcentagens de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  presente no rejeito (Tabela 2), volumes de produção de cimento da Unidade Federativa onde se encontra a fábrica (Figura 4), densidade média aparente do rejeito (Tabela 1) e, também, o volume de rejeito de minério de ferro nas barragens (ANEXO A).

Embora esses valores sejam, na realidade, segundo Soares (2010), únicos para cada depósito mineral e, conseqüentemente, para cada barragem e, em paralelo, para cada operação de fabricação de cimento, entende-se que este trabalho por fazer uma análise em escala nacional está limitado a utilizar dados médios para estimativas posteriores.

Tabela 6 – Composição química dos óxidos do cimento Portland

Mineral	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	(Na,K) <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Total
De (%)	61,0	20,0	4,5	2,0	0,8	0,3	1,0	90
Até (%)	67,0	23,0	7,0	3,5	6,0	1,5	2,3	110
Média (%)	64,0	21,5	5,8	2,8	3,4	0,9	1,7	100

Fonte: Tartuce e Giovannetti (1990) e Petrucci e Paulon (1995).

Conforme mostrado na Figura 3, a premissa que viabiliza a estimativa é: a fábrica substituirá 100% do minério de ferro usado como matéria prima e passará a consumir somente rejeito de minério de ferro, tratando-se, portanto, de uma projeção otimista. Além disso, assume-se que as massas de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e SiO<sub>2</sub> presente no minério de ferro consumido pela fábrica de cimento serão as mesmas do Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e do SiO<sub>2</sub> presente no rejeito de minério de ferro.

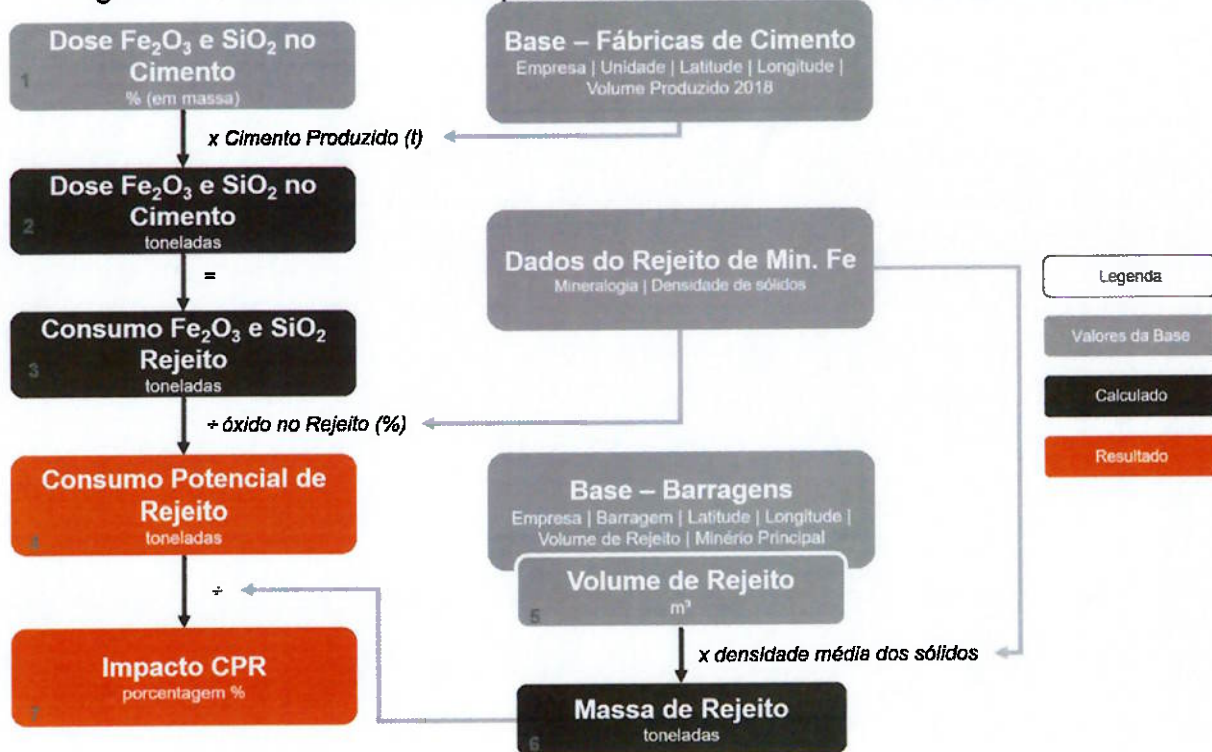
Dessa forma, dada a produção anual de cimento de determinada Unidade Federativa, em toneladas, é possível calcular as massas de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e de SiO<sub>2</sub> usadas no cimento pela multiplicação da produção anual de cimento pela porcentagem desses óxidos, que constam na Tabela 6. Esse resultado quando dividido pelo teor médio do respectivo óxido de barragens de rejeito, conforme Tabela 1, é igual ao Consumo Potencial de Rejeito (CPR) em toneladas.

$$CPR (t) = \frac{\text{Produção Cimento (t)} \times \text{Óxido no Cimento (\%)}}{\text{Óxido na Barragem (\%)}}$$

Assim, serão obtidos dois valores, um para cada óxido (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e SiO<sub>2</sub>), e apenas o menor deles será considerado como resultado. Isso pois caso opte-se pelo maior valor de CPR, o processo de produção receberia dosagem do outro óxido - cujo CPR não foi selecionado - acima do que foi utilizado para produzir a massa de cimento tida

como base de cálculo. Logo, ao considerar o menor CPR o valor de cimento produzido se mantém e evita incoerências.

Figura 3 – Fluxo de raciocínio para cálculo do Consumo Potencial de Rejeito



Fonte: elaboração própria (2019).

O cálculo do impacto gerado pelo CPR, isto é, a porcentagem de rejeito que corresponde à massa a ser reduzida das barragens, é igual à razão entre o valor de CPR em toneladas e a massa de rejeito contido nas barragens da Unidade Federativa em análise.

$$\text{Impacto CPR (\%)} = \frac{\text{CPR (t)}}{\text{Volume Barragem (m}^3\text{)} \times \text{Densidade Média (\frac{t}{m^3})}}$$

Como a avaliação é feita em escala nacional e conta com o pareamento entre cada uma das 89 fábricas de cimento e cada uma das 229 barragens de minério de ferro, a compilação manual não era viável. Assim, as duas bases foram inicialmente compiladas, via um mecanismo do software Microsoft Excel, o Power Query, criando todos os pares possíveis. Por meio disso, tornou-se possível inserir nessa nova base consolidada os dados de localização de cada empreendimento e os respectivos

volumes, seja de rejeito ou de produção de cimento. Nesse momento, os dados de localização, obtidos no formato de coordenadas geográficas (graus, minutos e segundos), foram convertidos para radianos, de modo que fosse possível realizar o cálculo das distâncias dos pares por meio da fórmula de Haversine, segundo Sinnott (1984).

A estimativa das distâncias entre os pares é calculada a partir dos conceitos de georreferenciamento e do método de cálculo de Haversine, segundo Tseng e Chang (2013). Para tal, duas novas colunas foram adicionadas à base, uma para cada equação do método utilizado, além da coluna cujo valor é a própria distância do par.

$$a = \sin^2(\Delta\varphi/2) + \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \sin^2(\Delta\lambda/2)$$

$$c = 2 \cdot \operatorname{atan2}(\sqrt{1-a}, \sqrt{a})$$

$$d = R \cdot c$$

Em que:

a = metade do comprimento da corda entre dois pontos

$\varphi_1$  = latitude da barragem

$\varphi_2$  = latitude da fábrica de cimento

$\lambda_1$  = longitude da barragem

$\lambda_2$  = longitude da fábrica de cimento

c = distância angular entre barragem e fábrica de cimento

R = raio médio da Terra (6.371 km)

d = distância linear entre barragem e fábrica de cimento (km)

Segundo Tseng e Chang (2013), o método de Haversine apresenta a distância entre dois pontos sobre a superfície de uma esfera considerando suas respectivas latitudes e longitudes. As equações desse método estão adaptadas para cálculos computacionais, como nesse caso, então foram usadas diretamente no *software Excel* para obtenção das distâncias.

Além disso, para melhor ilustração dos dados, os pares serão agrupados em regiões do país - segundo IBGE, as regiões são Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste

– devido ao fato de que existem pares em estados distintos mais próximos do que pares posicionados no mesmo estado.

Por fim, foram obtidos os seguintes resultados:

- I. Base consolidada das fábricas de cimento e barragens de rejeito de minério de ferro
  - Nome da mineradora
  - Nome da cimenteira
  - Latitude e longitude das fábricas e barragens
  - UF das fábricas e barragens
  - Volume de rejeito do processamento de minério de ferro (m<sup>3</sup>)
  - Distância entre fábrica e barragem (km)
  
- II. Ranking de Consumo Potencial de Rejeito:
  - UF
  - Região
  - Brasil
  
- III. Impacto do CPR sobre o volume de rejeito de minério de ferro
  - UF
  - Região
  - Brasil
  
- IV. Ranking das menores distâncias entre fábricas e barragens
  - Nome da cimenteira
  - Nome da mineradora
  - Nome da fábrica de cimento
  - Nome da barragem
  - CPR da UF da fábrica de cimento (milhares de toneladas)
  - Distância entre fábrica e barragem (km)

#### 4. Resultados e Discussão

Na preparação da farinha crua, caso os módulos químicos calculados com base nos resultados da análise química apontem que há deficiência de certo óxido, os insumos chamados de corretivos são adicionados à mistura. Se o valor calculado para o módulo de sílica (MS) estiver abaixo de 2,2, é prática comum da indústria que a porcentagem de SiO<sub>2</sub> seja corrigida pela adição de areia. Se o módulo de alumínio (MA) estiver abaixo de seu valor mínimo ideal (1,2), utiliza-se bauxita para correção, ou caso esteja acima de 2,5, acrescenta-se minério de ferro. Caso o fator de saturação de cal (FSC) não chegue a 92%, adiciona-se cal livre na etapa de preparação da farinha.

Dessa forma, como o rejeito do processamento de minério de ferro possui alto teor de ferro e baixo valor agregado, passa a se tornar interessante como substituto do minério de ferro usado como corretivo da farinha crua.

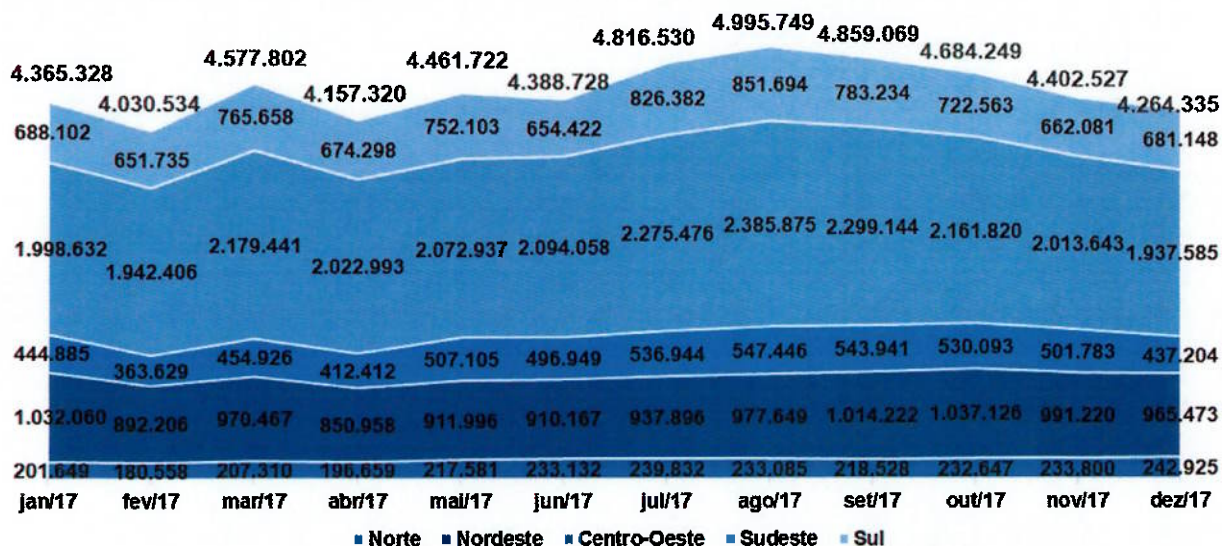
O quartzo contido nesse rejeito de minério de ferro passará, junto dos demais insumos, pela etapa de moagem da farinha crua e, portanto, sofrerá redução de tamanho devendo atingir, segundo Kattar e Almeida (1999), um *topsize* de 80 µm, o que não seria prejudicial às reações de formação do clínquer e à queimabilidade da farinha dentro do forno rotativo a 1450°C.

Uma outra possibilidade, já comprovada em outros estudos e citadas na revisão bibliográfica deste trabalho, seria de se utilizar a lama contida em algumas das barragens cadastradas como substituto da argila. Neste caso, como a porcentagem em massa da argila na farinha, segundo Pecchio (2013), é cerca de 20%, o consumo potencial de rejeito seria mais elevado.

Segundo o levantamento do SNIC, em 2017, foram produzidas, em média, 4,5 milhões de toneladas por mês de cimento no Brasil, totalizando 54 milhões de toneladas desse produto no ano, como observado na Figura 4.

Figura 4 – Produção de cimento no Brasil durante o ano de 2017 segmentada pelas regiões geográficas.

**Cimento produzido no Brasil (2017) em toneladas: 54.003.893**



Fonte: elaboração própria a partir de dados do SNIC (2017).

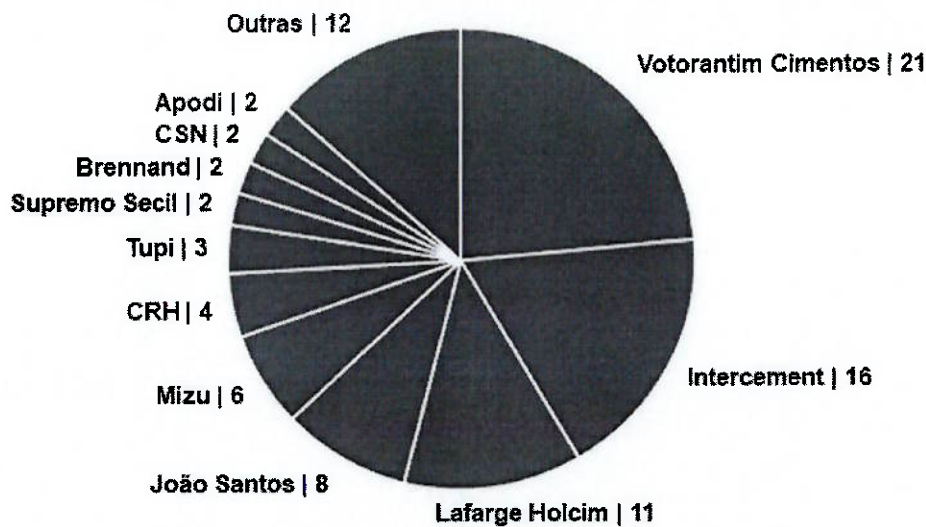
A base de dados gerada a partir das pesquisas desse estudo mostra que as 89 fábricas responsáveis por gerar essa massa estão distribuídas em 24 das 27 Unidades Federativas nacionais, conforme observado na Tabela 7, apenas Acre, Roraima e Amapá não contam com fábricas de cimento. Ao todo, 23 empresas de cimento são proprietárias de 89 fábricas, e deste total, 21 fábricas pertencem à Votorantim Cimentos, 16 à Interceмент, e 11 à Lafarge Holcim, como visto na Figura 5.

Tabela 7 – Quantidade de barragens de rejeito mineração (769) e de fábricas de cimento (89) por estado brasileiro.

Unidade Federativa	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA
Quantidade de barragens	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	193	15	0	16
Quantidade de fábricas de cimento	0	2	2	0	3	5	2	3	3	3	15	2	2	2
Unidade Federativa	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO	BR
Quantidade de barragens	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>229</b>
Quantidade de fábricas de cimento	4	4	1	3	7	3	1	0	3	5	3	10	1	<b>89</b>

Fonte: elaboração própria (2019).

Figura 5 – Quantidade de fábricas de cimento por cimenteira.



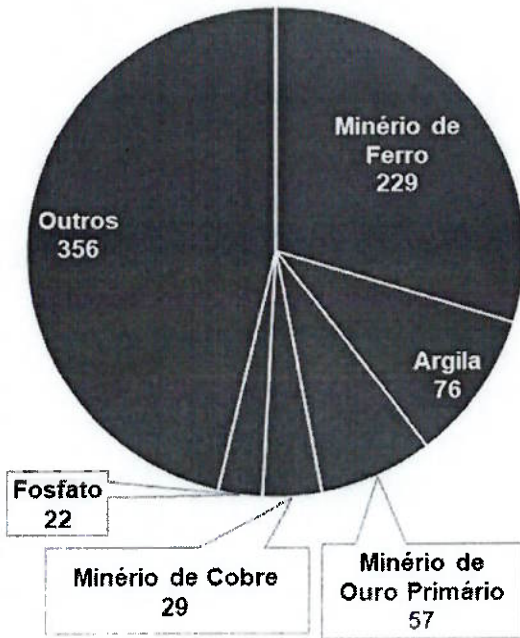
Fonte: elaboração própria a partir de dados do SNIC (2017).

Em relação às barragens, a partir da base de dados obtidos pela ANM (2019), estão cadastradas 769 barragens de rejeito ao redor do país, das quais 229 são de minério de ferro o que corresponde a um volume de 1.322.624.445 m<sup>3</sup> ou, conforme mostrado na Figura 6 a 38% do volume total de rejeito de mineração gerado até hoje no Brasil. Vê-se que o fato do minério de ferro ser a principal commodity mineral comercializada pelo Brasil (IBRAM, 2019) reflete no volume de rejeito que seu processo de concentração mineral produz. Portanto, este é tipo de rejeito que pode gerar maior impacto caso os resultados desse estudo sejam positivos e consigam mensurar o quanto desse material poderá ser consumido pela indústria do cimento.

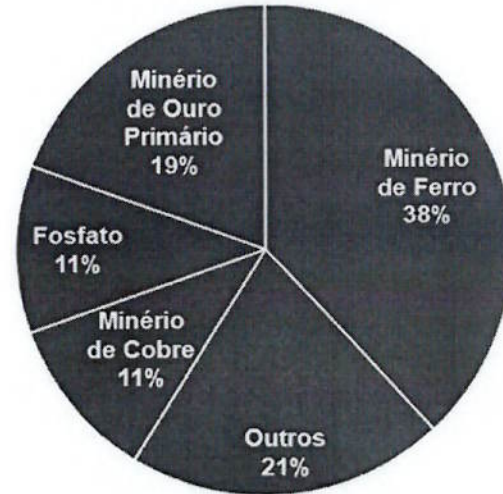
Como observado tanto na Tabela 7 quanto na Figura 7, apesar de 20 dos 27 estados possuírem barragens de rejeito de mineração, quando se trata somente das que contêm rejeito de minério de ferro esse número se reduz a apenas 5 estados. Ao todo, há 1 barragem de rejeito de minério de ferro no Rio de Janeiro (RJ), 4 no Amapá (AP), 15 no Mato Grosso do Sul (MS), 16 no Pará (PA) e 193 em Minas Gerais (MG).

Figura 6 – Dados de barragens de rejeito: quantidade de barragens segundo minério extraído (esquerda) e volume (%) de rejeito segundo minério extraído (direita).

Quantidade de barragens segundo minério extraído



Volume (%) de rejeito segundo minério extraído



Fonte: elaboração própria (2019)

A Figura 8 e a Figura 9, mostram que Minas Gerais, por apresentar o maior número de fábricas de cimento (15) e também o maior número de barragens de minério de ferro (193), é possivelmente o estado onde haverá maior potencial de consumo e de fornecimento de rejeito de minério de ferro para fabricação de cimento.

Além de MG, os estados Mato Grosso do Sul, Pará e Rio de Janeiro também apresentam algum potencial, quando observados sob esta primeira avaliação. No Amapá, esse potencial é zero devido à inexistência de fábricas de cimento na região.

Figura 7 – Localização geográfica das barragens de rejeito de minério de ferro no Brasil.



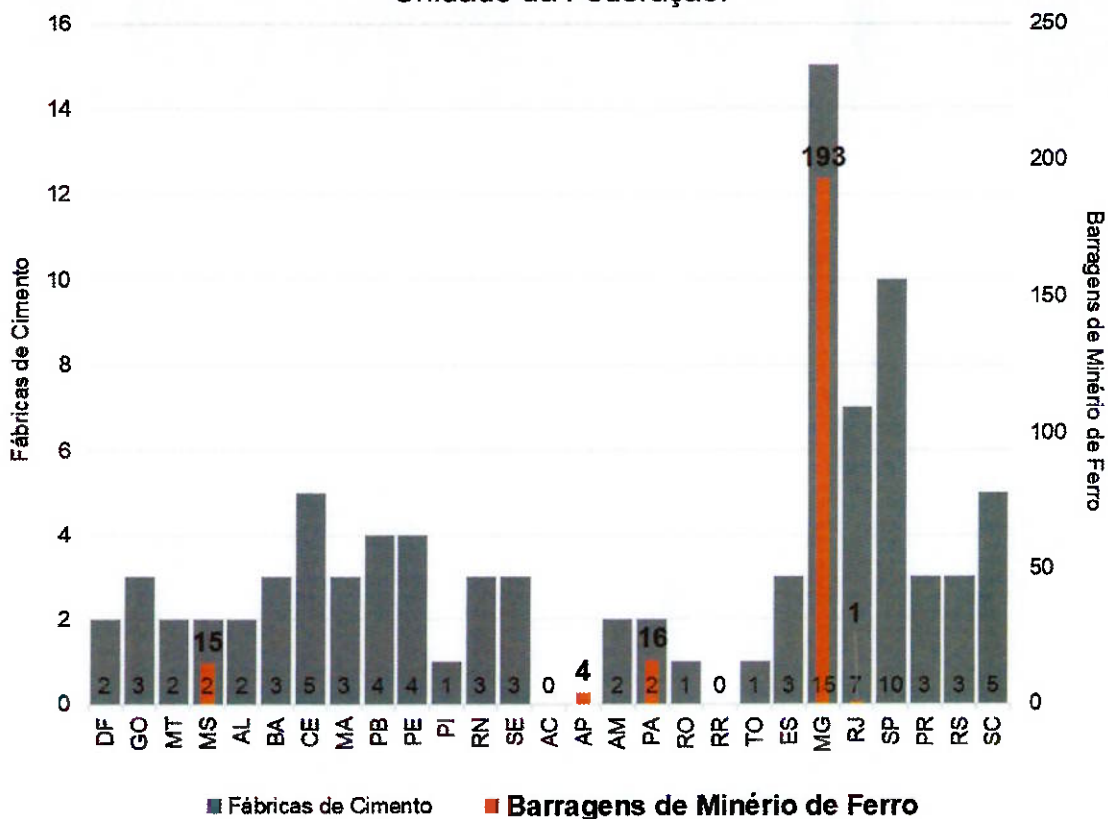
Fonte: elaboração própria (2019).

Figura 8 – Localização geográfica das fábricas de cimento no Brasil.



Fonte: elaboração própria (2019).

Figura 9 – Quantidade de fábricas de cimento e de barragens de minério de ferro por Unidade da Federação.



Fonte: elaboração própria a partir de dados do SNIC (2017) e da ANM (2019).

No entanto, o fato de não haver fábrica em determinado estado não indica que não há nenhuma possibilidade do intercâmbio de matéria prima, pois é possível que se transporte matéria de um estado para outro. Dessa forma, como antes dito, outro modo de analisar o Consumo Potencial de Rejeito (CPR) se dará pela observação do potencial das regiões do país e não somente por estado, como será tratado posteriormente na Figura 11.

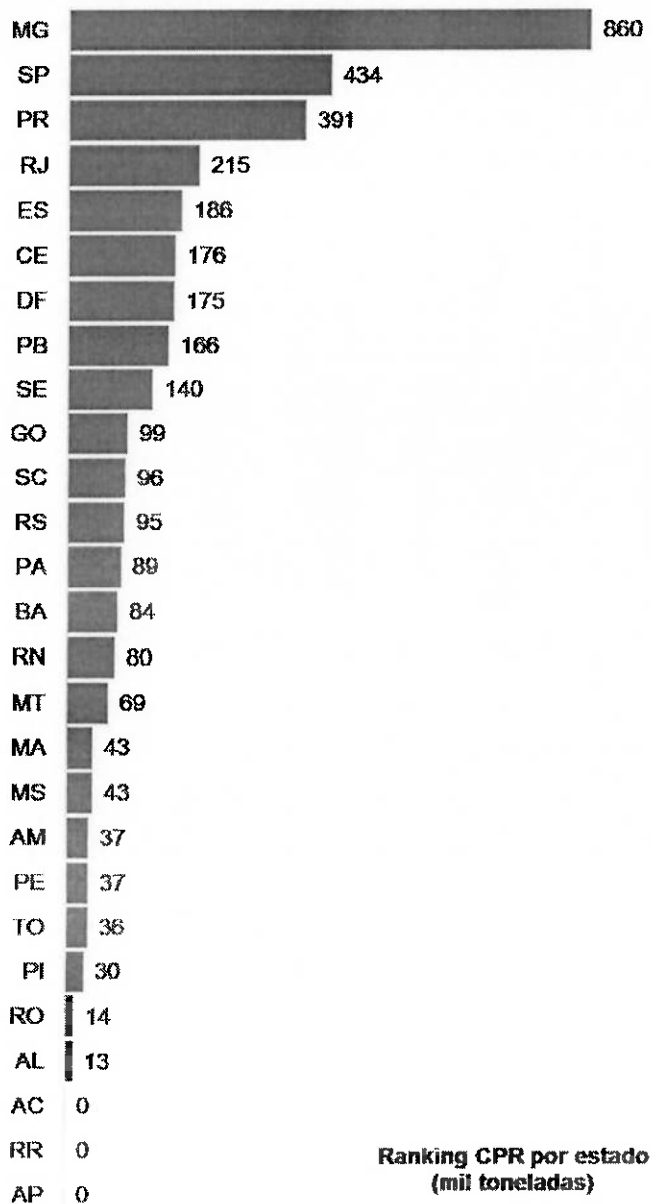
A Figura 10 apresenta um ranking das Unidades Federativas (UF) segundo os valores de CPR, em milhões de toneladas. É importante compreender que os estados representam os conjuntos de fábricas de cimento que existem neles. Esses valores representam as massas de rejeito que cada estado estaria apto a consumir para gerar a quantidade de cimento que produziram em 2017.

Observa-se, na Figura 10 a confirmação de que MG apresenta alto potencial de consumo de rejeito. Isto atrelado ao fato de possuir 193 barragens de rejeito de minério de ferro em seu território, torna esse estado o principal consumidor em potencial de rejeito para fabricação de cimento. Importante ressaltar que Minas Gerais é também principal fornecedor de rejeito pois 860 mil toneladas de rejeito equivalem somente a 0,04% do que possui em suas barragens, e por isso deverá suprir suas fábricas e fornecer às dos demais estados a sua volta.

Em segundo está o estado de São Paulo que, apesar de ter apresentado alta produção de cimento e possuir 10 fábricas de cimento (Tabela 7) não conta com barragens de rejeito do processamento de minério de ferro dentro de seus limites o que não configura como potencial fornecedor e sugere-se que adquira rejeito de outros estados, sendo Minas Gerais um exemplo.

Já o Rio de Janeiro, que aparece em 4º lugar, possui 3 barragens que comportam um total de 576 mil toneladas de rejeito, ou seja, o impacto do CPR sobre as barragens deverá ser elevado, levando o RJ, também, a uma posição de destaque. Nesse caso, como a massa obtida pelo cálculo do CPR é maior que o que possui de rejeito, o estado do Rio de Janeiro deverá, assim como SP, obter esse material oriundo de Minas Gerais.

Figura 10 – Ranking das Unidades Federativas segundo CPR (mil toneladas).



Fonte: elaboração própria (2019).

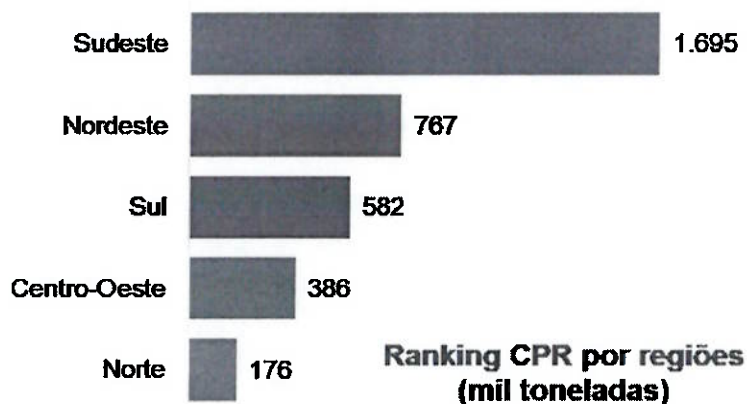
Em terceiro colocado, o Paraná mostra ter forte potencial para consumo de rejeito de minério de ferro, podendo absorver 391 mil toneladas de rejeito no processo de fabricação de cimento. Como o estado não possui nenhuma barragem de rejeito de minério de ferro, ele estaria sujeito a obter esse possível insumo de outro estado, como por exemplo, do Mato Grosso do Sul.

Com relação aos estados do Pará e do Mato Grosso do Sul, posições 13º e 18º no ranking respectivamente, apesar de comportarem ao todo 31 barragens de minério de ferro, os dados obtidos pelo SNIC (2017) indicam que não tiveram produção de cimento significativa e por isso seus valores obtidos de CPR foram abaixo. Isso mostra que ambos teriam baixo consumo de rejeito e por isso não gerariam tanto impacto, porém o elevado volume de rejeito que possuem (220 milhões de toneladas no total) sugere que são estados que fornecerão esse insumo para demais localidades, assim como Minas Gerais.

Quanto aos demais estados que não possuem barragens de rejeito de minério de ferro em seus territórios e apresentam algum valor de CPR, como por exemplo Espírito Santo, Ceará, Distrito Federal, Paraíba, entre outros listados na Figura 10, todos esses somam um Consumo Potencial de Rejeito estimado de 702 kt. Esse rejeito terá origem nos estados do Amapá, Minas Gerais, Pará e Mato Grosso do Sul.

Como dito anteriormente, a Figura 11 mostra a consolidação dos valores de CPR para cada uma das regiões geográficas, cuja soma leva à estimativa do Consumo Potencial de Rejeito do Brasil: 3.605.462 toneladas. Esse número em relação à massa de rejeito de minério de ferro atual do país é igual a 0,16%, conforme apresentado na Tabela 8. Ou seja, essa seria a redução em massa que as barragens sofreriam caso todas as fábricas de cimento passassem a consumir o rejeito de minério de ferro.

Figura 11 – Valores de CPR (milhões de toneladas) segundo as cinco regiões do Brasil.



Fonte: elaboração própria (2019).

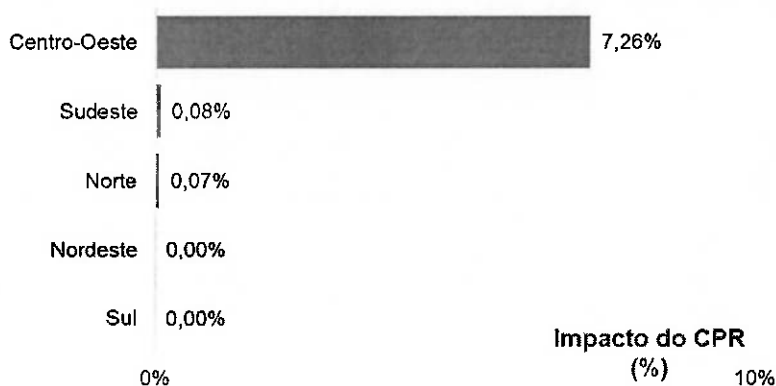
Tabela 8 – Impacto nacional do consumo de rejeito de minério de ferro para fabricação de cimento.

Produção Cimento (t)	CPR Brasil (t)	Rejeito de minério de ferro - Brasil (t)	Impacto CPR Brasil (%)
54.003.893	3.605.462	2.284.833.730	0,16%

Fonte: elaboração própria (2019).

Adicionalmente, a Figura 12 exibe os impactos calculados para cada região do país. É importante compreender que o Centro-Oeste se encontra em destaque devido ao seu CPR ser mais próximo de sua massa de rejeito, respectivamente 2,5 Mt versus 5,3 Mt frente às regiões Sudeste (11,1 Mt versus 2.018 Mt) e Norte (1,2 Mt versus 261 Mt).

Figura 12 – Impacto gerado pelo Consumo Potencial de Rejeito por região do Brasil



Fonte: elaboração própria (2019).

A Tabela 9 apresenta a seleção das barragens que apresentaram a menor distância com relação à cada uma das 89 fábricas de cimento, junto consta a CPR da Unidade Federativa das mesmas.

Tabela 9 – As 10 fábricas com as menores distâncias e as respectivas barragens

Distância (km)	Fábrica de Cimento	x	Barragem Mais Próxima	CPR UF da Fábrica (kt)
10	<i>Santa Luiza</i> CRH MG	x MG	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais Galego	860
23	<i>Vespasiano</i> Cimentos Liz MG	x MG	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais Galego	860
25	<i>Corumbá</i> Votorantim Cimentos MS	x MS	Mineração Corumbaense Reunida Gregório	43
35	<i>Pedro Leopoldo</i> Intercement MG	x MG	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais Galego	860
35	<i>Pedro Leopoldo</i> Lafarge Holcim MG	x MG	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais Galego	860
40	<i>Pedra do Sino</i> Tupi MG	x MG	Ferrous Resources do Brasil Sa BARRAGEM 7	860
45	<i>Matozinhos</i> CRH MG	x MG	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais Galego	860
59	<i>Santana do Paraíso</i> Intercement MG	x MG	Cia Mineradora Catite Duo S. A. Barragem Mãe D'Água	860
63	<i>Sete Lagoas</i> Brennand MG	x MG	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais Galego	860
69	<i>Barroso</i> Lafarge Holcim MG	x MG	Ferrous Resources do Brasil Sa BARRAGEM 7	860

Fonte: elaboração própria (2019).

As fábricas que apresentam as 10 menores distâncias com as respectivas barragens se encontram de fato em Minas Gerais, com exceção da 3ª posição, conforme discussões dos resultados anteriores. Essa constatação confirma o grande potencial do estado para consumo de rejeito de minério de ferro e o coloca em uma posição de destaque. É importante observar que dessas 9 fábricas, 6 fazem par com a mesma barragem, chamada Galego, e pertencente à Vale S.A, ou seja, ela possui forte potencial de destinação de seus rejeitos.

A Votorantim Cimentos, que possui a maior quantidade de fábricas entre todas as companhias de cimento, aparece com a 3ª posição representada pela fábrica Corumbá (MS) cuja barragem mais próxima é a Barragem Gregório da Mineração Corumbaense Reunida S.A e está a 25 km dela. Já a Intercement, com a instalação Pedro Leopoldo, está a 35 km de distância da barragem Galego da Vale S.A. A Lafarge Holcim que compete em número de fábricas com a cimenteira anterior, está representada também por sua planta de Pedro Leopoldo e faz par com a mesma barragem, e está praticamente à mesma distância, 35 km.

## 5. Conclusão

Este estudo buscou avaliar o uso de rejeito de minério de ferro para fabricação de cimento sob duas óticas, do ponto de vista técnico e a avaliação logística desse processo.

A primeira conclusão foi de que existe a possibilidade técnica de executar esse processo, pois a farinha do cimento é uma mistura de diversas matérias primas cujas dosagens são previamente calculadas. Portanto, ao se realizar a caracterização tecnológica do rejeito, é possível calcular, a partir dos módulos químicos, a medida correta da massa a ser inserida no processo de mistura. Trata-se de um método de balanço de massas, em que a partir das porcentagens dos minerais presentes em cada matéria prima e das massas de cada insumo, é possível calcular o montante de cada mineral a ser introduzido no moinho de farinha

A segunda conclusão é feita com base no consumo de rejeito pelas fábricas de cimento, onde o consumo de rejeito de processamento de minério de ferro pela indústria cimenteira gera uma redução no volume das barragens que armazenam esses rejeitos igual a 1%.

Quanto a Minas Gerais, Pará, Mato Grosso do Sul, os três estados conseguiriam suprir completamente suas fábricas com tal insumo, porém ainda restaria material para fornecer a outras localidades vizinhas. Nesse âmbito, as barragens de Mato Grosso do Sul serão as maiores impactadas, pois alimentariam o consumo de 2,5 Mt de rejeito de todos os estados da região Centro-Norte.

A análise das distâncias para cada uma das 89 fábricas de cimento com relação à barragem mais próxima foi fundamental para concluir que Minas Gerais, de fato, é o estado onde sugere-se a maior exploração desse potencial de consumo do rejeito do processamento de minério de ferro presente nas barragens, tanto pelo fato de possuir muitas barragens de rejeito quanto por apresentar o maior número de fábricas de cimento, conforme mostrado no APÊNDICE B.

A distância é elemento fundamental desse estudo devido ao fato de o frete de transporte de matérias primas do cimento ser responsável por aproximadamente 30% do custo de produção. E no estado do Mato Grosso do Sul, onde o impacto do CPR é o maior, há uma fábrica da Votorantim Cimentos que está a 25 km da barragem da empresa Mineração Corumbaense Reunida cujo volume de rejeito é igual a 2,1 Mm<sup>3</sup>. A Votorantim Cimentos seria capaz de consumir 43 mil toneladas desse volume anualmente, o que a longo prazo geraria um alto impacto ambiental e financeiro à empresa.

Em suma, ainda que haja a possibilidade técnica e logística de que esse meio de aproveitamento de rejeito seja possível, ainda existem outras frentes de estudo que devem ser analisadas em um projeto dirigido por alguma cimenteira. Será necessário avaliar a forma de secagem do rejeito para transporte e uso no processo, a alteração da infraestrutura da fábrica para comportar tal volume de material, a inclusão de novos equipamentos, entre outras frentes.

## 6. Referências Bibliográficas

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 22 mai. 2019.

BRASIL. Resolução nº 4, de 15 de fevereiro de 2019. Estabelece medidas regulatórias cautelares objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado "a montante" ou por método declarado como desconhecido. **Diário Oficial da União**, Ministério de Minas e Energia, Brasília, DF, 18 fev. 2019. Seção 1. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/>>. Acesso em: 11 mai. 2019.

CHAVES, A. P. **Teoria e prática do tratamento de minérios**: Britagem, peneiramento e moagem. 5. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 383 p.

CIMENTO.ORG: O Mundo do Cimentox. Cimento no Brasil. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <<https://cimento.org/cimento-no-brasil/>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

CLASSIFICAÇÃO DAS BARRAGENS DE MINERAÇÃO BRASILEIRAS: base de dados da Agência Nacional de Mineração (ANM). Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/pasta-cadastro-nacional-de-barragens-de-mineracao/classificacao-oficial-anm>>. Acesso em: 31 maio 2019.

ESTIGARRÍBIA, J. Cimento é feito com rejeitos de minério. **Diário, Comércio, Indústria & Serviços**. São Paulo, 06 fev. 2019. Disponível em: <<https://www.dci.com.br/impresso/cimento-e-feito-com-rejeitos-de-minerio-1.777953>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Brasil: redes geográficas: O que é. 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15778-divisoes-regionais-do-brasil.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 21 jul. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. Relatório Anual de Atividades: Julho de 2018 – Junho de 2019. Brasília: IBRAM, 2019.

KATTAR, J. E.; ALMEIDA N.J.. Holdercim Brasil S.A. **Cimento Portland**. 3. ed. São Paulo: Holdercim Brasil S.a, 1999. 43 p.

LUO, Li et al. Utilization of Iron Ore Tailings as Raw Material for Portland Cement Clinker Production. **Advances In Materials Science And Engineering**, Wuhan, v. 2016, p1-6, 2016. doi: 10.1155/2016/1596047.

Onuaguluchi, O.; Eren, Ö. Reusing copper tailings in concrete: corrosion performance and socioeconomic implications for the Lefke-Xeros area of Cyprus. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 420–429. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.09.036

PECCHIO, Marcelo. **A Influência de Fósforo, Enxofre e Estrôncio na mineralogia do Clínquer Portland**. 2013. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geociências, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

PEREIRA, E. L. **Estudo do potencial de liquefação de rejeitos de minério de ferro sob carregamento estático**. 2005. 185 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

PETRUCCI, E. G. R.; PAULON, V. A. **Concreto de cimento Portland**. 13. ed. São Paulo: Globo, 1995. 305 p. (3).

ROADMAP Tecnológico do Cimento: Potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050 / coordenado por Gonsalo Visado e Marcelo Pecchio. Rio de Janeiro: SNIC, 2019. 64 p.

SINNOTT, R. W. Virtues of the Haversine. **Sky and Telescope**. v. 68. nº 2. 1984. p. 159

SOARES, Lindolfo. Barragem de Rejeitos. In: LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A. (Ed.). **Tratamento de Minérios**. 5 ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. Cap. 19. p. 831-888.

SOSA, E.R. (2016). **Caracterização e aproveitamento dos rejeitos oriundos de processos hidrometalúrgicos do níquel e cobalto com um enfoque geoambiental**. Tese de Doutorado em Geotecnia. Publicação: G.TD-123/16. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 190p.

TARTUCE, R.; GIOVANNETTI, E. (Org.). **Princípios básicos sobre concreto de cimento Portland**: Projeto de divulgação tecnológica. São Paulo: Pini Ltda., 1990. 107 p.

TSENG, Wei-kuo; CHANG, Wei-jie. Analogues between 2D Linear Equations and Great Circle Sailing. **Journal Of Navigation**, Cambridge University Press (CUP), v. 67, n. 1, p. 101-112, 2013.

WOLFF, A. P. **Caracterização de rejeitos de minério de ferro da Vale**. 2009. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Minas, Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

YOUNG, G.; YANG, M. Preparation and characterization of Portland cement clinker from iron ore tailings. **Construction And Building Materials**, v. 197, p. 152-156, 2019. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.11.236.

## 7. Apêndice

### 7.1. APÊNDICE A – Base de dados das fábricas de cimento

Nome da Fábrica de Cimento	Nome do Empreendedor	Latitude	Longitude	UF	Município
Quixeré	Apodi	-5,04325	-37,77771	CE	Quixeré
Pecém	Apodi	-3,66689	-38,85412	CE	Pecém
Sete Lagoas	Brennand	-19,51038	-44,27498	MG	Sete Lagoas
Pitimbu	Brennand	-7,47600	-34,84224	PB	Pitimbu
São Luis	Cimento Bravo	-2,65709	-44,30672	MA	São Luis
Cabo de Santo Agostinho	Cimento Forte	-8,34809	-34,97843	PE	Cabo de Santo Agostinho
Carnaíba	Cimento Pajeú	-7,80217	-37,82673	PE	Carnaíba
Marechal Deodoro	Cimento Zumbi	-9,68089	-35,82981	AL	Marechal Deodoro
Vespasiano	Cimentos Liz	-19,68613	-43,92598	MG	Vespasiano
Sobradinho	CIPLAN	-15,57280	-47,85427	DF	Sobradinho
Cantagalo	CRH	-21,96864	-42,27909	RJ	Cantagalo
Arcos	CRH	-20,29434	-45,55207	MG	Arcos
Santa Luiza	CRH	-19,81041	-43,88197	MG	Santa Luiza
Matozinhos	CRH	-19,54210	-44,08078	MG	Matozinhos
Volta Redonda	CSN	-22,50892	-44,10215	RJ	Volta Redonda
Arcos	CSN	-20,31108	-45,58297	MG	Arcos
Alhandra	Elizabeth	-7,37710	-34,88565	PB	Alhandra
Currais Novos	Elo	-6,27755	-36,53135	RN	Currais Novos
Bacabeira	ICIBRA	-2,91103	-44,32541	MA	Bacabeira
Candiota	Intercement	-31,58537	-53,67135	RS	Candiota
Nova Santa Rita	Intercement	-29,92522	-51,28115	RS	Nova Santa Rita
Cajati	Intercement	-24,70935	-48,11841	SP	Cajati
Apiáí	Intercement	-24,51876	-48,85568	SP	Apiáí
Cubatão	Intercement	-23,84328	-46,37709	SP	Cubatão
Jacareí	Intercement	-23,27582	-46,06041	SP	Jacareí
Ijaci	Intercement	-21,19301	-44,94147	MG	Ijaci
Bodoquena	Intercement	-20,47595	-56,73194	MS	Bodoquena
Pedro Leopoldo	Intercement	-19,62760	-44,02815	MG	Pedro Leopoldo
Santana do Paraíso	Intercement	-19,47558	-42,48099	MG	Santana do Paraíso
Cezarina	Intercement	-17,00870	-49,77683	GO	Cezarina

Brumado	Intercement	-14,19954	-41,60102	BA	Brumado
Campo Formoso	Intercement	-10,51507	-40,33302	BA	Campo Formoso
São Miguel dos Campos	Intercement	-9,76343	-36,14866	AL	São Miguel dos Campos
Cabo de Santo Agostinho	Intercement	-8,34807	-34,97959	PE	Cabo de Santo Agostinho
João Pessoa	Intercement	-7,12903	-34,89447	PB	João Pessoa
Balsa Nova	Itambé	-25,45783	-49,60895	PR	Balsa Nova
Cachoeiro de Itapemirim	João Santos	-20,78678	-41,11932	ES	Cachoeiro de Itapemirim
Nossa Senhora do Socorro	João Santos	-10,84419	-37,15199	SE	Nossa Senhora do Socorro
Barbalha	João Santos	-7,33372	-39,30588	CE	Barbalha
Itapissuma	João Santos	-6,95383	-40,52144	PI	Fronteiras
Mossoró	João Santos	-5,20289	-37,39227	RN	Mossoró
Codó	João Santos	-4,52499	-44,04102	MA	Codó
Manaus	João Santos	-3,09090	-59,91521	AM	Manaus
Capanema	João Santos	-1,21580	-47,19071	PA	Capanema
Itapeva	Lafarge Holcim	-23,98976	-48,91748	SP	Itapeva
Sorocaba	Lafarge Holcim	-23,44720	-47,53807	SP	Sorocaba
Rio de Janeiro	Lafarge Holcim	-22,88834	-43,65698	RJ	Rio de Janeiro
Cantagalo	Lafarge Holcim	-21,94112	-42,27375	RJ	Cantagalo
Barroso	Lafarge Holcim	-21,18271	-43,98004	MG	Barroso
Serra	Lafarge Holcim	-20,18791	-40,24853	ES	Serra
Pedro Leopoldo	Lafarge Holcim	-19,60564	-44,05769	MG	Pedro Leopoldo
Montes Claros	Lafarge Holcim	-16,68034	-43,88131	MG	Montes Claros
Cocalzinho de Goiás	Lafarge Holcim	-15,78931	-48,76998	GO	Cocalzinho de Goiás
Candeiras	Lafarge Holcim	-12,71839	-38,48104	BA	Candeiras
Caaporã	Lafarge Holcim	-7,52823	-34,86599	PB	Caaporã
Pains	Mineradora Carmocal	-20,38613	-45,56659	MG	Pains
Mogi das Cruzes	Mizu	-23,44395	-46,24317	SP	Mogi das Cruzes
Rio de Janeiro	Mizu	-22,85979	-43,57424	RJ	Rio de Janeiro
Vitória	Mizu	-20,26151	-40,23449	ES	Vitória
Pacatuba	Mizu	-10,41330	-36,69939	SE	Pacatuba
Baraúna	Mizu	-5,07352	-37,71434	RN	Baraúna
Manaus	Mizu	-3,14628	-59,97025	AM	Manaus
Capivari de Baixo	Pozosul	-28,42842	-48,94973	SC	Capivari de Baixo

Pomerode	Supremo Secil	-26,81872	-49,15702	SC	Pomerode
Adrianópolis	Supremo Secil	-24,67054	-48,97978	PR	Adrianópolis
Mogi das Cruzes	Tupi	-23,43313	-46,25644	SP	Mogi das Cruzes
Volta Redonda	Tupi	-22,52160	-44,12988	RJ	Volta Redonda
Pedra do Sino	Tupi	-20,90003	-43,81982	MG	Pedra do Sino
Esteio	Votorantim Cimentos	-29,84463	-51,17711	RS	Esteio
Imbituba	Votorantim Cimentos	-28,21146	-48,68388	SC	Imbituba
Vidal Ramos	Votorantim Cimentos	-27,35926	-49,34134	SC	Vidal Ramos
Itajaí	Votorantim Cimentos	-26,88052	-48,71416	SC	Itajaí
Rio Branco do Sul	Votorantim Cimentos	-25,19359	-49,32378	PR	Rio Branco do Sul
Salto de Pirapora	Votorantim Cimentos	-23,62820	-47,49744	SP	Salto de Pirapora
Santa Helena	Votorantim Cimentos	-23,59272	-47,43550	SP	Santa Helena
Cantagalo	Votorantim Cimentos	-21,91105	-42,26246	RJ	Cantagalo
Itaú de Minas	Votorantim Cimentos	-20,76102	-46,76419	MG	Itaú de Minas
Edealina	Votorantim Cimentos	-17,26004	-49,78824	GO	Edealina
Sobradinho	Votorantim Cimentos	-15,58635	-47,87438	DF	Sobradinho
Cuiabá	Votorantim Cimentos	-15,33732	-56,14103	MT	Cuiabá
Nobres	Votorantim Cimentos	-14,64222	-56,26292	MT	Nobres
Laranjeiras	Votorantim Cimentos	-10,82465	-37,16507	SE	Laranjeiras
Porto Velho	Votorantim Cimentos	-8,79742	-63,76874	RO	Porto Velho
Poty Paulista	Votorantim Cimentos	-7,87465	-34,85169	PE	Poty Paulista
Xambioá	Votorantim Cimentos	-6,43361	-48,42935	TO	Xambioá
Corumbá	Votorantim Cimentos	-19,00316	-57,62396	MS	Corumbá
Sobral	Votorantim Cimentos	-3,69071	-40,37352	CE	Sobral
Pecém	Votorantim Cimentos	-3,65395	-38,85582	CE	Pecém
Primavera	Votorantim Cimentos	-0,98146	-47,11901	PA	Primavera

## 7.2. APÊNDICE B – Consumo Potencial de Rejeito (CPR) por UF

Estado   Região	UF	Produção Cimento (t)	CPR Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (t)	Rejeito (t)	Impacto Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)
<i>Norte</i>	<i>Norte</i>	<i>2.637.706</i>	<i>176.101</i>	<i>261.263.214</i>	<i>0,07%</i>
Rondônia	RO	206.445	13.783	0	
Acre	AC	0	0	0	
Amazonas	AM	559.228	37.336	0	
Roraima	RR	0	0	0	
Pará	PA	1.333.064	88.999	215.399.763	0,04%
Amapá	AP	0	0	45.863.451	0,00%
Tocantins	TO	538.969	35.983	0	
<i>Nordeste</i>	<i>Nordeste</i>	<i>11.491.440</i>	<i>767.203</i>	<i>0</i>	
Maranhão	MA	637.227	42.543	0	
Piauí	PI	448.698	29.956	0	
Ceará	CE	2.630.898	175.647	0	
Rio Grande do Norte	RN	1.192.141	79.591	0	
Paraíba	PB	2.479.732	165.554	0	
Pernambuco	PE	552.261	36.871	0	
Alagoas	AL	199.672	13.331	0	
Sergipe	SE	2.095.213	139.883	0	
Bahia	BA	1.255.600	83.828	0	
<i>Centro-Oeste</i>	<i>Centro-Oeste</i>	<i>5.777.317</i>	<i>385.711</i>	<i>5.313.006</i>	<i>7,26%</i>
Mato Grosso do Sul	MS	637.028	42.530	5.313.006	0,80%
Mato Grosso	MT	1.034.038	69.035	0	
Goiás	GO	1.485.986	99.209	0	
Distrito Federal	DF	2.620.265	174.937	0	
<i>Sudeste</i>	<i>Sudeste</i>	<i>25.384.010</i>	<i>1.694.713</i>	<i>2.018.257.510</i>	<i>0,08%</i>
Minas Gerais	MG	12.874.850	859.564	2.017.681.495	0,04%
Espírito Santo	ES	2.791.169	186.347	0	
Rio de Janeiro	RJ	3.223.811	215.231	576.014	37,37%
São Paulo	SP	6.494.180	433.571	0	
<i>Sul</i>	<i>Sul</i>	<i>8.713.420</i>	<i>581.734</i>	<i>0</i>	
Paraná	PR	5.855.492	390.930	0	
Santa Catarina	SC	1.437.803	95.992	0	
Rio Grande do Sul	RS	1.420.125	94.812	0	
<b>Brasil</b>	<b>BR</b>	<b>54.003.893</b>	<b>3.605.462</b>	<b>2.284.833.730</b>	<b>0,16%</b>

APÊNDICE C – Ranking das fábricas de cimento com as respectivas barragens de rejeito de minério de ferro mais próximas (versão completa da Tabela 9).

Distância (km)	Fábrica de Cimento		x	Barragem Mais Próxima		CPR UF da Fábrica (kt)
10	<i>Santa Luiza</i>	CRH	MG	x	MG	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais Galego 860
23	<i>Vespasiano</i>	Cimentos Liz	MG	x	MG	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais Galego 860
25	<i>Corumbá</i>	Votorantim Cimentos	MS	x	MS	Mineração Corumbaense Gregório 43
35	<i>Pedro Leopoldo</i>	Intercement	MG	x	MG	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais Galego 860
35	<i>Pedro Leopoldo</i>	Lafarge Holcim	MG	x	MG	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais Galego 860
40	<i>Pedra do Sino</i>	Tupi	MG	x	MG	Ferrous Resources do Brasil Sa BARRAGEM 7 860
45	<i>Matozinhos</i>	CRH	MG	x	MG	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais Galego 860
59	<i>Santana do Paraíso</i>	Intercement	MG	x	MG	Cia Mineradora Catite Duo S. A. Barragem Mãe D'Água 860
63	<i>Sete Lagoas</i>	Brennand	MG	x	MG	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais Galego 860
69	<i>Barroso</i>	Lafarge Holcim	MG	x	MG	Ferrous Resources do Brasil Sa BARRAGEM 7 860
114	<i>Arcos</i>	CRH	MG	x	MG	Mbl Materiais Básicos Ltda Barragem de Rejeito 1 860
114	<i>Arcos</i>	CSN	MG	x	MG	Mbl Materiais Básicos Ltda Barragem de Rejeito 1 860
117	<i>Cachoeiro de Itapemirim</i>	João Santos	ES	x	RJ	Anglo American Minério de Ferro Brasil S.a Pond de Emergência 186
117	<i>Pains</i>	Mineradora Carmocal	MG	x	MG	Mbl Materiais Básicos Ltda Barragem de Rejeito 1 860
124	<i>Ijaci</i>	Intercement	MG	x	MG	Mineração Usiminas S.a Barragem Samambaia 0 (Zero) 860
126	<i>Itaú de Minas</i>	Votorantim Cimentos	MG	x	MG	Mineração Geral do Brasil S A Barragem B2 860
128	<i>Cantagalo</i>	CRH	RJ	x	RJ	Anglo American Minério de Ferro Brasil S.a Pond de Emergência 215
128	<i>Cantagalo</i>	Lafarge Holcim	RJ	x	RJ	Anglo American Minério de Ferro Brasil S.a Pond de Emergência 215
128	<i>Cantagalo</i>	Votorantim Cimentos	RJ	x	RJ	Anglo American Minério de Ferro Brasil S.a Pond de Emergência 215

158	<i>Bodoquena</i>	Intercement	MS x MS	Vetorial Mineração S A	<i>Bacia B-9</i>	43
192	<i>Xambioá</i>	Votorantim Cimentos	TO x PA	Vale S A Filial: Vale Carajas	<i>Geladinho</i>	36
193	<i>Vitória</i>	Mizu	ES x RJ	Anglo American Minério de Ferro Brasil S.a	<i>Pond de Emergência</i>	186
200	<i>Serra</i>	Lafarge Holcim	ES x RJ	Anglo American Minério de Ferro Brasil S.a	<i>Pond de Emergência</i>	186
217	<i>Volta Redonda</i>	CSN	RJ x MG	Ferrous Resources do Brasil Sa	<i>BARRAGEM 7</i>	215
217	<i>Volta Redonda</i>	Tupi	RJ x MG	Ferrous Resources do Brasil Sa	<i>BARRAGEM 7</i>	215
248	<i>Montes Claros</i>	Lafarge Holcim	MG x MG	Arcelormittal Mineração Serra Azul S.a.	<i>Barragem de Rejeitos</i>	860
258	<i>Rio de Janeiro</i>	Lafarge Holcim	RJ x MG	Ferrous Resources do Brasil Sa	<i>BARRAGEM 7</i>	215
258	<i>Rio de Janeiro</i>	Mizu	RJ x MG	Ferrous Resources do Brasil Sa	<i>BARRAGEM 7</i>	215
372	<i>Jacareí</i>	Intercement	SP x MG	Ferrous Resources do Brasil Sa	<i>BARRAGEM 7</i>	434
398	<i>Edealina</i>	Votorantim Cimentos	GO x MG	Mineração Geral do Brasil S A	<i>Barragem B2</i>	99
398	<i>Mogi das Cruzes</i>	Mizu	SP x MG	Ferrous Resources do Brasil Sa	<i>BARRAGEM 7</i>	434
398	<i>Mogi das Cruzes</i>	Tupi	SP x MG	Ferrous Resources do Brasil Sa	<i>BARRAGEM 7</i>	434
416	<i>Cezarina</i>	Intercement	GO x MG	Mineração Geral do Brasil S A	<i>Barragem B2</i>	99
427	<i>Sorocaba</i>	Lafarge Holcim	SP x MG	Mineração Geral do Brasil S A	<i>Barragem B2</i>	434
442	<i>Santa Helena</i>	Votorantim Cimentos	SP x MG	Mineração Geral do Brasil S A	<i>Barragem B2</i>	434
442	<i>Cubatão</i>	Intercement	SP x MG	Ferrous Resources do Brasil Sa	<i>BARRAGEM 7</i>	434
446	<i>Salto de Pirapora</i>	Votorantim Cimentos	SP x MG	Mineração Geral do Brasil S A	<i>Barragem B2</i>	434
455	<i>Cuiabá</i>	Votorantim Cimentos	MT x MS	Mineração Corumbaense Reunida Sa	<i>Bacia 02 Pé da Serra</i>	69
461	<i>Sobradinho</i>	CIPLAN	DF x MG	Mineração Geral do Brasil S A	<i>Barragem B2</i>	175
461	<i>Sobradinho</i>	Votorantim Cimentos	DF x MG	Mineração Geral do Brasil S A	<i>Barragem B2</i>	175
469	<i>Cocalzinho de Goiás</i>	Lafarge Holcim	GO x MG	Mineração Geral do Brasil S A	<i>Barragem B2</i>	99
497	<i>Primavera</i>	Votorantim Cimentos	PA x AP	Zamapá Mineração S.a.	<i>Barragem de Clarificação de Água</i>	89

502	<i>Capanema</i>	João Santos	PA x AP	Zamapá Mineração S.a.	<i>Barragem de Clarificação de Água</i>	89
523	<i>Itapeva</i>	Lafarge Holcim	SP x MG	Mineração Geral do Brasil S A	<i>Barragem B2</i>	434
524	<i>Nobres</i>	Votorantim Cimentos	MT x MS	Mineração Corumbaense Reunida Sa	<i>Bacia 02 Pé da Serra</i>	69
553	<i>Brumado</i>	Intercement	BA x MG	Arcelormittal Mineração Serra Azul S.a.	<i>Barragem de Rejeitos</i>	84
575	<i>Cajati</i>	Intercement	SP x MG	Mineração Geral do Brasil S A	<i>Barragem B2</i>	434
576	<i>Apiaí</i>	Intercement	SP x MG	Mineração Geral do Brasil S A	<i>Barragem B2</i>	434
596	<i>Adrianópolis</i>	Supremo Secil	PR x MG	Mineração Geral do Brasil S A	<i>Barragem B2</i>	391
663	<i>Rio Branco do Sul</i>	Votorantim Cimentos	PR x MG	Mineração Geral do Brasil S A	<i>Barragem B2</i>	391
691	<i>Codó</i>	João Santos	MA x PA	Vale S A Filial: Vale Carajas	<i>Geladinho</i>	43
701	<i>Balsa Nova</i>	Itambé	PR x MG	Mineração Geral do Brasil S A	<i>Barragem B2</i>	391
726	<i>Bacabeira</i>	ICIBRA	MA x PA	Vale S A Filial: Vale Carajas	<i>Geladinho</i>	43
742	<i>São Luis</i>	Cimento Bravo	MA x PA	Vale S A Filial: Vale Carajas	<i>Geladinho</i>	43
824	<i>Itajaí</i>	Votorantim Cimentos	SC x MG	Mineração Geral do Brasil S A	<i>Barragem B2</i>	96
828	<i>Pomerode</i>	Supremo Secil	SC x MG	Mineração Geral do Brasil S A	<i>Barragem B2</i>	96
863	<i>Candeiras</i>	Lafarge Holcim	BA x MG	Arcelormittal Mineração Serra Azul S.a.	<i>Barragem de Rejeitos</i>	84
891	<i>Vidal Ramos</i>	Votorantim Cimentos	SC x MG	Mineração Geral do Brasil S A	<i>Barragem B2</i>	96
968	<i>Imbituba</i>	Votorantim Cimentos	SC x MG	Mineração Geral do Brasil S A	<i>Barragem B2</i>	96
974	<i>Manaus</i>	João Santos	AM x AP	Mineração Vila Nova Ltda	<i>SAMACA</i>	37
974	<i>Manaus</i>	Mizu	AM x AP	Mineração Vila Nova Ltda	<i>SAMACA</i>	37
985	<i>Campo Formoso</i>	Intercement	BA x MG	Arcelormittal Mineração Serra Azul S.a.	<i>Barragem de Rejeitos</i>	84
997	<i>Capivari de Baixo</i>	Pozosul	SC x MG	Mineração Geral do Brasil S A	<i>Barragem B2</i>	96
1.061	<i>Itapissuma</i>	João Santos	PI x PA	Vale S A Filial: Vale Carajas	<i>Geladinho</i>	30
1.105	<i>Sobral</i>	Votorantim Cimentos	CE x PA	Vale S A Filial: Vale Carajas	<i>Geladinho</i>	176
1.116	<i>Nossa Senhora do Socorro</i>	João Santos	SE x MG	Arcelormittal Mineração Serra Azul S.a.	<i>Barragem de Rejeitos</i>	140
1.117	<i>Laranjeiras</i>	Votorantim Cimentos	SE x MG	Arcelormittal Mineração Serra Azul S.a.	<i>Barragem de Rejeitos</i>	140

1.184	<i>Pacatuba</i>	Mizu	SE x MG	Arcelormittal Mineração Serra Azul S.a.	<i>Barragem de Rejeitos</i>	140
1.197	<i>Barbalha</i>	João Santos	CE x PA	Vale S A Filial: Vale Carajas	<i>Geladinho</i>	176
1.211	<i>Esteio</i>	Votorantim Cimentos	RS x MG	Mineração Geral do Brasil S A	<i>Barragem B2</i>	95
1.223	<i>Nova Santa Rita</i>	Intercement	RS x MG	Mineração Geral do Brasil S A	<i>Barragem B2</i>	95
1.268	<i>Pecém</i>	Apodi	CE x PA	Vale S A Filial: Vale Carajas	<i>Geladinho</i>	176
1.268	<i>Pecém</i>	Votorantim Cimentos	CE x PA	Vale S A Filial: Vale Carajas	<i>Geladinho</i>	176
1.278	<i>São Miguel dos Campos</i>	Intercement	AL x MG	Arcelormittal Mineração Serra Azul S.a.	<i>Barragem de Rejeitos</i>	13
1.306	<i>Marechal Deodoro</i>	Cimento Zumbi	AL x MG	Arcelormittal Mineração Serra Azul S.a.	<i>Barragem de Rejeitos</i>	13
1.329	<i>Porto Velho</i>	Votorantim Cimentos	RO x MS	Mineração Corumbaense Reunida Sa	<i>Bacia 02 Pé da Serra</i>	14
1.361	<i>Quixeré</i>	Apodi	CE x PA	Vale S A Filial: Vale Carajas	<i>Geladinho</i>	176
1.363	<i>Carnaíba</i>	Cimento Pajeú	PE x PA	Vale S A Filial: Vale Carajas	<i>Geladinho</i>	37
1.368	<i>Baraúna</i>	Mizu	RN x PA	Vale S A Filial: Vale Carajas	<i>Geladinho</i>	80
1.401	<i>Mossoró</i>	João Santos	RN x PA	Vale S A Filial: Vale Carajas	<i>Geladinho</i>	80
1.423	<i>Candiota</i>	Intercement	RS x MS	Vetorial Mineração S A	<i>Bacia B-9</i>	95
1.480	<i>Cabo de Santo Agostinho</i>	Cimento Forte	PE x MG	Arcelormittal Mineração Serra Azul S.a.	<i>Barragem de Rejeitos</i>	37
1.480	<i>Cabo de Santo Agostinho</i>	Intercement	PE x MG	Arcelormittal Mineração Serra Azul S.a.	<i>Barragem de Rejeitos</i>	37
1.491	<i>Currais Novos</i>	Elo	RN x PA	Vale S A Filial: Vale Carajas	<i>Geladinho</i>	80
1.530	<i>Poty Paulista</i>	Votorantim Cimentos	PE x MG	Arcelormittal Mineração Serra Azul S.a.	<i>Barragem de Rejeitos</i>	37
1.561	<i>Caaporã</i>	Lafarge Holcim	PB x MG	Arcelormittal Mineração Serra Azul S.a.	<i>Barragem de Rejeitos</i>	166
1.567	<i>Pitimbu</i>	Brennand	PB x MG	Arcelormittal Mineração Serra Azul S.a.	<i>Barragem de Rejeitos</i>	166
1.573	<i>Alhandra</i>	Elizabeth	PB x MG	Arcelormittal Mineração Serra Azul S.a.	<i>Barragem de Rejeitos</i>	166
1.596	<i>João Pessoa</i>	Intercement	PB x MG	Arcelormittal Mineração Serra Azul S.a.	<i>Barragem de Rejeitos</i>	166

## 8. Anexo

### 8.1. ANEXO A – Base de dados das barragens de rejeito de minério de ferro

Nome da Barragem	Nome do Empreendedor	Latitude	Longitude	UF	Município	Volume Atual
EB-2	Anglo American Minério de Ferro Brasil S.a	-20,34481	-42,56189	MG	Santo Antônio Do Grama	204.000
Dique de Contenção de Sedimentos 01	Anglo American Minério de Ferro Brasil S.a	-18,89917	-43,40833	MG	Conceição Do Mato Dentro	318.425
Dique de Contenção de Sedimentos 02	Anglo American Minério de Ferro Brasil S.a	-18,88972	-43,40528	MG	Conceição Do Mato Dentro	634.140
Barragem de Rejeitos	Anglo American Minério de Ferro Brasil S.a	-18,86522	-43,40811	MG	Conceição Do Mato Dentro	60.000.000
Pond de Emergência	Anglo American Minério de Ferro Brasil S.a	-21,83111	-41,02056	RJ	São João Da Barra	333.438
Bacia 16	Arcelormittal Brasil S.a	-19,78610	-43,17280	MG	Bela Vista De Minas	12.000
Bacia 08	Arcelormittal Brasil S.a	-19,78497	-43,18017	MG	Bela Vista De Minas	5.000
Bacia 01	Arcelormittal Brasil S.a	-19,78472	-43,19203	MG	Bela Vista De Minas	1.000
Bacia 17	Arcelormittal Brasil S.a	-19,78383	-43,16521	MG	Bela Vista De Minas	3.500
Bacia 07	Arcelormittal Brasil S.a	-19,78311	-43,18311	MG	Bela Vista De Minas	500
Bacia 09	Arcelormittal Brasil S.a	-19,77718	-43,18943	MG	Bela Vista De Minas	2.200
Bacia 15	Arcelormittal Brasil S.a	-19,77631	-43,19105	MG	Bela Vista De Minas	2.200
Dique 01 de Terra	Arcelormittal Mineração Serra Azul S.a.	-20,13871	-44,40083	MG	Itatiaiuçu	15.000
Barragem de Rejeitos	Arcelormittal Mineração Serra Azul S.a.	-20,13758	-44,39617	MG	Itatiaiuçu	5.250.000
Barragem Mãe D'Água	Cia Mineradora Catite Duo S. A.	-19,60171	-43,02992	MG	Nova Era	3.100.000
Dique Quéias - Captação de Água	Companhia de Mineração Serra Azul Comisa	-20,12669	-44,31614	MG	Brumadinho	1.200
Dique 03	Companhia de Mineração Serra Azul Comisa	-20,12173	-44,31941	MG	Brumadinho	900
Dique 02	Companhia de Mineração Serra Azul Comisa	-20,12096	-44,32283	MG	Brumadinho	400
Dique 04	Companhia de Mineração Serra Azul Comisa	-20,11941	-44,32416	MG	Brumadinho	100
Dique 01	Companhia de Mineração Serra Azul Comisa	-20,11829	-44,31985	MG	Brumadinho	100

BARRAGEM CASA DE PEDRA	Csn Mineração S.a.	-20,50583	-43,88333	MG	Congonhas	21.713.715
BARRAGEM B5	Csn Mineração S.a.	-20,48972	-43,89111	MG	Congonhas	5.393.580
BARRAGEM B4	Csn Mineração S.a.	-20,48583	-43,88583	MG	Congonhas	13.001.821
Barragem B1A Ipê	Emicon Mineração e Terraplenagem LTDA.	-20,12297	-44,31258	MG	Brumadinho	22.460
Dique B3 Ipê	Emicon Mineração e Terraplenagem LTDA.	-20,11936	-44,31594	MG	Brumadinho	10.010.305
Dique B4 Ipê	Emicon Mineração e Terraplenagem LTDA.	-20,11758	-44,31719	MG	Brumadinho	6.053
BARRAGEM DE GABIÕES	Empresa de Mineração Esperança Sa	-20,11569	-44,21836	MG	Brumadinho	30.000
DIQUE DE SAÍDA DE CAVA	Empresa de Mineração Esperança Sa	-20,11203	-44,22019	MG	Brumadinho	11.250
SUMP DE CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS	Empresa de Mineração Esperança Sa	-20,11092	-44,22408	MG	Brumadinho	12.000
Pilha Barragem	EXTRATIVA MINERAL LTDA	-20,11242	-43,90792	MG	Nova Lima	1.830.000
Dique - Pilha de Rejeito	EXTRATIVA MINERAL LTDA	-20,11023	-43,90880	MG	Nova Lima	80.000
Barragem de Contenção de Sólidos Carreados	EXTRATIVA MINERAL LTDA	-20,11002	-43,90325	MG	Nova Lima	28.000
Dique de Sedimentos da PDE Cava Sul	Ferro + Mineração S.a.	-20,43651	-43,87179	MG	Congonhas	10.000
Barragem de Contenção de Sedimentos do Josino	Ferro + Mineração S.a.	-20,42560	-43,86469	MG	Ouro Preto	16.636
BARRAGEM 7	Ferrous Resources do Brasil Sa	-20,56261	-43,95086	MG	Jeceaba	5.105.351
CONJUNTO DE BAIAS VIGA	Ferrous Resources do Brasil Sa	-20,49603	-43,91767	MG	Congonhas	70.613
BARRAGEM SERRINHA	Ferrous Resources do Brasil Sa	-20,17467	-43,97600	MG	Brumadinho	100.000
Baias da UTM II	Gerdau Açominas S.a.	-20,45478	-43,77694	MG	Ouro Preto	26.000
Clarificação Bocaina	Gerdau Açominas S.a.	-20,44122	-43,78450	MG	Ouro Preto	9.126
Bocaina	Gerdau Açominas S.a.	-20,44068	-43,79004	MG	Ouro Preto	955.000
Baia da UTM I	Gerdau Açominas S.a.	-20,43633	-43,77603	MG	Ouro Preto	12.000
Alemães	Gerdau Açominas S.a.	-20,42356	-43,75310	MG	Ouro Preto	2.385.000

Bacia Lavador de Rodas	Gerdau Açominas S.a.	-20,29291	-43,93863	MG	Itabirito	612
Barragem B4	Herculano Mineração Ltda.	-20,26044	-43,92678	MG	Itabirito	500.000
Barragem B2	Herculano Mineração Ltda.	-20,25125	-43,93735	MG	Itabirito	61.000
Barragem B1	Herculano Mineração Ltda.	-20,25048	-43,93249	MG	Itabirito	4.100.000
Barragem B3	Herculano Mineração Ltda.	-20,25007	-43,93523	MG	Itabirito	108.879
B4	Itaminas Comércio de Minérios S.a.	-20,09183	-44,10000	MG	Sarzedo	4.865.160
B2	Itaminas Comércio de Minérios S.a.	-20,08133	-44,11236	MG	Sarzedo	441.116
Barragem de Rejeito 1	Mbl Materiais Básicos Ltda	-20,15692	-44,47339	MG	Itaúna	72.598
Dique BIII-2	Mbl Materiais Básicos Ltda	-20,14838	-44,45998	MG	Itatiaiuçu	19.766
Dique BIII-3	Mbl Materiais Básicos Ltda	-20,14776	-44,46010	MG	Itaúna	24.103
Dique BIII-4	Mbl Materiais Básicos Ltda	-20,14678	-44,46028	MG	Itaúna	6
Dique BIII-5	Mbl Materiais Básicos Ltda	-20,14643	-44,46067	MG	Itaúna	11
BARRAGEM DIQUE 2	Minar Mineração Aredes Ltda.	-20,28597	-43,89849	MG	Itabirito	396.000
BARRAGEM MINAR	Minar Mineração Aredes Ltda.	-20,28172	-43,89959	MG	Itabirito	87.775
Gregório	Mineração Corumbaense Reunida Sa	-19,22445	-57,55998	MS	Corumbá	2.130.284
Bacia 03-04 Pé da Serra	Mineração Corumbaense Reunida Sa	-19,17403	-57,63951	MS	Corumbá	84.511
Bacia 02 Pé da Serra	Mineração Corumbaense Reunida Sa	-19,17129	-57,63644	MS	Corumbá	27.525
Barragem B2	Mineração Geral do Brasil S A	-20,06631	-44,02719	MG	Brumadinho	180.000
Barragem B1	Mineração Geral do Brasil S A	-20,06481	-44,02922	MG	Brumadinho	190.000
Barragem B1 - Mina Ipê	Mineração Morro do Ipê S.a.	-20,11981	-44,30747	MG	Brumadinho	571.815
Barragem B2 - Mina Tico-Tico	Mineração Morro do Ipê S.a.	-20,11033	-44,28708	MG	Igarapé	2.200.000
Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico	Mineração Morro do Ipê S.a.	-20,10353	-44,28819	MG	Igarapé	657.575

Barragem Samambaia 0 (Zero)	Mineração Usiminas S.a.	-20,17292	-44,44855	MG	Itatiaiuçu	7.545.160
Barragem Mina Oeste (Somisa)	Mineração Usiminas S.a.	-20,16733	-44,46000	MG	Itatiaiuçu	12.535.000
Barragem Central	Mineração Usiminas S.a.	-20,14758	-44,40617	MG	Itatiaiuçu	7.560.000
Dique Flotação	Mineração Usiminas S.a.	-20,14592	-44,40547	MG	Itatiaiuçu	57.000
SAMACA	Mineração Vila Nova Ltda	0,35161	-51,83786	AP	Mazagão	700.000
Capim Branco	Minerações Brasileiras Reunidas Sa Filial: MBR Paraopeba	-20,10827	-44,07367	MG	Brumadinho	470.000
B7	Minerações Brasileiras Reunidas Sa Filial: MBR Paraopeba	-20,06114	-43,96133	MG	Nova Lima	127.161
B6	Minerações Brasileiras Reunidas Sa Filial: MBR Paraopeba	-20,05825	-43,96408	MG	Nova Lima	121.175
B3/B4	Minerações Brasileiras Reunidas Sa Filial: MBR Paraopeba	-20,04761	-43,95436	MG	Nova Lima	1.896.000
Taquaras	Minerações Brasileiras Reunidas Sa Filial: MBR Paraopeba	-20,03933	-43,92914	MG	Nova Lima	950.000
Barragem 02 - Canindé	Minerita Minérios Itaúna Ltda.	-20,13870	-44,38019	MG	Itatiaiuçu	86.937
Barragem 03 - Zé da Grotta	Minerita Minérios Itaúna Ltda.	-20,13843	-44,38659	MG	Itatiaiuçu	3.200.000
Barragem 01 - Jose Jaime	Minerita Minérios Itaúna Ltda.	-20,13715	-44,38365	MG	Itatiaiuçu	1.200.000
Dique 08 - Pátio CMC	Minerita Minérios Itaúna Ltda.	-20,13360	-44,37957	MG	Itatiaiuçu	48.252
Dique de Concreto	Minerita Minérios Itaúna Ltda.	-20,13190	-44,37664	MG	Itatiaiuçu	1.600
Dique 06 - Vêu da Noiva Jusante	Minerita Minérios Itaúna Ltda.	-20,13152	-44,37501	MG	Itatiaiuçu	2.500
Dique 02 - Pitangui	Minerita Minérios Itaúna Ltda.	-20,12369	-44,37552	MG	Mateus Leme	2.100
Dique 01 - Serra Azul	Minerita Minérios Itaúna Ltda.	-20,11979	-44,38552	MG	Mateus Leme	12.347
Barragem B2	Mosaic Fertilizantes P&K S.A. Filial: Araxa	-19,64361	-46,97417	MG	Araxá	750.000
Barragem 9 - Dique Filtrante	MSM Mineração Serra da Moeda Ltda.	-20,38071	-43,91926	MG	Itabirito	3.833
Barragem 8 - Dique Filtrante	MSM Mineração Serra da Moeda Ltda.	-20,38067	-43,91751	MG	Itabirito	6.435
barragem 7 - Dique Filtrante	MSM Mineração Serra da Moeda Ltda.	-20,37943	-43,91690	MG	Itabirito	7.063

Barragem 2 - Decantação	MSM Mineração Serra da Moeda Ltda.	-20,37835	-43,91624	MG	Itabirito	64.000
Barragem 3B - Sedimentação	MSM Mineração Serra da Moeda Ltda.	-20,37809	-43,91543	MG	Itabirito	5.480
Barragem 4 - Acumulação	MSM Mineração Serra da Moeda Ltda.	-20,37770	-43,91509	MG	Itabirito	4.078
Barragem 3A - Sedimentação	MSM Mineração Serra da Moeda Ltda.	-20,37728	-43,91470	MG	Itabirito	3.420
Barragem 6 - Dique Filtrante	MSM Mineração Serra da Moeda Ltda.	-20,37719	-43,91269	MG	Itabirito	2.640
Barragem 5 - Captação	MSM Mineração Serra da Moeda Ltda.	-20,37391	-43,92148	MG	Itabirito	3.600
BARRAGEM DO VIGIA	Nacional Minerios Sa	-20,43798	-43,83401	MG	Ouro Preto	812.901
BARRAGEM AUXILIAR DO VIGIA	Nacional Minerios Sa	-20,43444	-43,83531	MG	Ouro Preto	3.140.693
BARRAGEM B2 AUXILIAR	Nacional Minerios Sa	-20,16339	-43,85100	MG	Rio Acima	6.439.465
BARRAGEM B2	Nacional Minerios Sa	-20,16101	-43,84781	MG	Rio Acima	2.616.466
Barragem de Aredes	Safm Mineração Ltda	-20,27578	-43,89822	MG	Itabirito	450.282
Dique Longitudinal	Safm Mineração Ltda	-20,27353	-43,90013	MG	Itabirito	88.750
Barragem Central	Safm Mineração Ltda	-20,27288	-43,89517	MG	Itabirito	471.680
Barragem da Grotá	Safm Mineração Ltda	-20,26875	-43,89328	MG	Itabirito	109.380
Nova Barragem de Santarém	Samarco Mineração S A.	-20,23064	-43,44162	MG	Mariana	6.940.000
Barragem de Germano	Samarco Mineração S A.	-20,21650	-43,46794	MG	Mariana	129.590.000
VILA NOVA	Unamgen Mineração e Metalurgia S.a.	0,40167	-51,75781	AP	Mazagão	440.300
Jacaré	Vale S A Filial: Vale Carajas	-6,10814	-50,16906	PA	Parauapebas	681.816
Estéril Sul	Vale S A Filial: Vale Carajas	-6,09944	-50,16250	PA	Parauapebas	1.875.780
Pera Montante	Vale S A Filial: Vale Carajas	-6,05683	-50,14378	PA	Parauapebas	641.566
Pera Jusante	Vale S A Filial: Vale Carajas	-6,04719	-50,14292	PA	Parauapebas	4.249.279
Geladinho	Vale S A Filial: Vale Carajas	-5,99478	-50,10947	PA	Parauapebas	5.811.299

Gelado	Vale S A Filial: Vale Carajas	-5,97928	-50,14142	PA	Parauapebas	110.469.305
Itabiruçu	Vale S A Filial: Vale Itabira	-19,68536	-43,28622	MG	Itabira	130.751.697
Rio do Peixe	Vale S A Filial: Vale Itabira	-19,67422	-43,23642	MG	Itabira	13.800.000
Conceição	Vale S A Filial: Vale Itabira	-19,64758	-43,27414	MG	Itabira	35.874.318
Cambucal II	Vale S A Filial: Vale Itabira	-19,64559	-43,24223	MG	Itabira	157.082
Cambucal I	Vale S A Filial: Vale Itabira	-19,64064	-43,24148	MG	Itabira	220.841
105-I	Vale S A Filial: Vale Itabira	-19,62720	-43,23856	MG	Itabira	8.400
Pontal	Vale S A Filial: Vale Itabira	-19,62546	-43,18294	MG	Itabira	226.957.900
Três Fontes	Vale S A Filial: Vale Itabira	-19,62209	-43,23406	MG	Itabira	20.500
Ipoema	Vale S A Filial: Vale Itabira	-19,61223	-43,25581	MG	Itabira	47.900
Borrachudo	Vale S A Filial: Vale Itabira	-19,60931	-43,26338	MG	Itabira	190.000
Quinzinho	Vale S A Filial: Vale Itabira	-19,60734	-43,25726	MG	Itabira	107.057
Cemig I	Vale S A Filial: Vale Itabira	-19,57562	-43,20476	MG	Itabira	8.795.438
Alcindo Vieira	Vale S A Filial: Vale Itabira	-19,57451	-43,24629	MG	Itabira	770.600
Cemig II	Vale S A Filial: Vale Itabira	-19,57270	-43,19754	MG	Itabira	870.558
Jirau	Vale S A Filial: Vale Itabira	-19,57048	-43,23156	MG	Itabira	1.400.000
Piabas	Vale S A Filial: Vale Itabira	-19,56347	-43,20628	MG	Itabira	1.537.164
Santana	Vale S A Filial: Vale Itabira	-19,55509	-43,16086	MG	Itabira	15.700.000
Baixo João Pereira	Vale S A Filial: Vale Itabiritos	-20,44014	-43,90514	MG	Congonhas	142.500
Barnabé 1	Vale S A Filial: Vale Itabiritos	-20,43403	-43,88233	MG	Congonhas	407.524
Marés II	Vale S A Filial: Vale Itabiritos	-20,43394	-43,93156	MG	Belo Vale	241.000
Freitas	Vale S A Filial: Vale Itabiritos	-20,43219	-43,84956	MG	Ouro Preto	45.000

Gambá	Vale S A Filial: Vale Itabiritos	-20,43133	-43,88286	MG	Congonhas	5.000
Alto Jacutinga	Vale S A Filial: Vale Itabiritos	-20,42600	-43,88597	MG	Congonhas	92.434
Barnabé	Vale S A Filial: Vale Itabiritos	-20,42583	-43,89178	MG	Congonhas	318.550
Marés I	Vale S A Filial: Vale Itabiritos	-20,42528	-43,92786	MG	Belo Vale	15.000
Grupo	Vale S A Filial: Vale Itabiritos	-20,41478	-43,86514	MG	Ouro Preto	800.000
Prata	Vale S A Filial: Vale Itabiritos	-20,41172	-43,86528	MG	Ouro Preto	20.000
Forquilha III	Vale S A Filial: Vale Itabiritos	-20,41092	-43,83661	MG	Ouro Preto	23.143.108
Forquilha II	Vale S A Filial: Vale Itabiritos	-20,40828	-43,85181	MG	Ouro Preto	20.862.740
Forquilha I	Vale S A Filial: Vale Itabiritos	-20,40606	-43,85572	MG	Ouro Preto	12.042.671
Forquilha IV	Vale S A Filial: Vale Itabiritos	-20,39478	-43,85156	MG	Ouro Preto	4.306.560
Mata Porcos	Vale S A Filial: Vale Itabiritos	-20,38606	-43,85750	MG	Itabirito	7.000
Cata Branca	Vale S A Filial: Vale Itabiritos	-20,23311	-43,85675	MG	Itabirito	12.000
Maravilhas I	Vale S A Filial: Vale Itabiritos	-20,22492	-43,87322	MG	Itabirito	1.860.000
Maravilhas II	Vale S A Filial: Vale Itabiritos	-20,21442	-43,89169	MG	Itabirito	94.590.445
Cianita 1	Vale S A Filial: Vale Itabiritos	-20,19658	-43,86708	MG	Nova Lima	680.000
PDE Lagoa Seca	Vale S A Filial: Vale Mariana	-20,34897	-43,41308	MG	Mariana	10.626
PDE Engano	Vale S A Filial: Vale Mariana	-20,33806	-43,42461	MG	Mariana	12.913
Doutor	Vale S A Filial: Vale Mariana	-20,29045	-43,49053	MG	Ouro Preto	37.683.207
Timbopeba	Vale S A Filial: Vale Mariana	-20,27051	-43,49624	MG	Ouro Preto	34.000.000
PDE Temporária II	Vale S A Filial: Vale Mariana	-20,21512	-43,44849	MG	Mariana	7.000
PDE Permanente II - Fase I	Vale S A Filial: Vale Mariana	-20,20747	-43,45440	MG	Mariana	15.000
Captação	Vale S A Filial: Vale Mariana	-20,20283	-43,60225	MG	Santa Bárbara	511

Pocilga	Vale S A Filial: Vale Mariana	-20,18508	-43,60575	MG	Santa Bárbara	38.559
PDE Permanente I	Vale S A Filial: Vale Mariana	-20,18453	-43,43761	MG	Mariana	30.000
Campo Grande	Vale S A Filial: Vale Mariana	-20,17607	-43,48732	MG	Mariana	22.978.889
Principal	Vale S A Filial: Vale Mariana	-20,17350	-43,61531	MG	Santa Bárbara	1.994.773
PDE Fosforoso	Vale S A Filial: Vale Mariana	-20,15931	-43,46931	MG	Mariana	20.000
Captação Córrego das Almas	Vale S A Filial: Vale Mariana	-20,15803	-43,46810	MG	Mariana	2.165
Dicção Leste	Vale S A Filial: Vale Mariana	-20,13929	-43,41233	MG	Catas Altas	150.000
Cobras	Vale S A Filial: Vale Mariana	-20,13298	-43,41036	MG	Catas Altas	20.000
Paracatu	Vale S A Filial: Vale Mariana	-20,11840	-43,41457	MG	Catas Altas	36.685
Lavra Azul	Vale S A Filial: Vale Mariana	-20,11777	-43,40765	MG	Catas Altas	10.000
Mosquito	Vale S A Filial: Vale Mariana	-20,10547	-43,40418	MG	Catas Altas	1.089.831
Sul Inferior	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais	-19,97573	-43,60070	MG	Barão De Cocais	510.362
2	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais	-19,97350	-43,60373	MG	Barão De Cocais	15.413
Fazendinha	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais	-19,97173	-43,60806	MG	Barão De Cocais	3.831
Sul Superior	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais	-19,97018	-43,59687	MG	Barão De Cocais	6.016.849
Inglezes	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais	-19,96536	-43,58728	MG	Barão De Cocais	3.525
Monjolo	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais	-19,96364	-43,23787	MG	Santa Bárbara	400.000
Patrimônio	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais	-19,95945	-43,58723	MG	Barão De Cocais	7.186
Porteirinha	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais	-19,95920	-43,38568	MG	Santa Bárbara	800.200
A - PDE Nordeste	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais	-19,94873	-43,58670	MG	Barão De Cocais	300
B - PDE Nordeste	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais	-19,94726	-43,58353	MG	Barão De Cocais	2.935
C - PDE Nordeste	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais	-19,93845	-43,58381	MG	Barão De Cocais	15.377

Elefante	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais	-19,93246	-43,20921	MG	Rio Piracicaba	201.441
Diogo	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais	-19,92994	-43,19619	MG	Rio Piracicaba	6.571.348
Sul (Córrego do Canal)	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais	-19,88398	-43,38568	MG	São Gonçalo Do Rio Abaixo	53.740.000
B3	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais	-19,87865	-43,37825	MG	São Gonçalo Do Rio Abaixo	137.575
Dicão	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais	-19,87478	-43,37973	MG	São Gonçalo Do Rio Abaixo	989.786
PDE 3	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais	-19,86414	-43,35587	MG	São Gonçalo Do Rio Abaixo	22.101
Galego	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais	-19,85719	-43,80453	MG	Sabarará	1.261.209
01 PDE 01	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais	-19,85386	-43,79397	MG	Sabarará	0
Norte/Laranjeiras	Vale S A Filial: Vale Minas Centrais	-19,84834	-43,42172	MG	Barão De Cocais	16.550.529
IV-A	Vale S A Filial: Vale Paraopeba	-20,13950	-44,12308	MG	Brumadinho	130.000
IV	Vale S A Filial: Vale Paraopeba	-20,13672	-44,12036	MG	Brumadinho	238.000
Menezes II	Vale S A Filial: Vale Paraopeba	-20,12808	-44,13828	MG	Brumadinho	290.202
Menezes I	Vale S A Filial: Vale Paraopeba	-20,11964	-44,13922	MG	Brumadinho	8.068
I	Vale S A Filial: Vale Paraopeba	-20,11911	-44,12025	MG	Brumadinho	11.741.325
VI	Vale S A Filial: Vale Paraopeba	-20,11906	-44,12442	MG	Brumadinho	843.809
VI	Vale S A Filial: Vale Paraopeba	-20,11906	-44,12442	MG	Brumadinho	843.809
VII	Vale S A Filial: Vale Paraopeba	-20,10428	-44,11967	MG	Brumadinho	22.200
5 (Mutuca)	Vale S A Filial: Vale Paraopeba	-20,02623	-43,94256	MG	Nova Lima	7.100.000
5 (MAC)	Vale S A Filial: Vale Paraopeba	-19,97709	-43,89300	MG	Nova Lima	13.718.217
7B	Vale S A Filial: Vale Paraopeba	-19,96737	-43,88298	MG	Nova Lima	79.431
8B	Vale S A Filial: Vale Paraopeba	-19,95942	-43,87260	MG	Nova Lima	92.635
Sul Pilha	Vale S A Filial: Vale Serra Sul	-6,47822	-50,32136	PA	Canaã Dos Carajás	496.059

1 Usina	Vale S A Filial: Vale Serra Sul	-6,45492	-50,22875	PA	Canaã Dos Carajás	34.000
Barramento 10	Vale S A Filial: Vale Serra Sul	-6,44356	-50,31811	PA	Canaã Dos Carajás	10.670
Lagoa Progeo	Vale S A Filial: Vale Serra Sul	-6,44186	-50,32650	PA	Canaã Dos Carajás	21.520
Barramento 7	Vale S A Filial: Vale Serra Sul	-6,44056	-50,32550	PA	Canaã Dos Carajás	2.467
Barramento 8	Vale S A Filial: Vale Serra Sul	-6,44044	-50,32000	PA	Canaã Dos Carajás	4.511
Bacia C Usina	Vale S A Filial: Vale Serra Sul	-6,43900	-50,23581	PA	Canaã Dos Carajás	30.114
E48 Bacia I	Vale S A Filial: Vale Serra Sul	-6,41992	-50,31331	PA	Canaã Dos Carajás	6.333
1 Mina	Vale S A Filial: Vale Serra Sul	-6,39939	-50,34014	PA	Canaã Dos Carajás	188.681
3 Mina	Vale S A Filial: Vale Serra Sul	-6,39442	-50,31981	PA	Canaã Dos Carajás	165.320
Fernandinho	Vale S A Filial: Vale Vargem Grande	-20,18331	-43,85950	MG	Nova Lima	1.020.000
Vargem Grande	Vale S A Filial: Vale Vargem Grande	-20,18186	-43,86700	MG	Nova Lima	9.500.000
Captação Trovões	Vale S A Filial: Vale Vargem Grande	-20,16872	-43,86147	MG	Itabirito	503
III	Vale S A Filial: Vale Vargem Grande	-20,15569	-43,88711	MG	Nova Lima	16.846
II	Vale S A Filial: Vale Vargem Grande	-20,15289	-43,88842	MG	Nova Lima	18.241
Capitão do Mato	Vale S A Filial: Vale Vargem Grande	-20,12989	-43,92569	MG	Nova Lima	2.136.495
B	Vale S A Filial: Vale Vargem Grande	-20,12442	-43,92522	MG	Nova Lima	333.000
Peneirinha	Vale S A Filial: Vale Vargem Grande	-20,11062	-43,96361	MG	Nova Lima	431.596
Capão da Serra	Vale S A Filial: Vale Vargem Grande	-20,06867	-43,93058	MG	Nova Lima	2.230.000
Cachoeirinha	Vallourec Mineração Ltda	-20,15272	-43,96544	MG	Nova Lima	2.850.834
Bacia B-9	Vetorial Mineração S A	-19,26528	-57,52661	MS	Corumbá	8.033
Bacia B-8	Vetorial Mineração S A	-19,26467	-57,52706	MS	Corumbá	7.260
Barragem B-6	Vetorial Mineração S A	-19,26269	-57,52706	MS	Corumbá	103.000

Bacia B-5B	Vetorial Mineração S A	-19,26250	-57,52761	MS	Corumbá	2.320
Bacia B-3	Vetorial Mineração S A	-19,26242	-57,52842	MS	Corumbá	5.398
Bacia B-5A	Vetorial Mineração S A	-19,26233	-57,52778	MS	Corumbá	3.766
Bacia B-4	Vetorial Mineração S A	-19,26208	-57,52792	MS	Corumbá	4.385
Bacia B-2A	Vetorial Mineração S A	-19,26156	-57,52856	MS	Corumbá	10.275
Bacia B-2B	Vetorial Mineração S A	-19,26156	-57,52856	MS	Corumbá	7.557
Bacia "S"	Vetorial Mineração S A	-19,26097	-57,52878	MS	Corumbá	5.233
Barragem Sul	Vetorial Mineração S A	-19,20553	-57,63531	MS	Corumbá	600.000
Baia 4	Vetorial Mineração S A	-19,20035	-57,63944	MS	Corumbá	76.000
Barragem de Clarificação de Água	Zamapá Mineração S.a.	1,00197	-51,12889	AP	Ferreira Gomes	42.000
Mario Cruz	Zamin Amapá Mineração S.a.	0,80084	-51,87453	AP	Pedra Branca Do Amapari	25.366.731