



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
UNIDADE ARAXÁ
ENGENHARIA DE MINAS

TUANNE CHAVES BORGES

LEVANTAMENTO DO ESTADO DA ARTE EM PESQUISAS
DEDICADAS A DESTINAR REJEITO E/OU ESTÉRIL A NOVOS
MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

ARAXÁ-MG

2021

TUANNE CHAVES BORGES

**LEVANTAMENTO DO ESTADO DA ARTE EM PESQUISAS
DEDICADAS A DESTINAR REJEITO E/OU ESTÉRIL A NOVOS
MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro Federal de
Educação Tecnológica de Minas Gerais -
Unidade Araxá, como requisito parcial
para obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Minas.

Orientador: Dr. Alexander Martin Silveira
Gimenez

ARAXÁ-MG

2021

TUANNE CHAVES BORGES

**LEVANTAMENTO DO ESTADO DA ARTE EM PESQUISAS
DEDICADAS A DESTINAR REJEITO E/OU ESTÉRIL A NOVOS
MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro Federal de
Educação Tecnológica de Minas Gerais -
Unidade Araxá, como requisito parcial
para obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Minas.

Data de Defesa: Araxá, 22 de abril de 2021.



Orientador: Prof.º Dr.º ALEXANDER MARTIN SILVEIRA GIMENEZ
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Unidade Araxá



Avaliador: Prof.º Me.º ALLAN ERLIKHMAN MEDEIROS SANTOS
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Unidade Araxá



Avaliadora: Prof.ª Dr.ª MARCELA MAIRA NASCIMENTO DE SOUZA SOARES
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Unidade Araxá

DEDICO ESTE TRABALHO

Aos meus pais, por me apoiarem a conquistar os meus sonhos, à minha irmã Tâmara por estar sempre ao meu lado me apoiando, ao meu companheiro Diogo por me incentivar ao longo de toda a jornada, ao meu filho, Felipe, o qual é a razão da minha existência e do significado da palavra amor incondicional. E por fim, aos meus familiares e amigos os quais foram peças essenciais para esta conquista.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por guiar meus passos.

Aos meus pais, Calânio e Magda, por todo apoio em todos os momentos da minha vida, amor imensurável e exemplo de superação. Não existem palavras que expressam minha gratidão a vocês.

À minha irmã, Tâmara, por toda cumplicidade e carinho. Por estar presente em todos os momentos da minha vida, por sempre me incentivar e acreditar nas minhas conquistas.

Ao meu filho, Felipe, pelo amor recíproco e inigualável, por me fazer tornar uma pessoa melhor a cada dia. Por sua existência. Pelo seu abraço. Pelo seu sorriso. Por ser você. Eu renasci no instante em que você nasceu.

Ao meu parceiro, Diogo, por todo amor e companheirismo nesses anos e por ser meu apoio.

À toda minha família, pelo incentivo e união. A conquista é válida quando se tem pessoas para dividir a alegria e momentos como esse.

Aos meus amigos, pela torcida, incentivo e entusiasmo. Vocês foram necessários, independente se estão perto ou longe.

Ao meu orientador, Alexander, por ter aceitado o desafio de me orientar mesmo em um curto prazo para realizar este trabalho, e por todo auxílio e aprendizado compartilhado.

À professora, Jalmira, pelos conselhos e ajuda na formulação da melhor versão deste trabalho.

À equipe do CEFET-MG, pelo ensino de qualidade.

“Jamais desista daquilo que você realmente quer fazer. A pessoa que tem grandes sonhos é mais forte do que aquela que possui todos os fatos”.

H. JACKSON BROWN, JR.

RESUMO

O presente trabalho visou realizar um levantamento de estudos científicos onde rejeitos e estéreis de mineração foram empregados como insumos de materiais de construção civil. O aproveitamento desses materiais torna-se necessários devido aos diversos tipos de problemas ambientais que seu armazenamento causa. Sendo assim, um destino adequado tende a contribuir para um ambiente mais sustentável. Objetivou-se neste trabalho realizar o levantamento bibliográfico de estudos científicos que abordassem o reaproveitamento desses materiais, buscou-se também realizar análise quantitativa sobre, os principais tipos de rejeitos e estéreis de mineração utilizados e suas principais aplicações. Nesta pesquisa foi possível observar que os rejeitos são mais empregados em materiais de construção que os estéreis, sendo que o rejeito de mineração mais utilizado é o minério de ferro e posteriormente, o manganês. Os materiais nos quais os rejeitos e estéreis tendem a ser mais empregados são primeiramente as cerâmicas, em sequência o concreto, tijolos, cimento, argamassa, pavimentação, material pozolânico e tinta ecológica. Sobre a utilização dos estéreis obteve poucos resultados, sendo a sua utilização mais comum em obras de pavimentação.

Palavras-chave: Rejeito. Estéril. Materiais de construção. Aplicações.

ABSTRACT

This work aimed to carry out a survey of scientific studies dedicated to finding scientific studies where tailings and mining waste were used as inputs for civil construction materials. The use of these materials is necessary due to the various types of environmental problems that their storage causes. Therefore, an adequate destination tends to contribute to a more sustainable environment. The objective of this work was to carry out a bibliographic survey of scientific studies that addressed the reuse of these materials, we also sought to carry out quantitative analysis on, the main types of tailings and mining waste used and their main applications. In this research it was possible to observe that the tailings are more used in construction materials than the sterile ones, with the most used mining tailings being iron ore and later, manganese. The materials in which tailings and waste tend to be most used are ceramics, followed by concrete, bricks, cement, mortar, flooring, pozzolanic material and ecological paint. Regarding the use of waste, it obtained few results, being its most common use in paving works

Keywords: Waste. Tailings. Construction Materials. Applications.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Quantitativo de Barragens por Categoria de Risco.....	20
FIGURA 2 - Impactos causados por rompimento de barragem.....	21
FIGURA 3 - Porcentagem de produtos de pós aproveitamento.	31
FIGURA 4 - Países e suas respectivas reservas de Manganês.....	34

LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADRO 1 – Produto de pós aproveitamento: Cerâmica	32
QUADRO 2 – Manganês e seus produtos de pós aproveitamento	34
QUADRO 3 – Produto de pós aproveitamento: Concreto	35
QUADRO 4 – Minério de ferro e seus produtos de pós aproveitamento	36
QUADRO 5 – Produto de pós aproveitamento: Argamassa.....	37
QUADRO 6 – Produto de pós aproveitamento: Tijolos	38
QUADRO 7 – Produto de pós aproveitamento: Cimento	39
QUADRO 8 – Carvão e seus produtos de pós aproveitamento	41
QUADRO 9 – Produto de pós aproveitamento: Pavimentação	41
QUADRO 10 – Produto de pós aproveitamento: Material pozolânico.....	42
QUADRO 11 – Produto de pós aproveitamento: Tinta ecológica.....	43
TABELA 1 – Resíduos industriais gerados em Minas Gerais no ano de 2007.....	17
TABELA 2 – Categoria de Risco x Quantidade de Barragens.	20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCERAM	Associação Brasileira de Cerâmica
ABEDA	Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos
ANM	Agência Nacional de Mineração
ASPACER	Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento
ASTM	American Society for Testing and Materials
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
DPA	Dano Potencial Associado
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
NBR	Norma Brasileira
PDF	Portable Document Format
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Política Nacional de Segurança de Barragens
SciELO	Scientific Electronic Library Online
SNIC	Sindicato Nacional da Indústria do Cimento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Resíduos de mineração.....	16
2.2	Problemática ambiental.....	18
2.3	Destinação de resíduos para construção civil.....	22
2.4	Materiais de construção civil usualmente confeccionados a partir de rejeito e/ou estéril de mineração.	24
2.4.1	CERÂMICAS	25
2.4.2	CONCRETO	26
2.4.3	TIJOLOS	26
2.4.4	ARGAMASSA.....	27
2.4.5	CIMENTO	27
2.4.6	MATERIAIS POZOLÂNICOS	28
2.4.7	PAVIMENTAÇÃO.....	28
2.4.8	TINTA ECOLÓGICA.....	29
3	METODOLOGIA.....	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
	REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

A importância da mineração é protagonista quando se trata de economia do país, uma vez que exportou 362 milhões de toneladas no ano de 2019, enquanto no ano de 2020 os números chegaram a 371 milhões de toneladas exportadas. Destaque também para a arrecadação de US\$37 bilhões no de 2019 com as exportações. A variação em toneladas do ano de 2019 para o ano de 2020 foi de 2%. Todavia, de acordo com o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), apesar desta variação ter sido pequena, a alteração no valor do dólar foi de 11% (IBRAM, 2021).

A influência de investimentos na mineração é um potencial desde o período colonial, sendo posteriormente alvo de expedições em busca de metais valiosos e pedras preciosas. A relação com a geração de empregos tem vínculos com todos os ramos do crescimento e desenvolvimento do país, uma vez que a mineração contribui para criação de inúmeros empregos diretos e indiretos. Além de toda a tecnologia as indústrias, agricultura e demais setores dependem de matéria-prima que provém da mineração, como por exemplo: aço, carvão, cimento, fertilizantes, areia, brita entre outros.

A atividade mineral no mundo é de grande importância, uma vez que favorece o desenvolvimento tecnológico, gera muitos empregos direta e indiretamente, arrecadação de impostos e exportação de produtos. Entretanto é necessário salientar os pontos negativos sobre a mineração, como por exemplo, impactos socioambientais, desde a supressão vegetal até desastres como rompimento de barragem. Com o passar dos anos é crescente a preocupação com o meio ambiente, busca-se cada vez mais um planejamento eficiente, priorizando a segurança, medidas mitigatórias dos impactos negativos, além de uma fiscalização ativa e que seja respeitada, para que ultrapasse a exploração, mas que o ambiente como um todo seja preservado de maneira adequada.

Os acidentes dos rompimentos das barragens nas cidades de Mariana e Brumadinho, localizadas no Estado de Minas Gerais, foram marcadas pelas cenas de destruição da enxurrada de lama que invadiu casas, vegetação e tudo que estava ao seu redor. Essa lama é formada por rejeitos da mineração, material que de forma

geral é extremamente fino enviado para as barragens de rejeito após a separação do minério de interesse, ganha a característica de lama por sua finura e viscosidade.

A lama oriunda do processo de extração de minério não se trata de uma lama comum, uma vez que ela é uma lama de rejeitos que contém minerais que não são economicamente viáveis, e que passaram por beneficiamento e tratamento, podendo conter metais pesados e outros produtos tóxicos.

O rompimento da barragem de rejeito de ferro no município de Mariana/MG, aconteceu em 5 de novembro de 2015. Após o rompimento da barragem foram vazados mais de 70 milhões de metros cúbicos de lama de rejeito de minério de ferro (PORTO, 2016). Além de ter causado a morte de 19 pessoas, as consequências socioambientais foram devastadoras.

Já o acidente ocorrido em Brumadinho/MG, no dia 25 de janeiro de 2019, representou um dos maiores desastres ambientais bem como o pior acidente de trabalho da história do Brasil, uma vez que ocasionou 270 vítimas fatais, sendo a maior parte delas trabalhadores que atuavam na área da empresa. Além disso, a constatação de metais pesados na extensão do rio, acima dos valores permitidos para um rio de classe II, gerou uma grande preocupação. Há que se considerar que o limite permitido na água em mg/L é de 0,01 de Manganês e Cádmio, mas, nos primeiros dias após o rompimento da barragem, as concentrações de metais pesados estavam 736 vezes acima do limite e 800 vezes acima, respectivamente (LEMOS e POLIGNANO, 2020).

A deposição de rejeitos de mineração em barragens e estéreis em pilhas, são as técnicas mais utilizadas para seu armazenamento, sendo inevitáveis nos modelos vigentes de mineração. Buscando atenuar esses problemas envolvendo a mineração foi realizado neste trabalho um levantamento de estudos científicos visando encontrar novos destinos para rejeitos e/ou estéreis da mineração.

Os estéreis são materiais sem possibilidade de aproveitamento, por seu valor econômico não ser significativo em um dado momento, por não possuir rota de processo industrial conhecida ou por não atender às especificações de qualidade da rota de processo já existente. Em geral se originam de coberturas de solo ou rocha que recobrem a área onde se encontra o minério de interesse.

Estes estéreis geralmente são dispostos em pilhas e em barragens de rejeitos, além do planejamento, construção e operação elas constituem uma das

maiores estruturas geotécnicas, desta maneira associa-se uma parcela significativa nos gastos de uma mina (COUZENS, 1985). A limpeza é necessária na cobertura vegetal caso a pilha seja construída em área de mata densa ou floresta (ABNT, 2006). Causando danos à vegetação nativa, além de estarem suscetíveis à escorregamento, rompimento de barragem, contaminando o solo, e causando destruição em seu torno.

O setor de construção civil em contrapartida utiliza de uma grande variedade de minerais em muitas faixas granulométricas e com finalidades diversificadas entre suas finalidades e usos, sendo assim uma alternativa de destinação para os rejeitos e estéreis de mineração. Outros fatores positivos são de o setor ser um dos que mais consome materiais em toneladas, além de buscar tecnologia e inovação para substituir as fontes dos materiais.

Este trabalho justifica-se pela aspiração em reduzir os volumes de material que pilhas de estéril e barragens de rejeitos fornecem à população e ao meio ambiente. Uma vez que as utilizações desses resíduos são mínimas, e pesquisas nessa área podem aumentar esses números trazendo outras possibilidades mais seguras e que incentivem novos direcionamentos para esses materiais.

Sendo assim o objetivo geral deste trabalho é avaliar quais materiais de construção civil apresentam a possibilidade de serem produzidos a partir do rejeito e/ou estéril, de acordo com o levantamento bibliográfico nos últimos 10 anos em pesquisas nacionais. Já os objetivos específicos são avaliar qual tipo de rejeito e/ou estéril são mais utilizados e em quais produtos são aplicados para a construção civil, assim compreendendo melhor as possibilidades existentes de uso de tais resíduos. Com isso busca-se um direcionamento ambiental, que venha a auxiliar a sociedade e o meio ambiente. Além da inserção de novos materiais à bom custo benefício, que escoem os resíduos das pilhas e das barragens para materiais de construção.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Resíduos de mineração

Os resíduos que a mineração gera são oriundos dos processos anteriores às barragens de rejeitos e pilhas de estéril. Para entender é necessário ver a importância do tratamento de minério, que consiste em operações aplicadas aos bens minerais o qual pretende alterar a granulometria, a concentração dos minerais presentes ou a forma, porém mantendo as propriedades químicas e/ou físicas dos minerais (LUZ; SAMPAIO; ALMEIDA; 2004).

Alguns conceitos são necessários para o entendimento das análises dos resíduos gerados, quais são os motivos, e as possibilidades que são criadas a partir deles, como os relacionados a seguir.

Mineral: é toda matéria inorgânica que possua uma composição química e propriedades físicas definidas, possua estrutura cristalina ordenada e seja de origem natural.

Já o minério é toda rocha constituída de um mineral ou agregado de minerais contendo um ou mais minerais valiosos, prováveis de serem aproveitados economicamente. Os minerais que são valiosos que são aproveitáveis como bens úteis, denomina-se de minerais-minério.

Enquanto o mineral ou conjunto de minerais que não são aproveitados são denominados de ganga. Segundo Chaves (2002) outro conceito importante de se entender é o teor, este é definido como massa de um elemento ou substância pura, em relação à massa total em consideração.

Para atingir o objetivo da mineração que é obter o mineral-minério, a mineração requer etapas, são elas: prospecção, exploração, desenvolvimento, exploração (HARTMAN e MUTMANSKY, 2002).

Os resíduos das atividades minerárias que serão abordados neste trabalho são os minerais que possuem baixo teor, ou até por não possuir um processo para exploração. Em geral estes materiais são dispostos em pilhas de estéril, enquanto outra grande parte são os materiais gerados durante os processos de beneficiamento, os quais são chamados de rejeitos. Estes rejeitos geralmente são na forma de lama ou pasta, e o destino deles são as barragens de rejeito.

A geração de estéril nas minas a céu aberto possui maior volume, uma vez que para a lavra do corpo de minério, anteriormente é necessário fazer o decapeamento ou dedicar uma cava que seja estável. Já o beneficiamento mineral, o qual trata-se de uma série de operações afim de concentrar a(s) espécie(s) minerais desejadas nesta etapa são gerados os produtos e rejeitos.

Os volumes de material explorados na mineração são gigantescas, e com isto a geração de resíduos também são. Desta maneira as soluções mais utilizadas por elas, são as pilhas de estéreis e as barragens. A gestão destes resíduos têm sido pauta cada vez mais constante e primordial, gerando preocupação com o meio ambiente, e sendo alvo de inúmeras pesquisas.

Um exemplo é a quantidade de resíduos que a mineração gerou no Estado de Minas Gerais, cerca de 90% do total de resíduos sólidos, equivalente a cerca de 358 Mt. A tabela a seguir mostra os resíduos industriais gerados em Minas Gerais no ano de 2007 (DESCHAMPS *et al.*, 2019).

TABELA 1 - Resíduos industriais gerados em Minas Gerais no ano de 2007.

Resíduo	Quantidade (Mt)	% em relação ao total
Estéril da jazida de minério de ferro	139,8	34,7
Estéril (demais jazimentos)	132,1	32,8
Rejeito do beneficiamento de minério de ferro	43	10,7
Estéril do decapeamento da mina	19	4,7
Rejeito (diversos)	16,6	4,1
Rejeito arenoso	7,2	1,8
Vinhaça	5,5	1,4
Água de lavagem de cana	4,7	1,2
Escória de alto forno	4,2	1
Bagaço de cana	3,9	1
Outros resíduos industriais não perigosos (vários)	12,1	3
Resíduos perigosos típicos de mineração*	0,9	0,2
Outros resíduos perigosos (vários)	13,9	3,5
TOTAL	403	100

*Inclui: resíduos de processamento de bauxita, solução exaurida (contendo cianeto para extração de minérios de metais) e rejeito mineral de hidrometalurgia.

Fonte: Adaptado de DESCHAMPS *et al.* (2019).

Seerig (2019) afirma que o estéril geralmente é o material composto por solos e rochas de naturezas diversas, em distintas granulometria. E as pilhas de estéril são estruturas geotécnicas formadas pela distribuição e empilhamento dos materiais estéreis oriundos da lavra. De modo geral, estas são construídas nas proximidades da lavra, de maneira que os custos com transporte deste material sejam minimizados, outra alternativa é colocar o estéril em cavas exauridas ou em áreas exauridas da cava.

A norma NBR 13029/2006 (ABNT, 2006) estabelece a necessidade de estudos locacionais, hidrológicos, hidráulicos e geológicos-geotécnicos para que sejam os requisitos mínimos para elaboração de um projeto de pilha de estéril. Uma vez que estes estudos são essenciais para segurança, considerando que eles estabelecem o plano de monitoramento, o plano de desativação, além de compreender os parâmetros imprescindíveis como: altura da bancada, largura das bermas e inclinação de taludes.

O rejeito por sua vez, são resíduos subseqüente de processos de beneficiamento, aos quais os minérios são submetidos com a finalidade de extrair os elementos de interesse econômico. Devido aos diferentes tipos de minério processado e dos tratamentos realizados podem ser encontrados rejeitos com variadas características geotécnicas, físico-químicas e mineralógicas (ESPÓSITO, 2000).

Os rejeitos podem ser estruturados usando diferentes métodos, são esses: em cavas exauridas de minas, em pilhas, por empilhamento a seco (método "*dry stacking*"), por disposição em pasta ou em barragens de contenção de rejeito. Sendo analisado para escolha do melhor método a natureza do processo de mineração, condições geológicas e topográficas, propriedades mecânicas dos materiais, além da análise do impacto ambiental dos rejeitos.

2.2 Problemática ambiental

A mineração possui três vertentes problemáticas, são elas: a poluição da água, poluição sonora e subsidência do terreno, sendo estes efeitos denominados de externalidades (MECHI e SANCHES, 2010).

Segundo Chaves (2002) os impactos causados pela mineração geram conflitos socioambientais devido à falta de metodologias para intervenção, uma vez que os interesses dos envolvidos sejam distintos.

As Barragens de Contenção de Rejeitos são conceituadas pela NBR 13028/2014 (ABNT, 2014) como:

[...] barragens, barramentos, diques, reservatórios, cavas exauridas com barramentos construídos, associados às atividades desenvolvidas com base em direito minerário, utilizados para fins de contenção, acumulação ou decantação de rejeito de mineração ou descarga de sedimentos provenientes de atividades em mineração, com ou sem captação de água associada, compreendendo a estrutura do barramento e suas estruturas associadas.

Os requisitos para projeto de barragem para disposição de rejeitos são determinados pela norma NBR 13.028/2006 (ABNT, 2006). A norma define a necessidade de estudos hidrológicos e hidráulicos, geológico-geotécnicos e locais. De acordo com Davies e Martin (2000) o alto custo e grande volume de rejeitos que são gerados fazem com que seja interessante e viável o uso dos deles como material de construção para a construção da mesma barragem, porém vale ressaltar que para seu uso, é necessária avaliação de alguns itens como: emprego de sistemas de drenagens qualificados, proteção superficial da barragem, separação da fração grossa e finas, entre outras. As barragens são reconhecidas por além de causarem um impacto ambiental expressivo, eventuais falhas acabam descarregando imensos volumes de rejeitos no meio ambiente (DUARTE, 2008).

O cuidado em identificar pontos críticos dessa estruturação de pilhas de estéril e barragens de rejeitos faz-se necessário. De acordo com a Agência Nacional de Mineração (ANM) no Brasil, existem 769 barragens de mineração, e apenas 425 (55%) estão inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) (ANM, 2019).

Houveram mudanças nesse número, já são 437 barragens na Política Nacional de Segurança de Barragens, vale ressaltar que de acordo com os dados da ANM (ANM, 2021) em 2021 e elas são separadas em 3 categorias de risco, sendo estas: baixo, médio e alto risco.

Na Tabela 2 estão os números apresentados para cada categoria de risco:

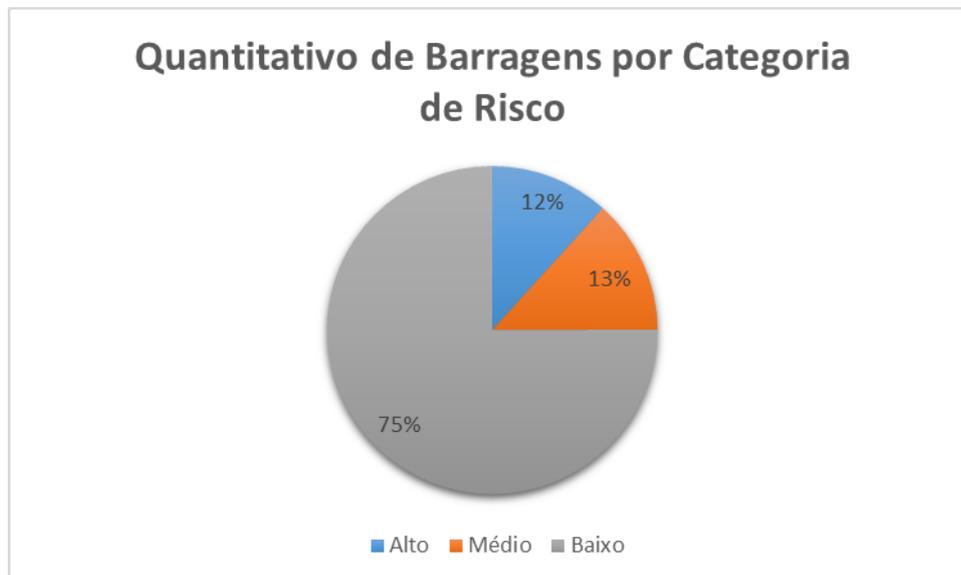
TABELA 2 - Categoria de Risco x Quantidade de Barragens.

Categoria de Risco (CRI)	Quantidade de Barragens
Alto	51
Médio	58
Baixo	328
Total Geral de Barragens	437

Fonte: Autoria própria.

A Figura 1 retrata as porcentagens correspondentes a quantidade de barragens e suas respectivas categorias de risco. As categorias de alto risco representam 12% do total das barragens, enquanto as de médio risco são 13% com o total de 58 barragens, e com a maior porcentagem são as barragens de baixo risco, que totalizam 75% do total as barragens.

FIGURA 1 - Quantitativo de Barragens por Categoria de Risco.



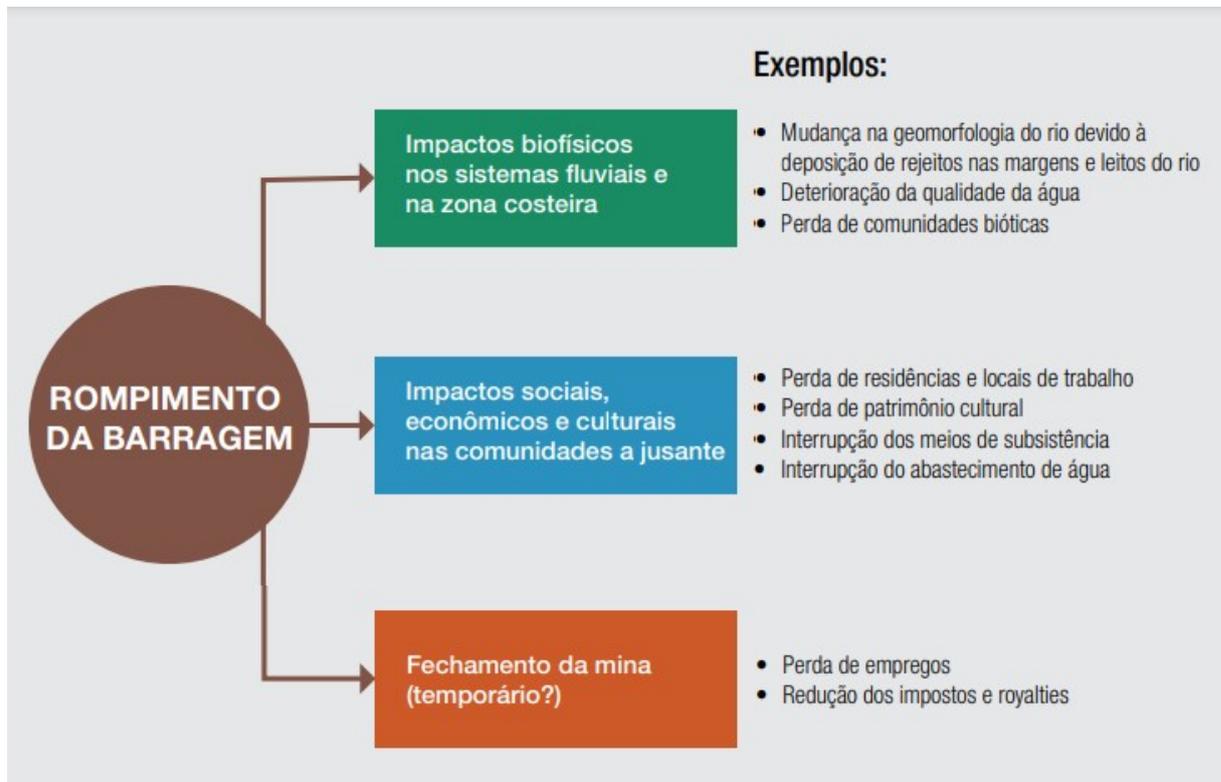
Uma vez que a barragem de Brumadinho e a de Mariana/MG, ambas não estavam na categoria de alto risco.

A Barragem de Fundão, localizada no município de Mariana/MG, rompeu no dia 5 de novembro de 2015. Este rompimento gerou o escoamento de dezenas de milhões de metros cúbicos de rejeito do processo de beneficiamento do minério

de ferro. O desastre causou 19 fatalidades, houve o deslocamento de mais de 220 famílias, a poluição e degradação de 670 km de rio. Além do mais, a onda de rejeitos afetou 806 edificações e destruiu 218 (CARMO *et al.*, 2017), incluindo a igreja de São Bento, que fazia parte do patrimônio histórico local, como também as consequências avaliadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) nas semanas após o rompimento conclui-se que ao menos 21 espécies de peixes teriam sido afetadas (IBAMA, 2015).

Os impactos socioeconômicos, biofísicos e culturais, diretos e indiretos, de curto e a longo prazo que o rompimento desta barragem causou foram de dimensões elevadas, de consequências irreversíveis. Pode-se verificar na Figura 2:

FIGURA 2 - Impactos causados por rompimento de barragem.



Fonte: Painel Rio Doce, 2018.

O rompimento da barragem de rejeitos também de minério de ferro, ocorreu em Brumadinho/MG. Este grave acidente ocorreu no dia 25 de janeiro de 2019. Os rejeitos da Barragem I, associada à mina Córrego do Feijão transbordaram outras duas barragens, as quais escoaram por uma extensão de terras do município de Brumadinho até serem drenados pelo rio Paraopeba. O grande número de

mortes, que chegou a 270 vítimas perdidas, está associado à localização de áreas administrativas da empresa, e de residências que ficavam nas proximidades da mina, que eram próximas à barragem rompida. O momento em que a barragem se rompe por completo, esta provocou um deslocamento de cerca de 12,7 milhões de metros cúbicos de rejeitos, e uma velocidade de aproximadamente 80 km/h, destruindo tudo à sua volta e atingindo uma vila a 18 km de distância (IANNELI; RIGOLETO, 2020).

O nível de monitoramento e controle no caso de Brumadinho, a barragem era avaliada como sendo de baixo risco com um alto dano associado, pertencendo a categoria C (ANM, 2019). Este critério da ANM, que define categoria de dano potencial associado (DPA) de A (mais perigoso) até E, onde são avaliados o risco e o dano potencial associado (NEVES, 2019).

Os impactos foram similares aos da barragem de Mariana. O rompimento da barragem de rejeito de Brumadinho atingiu cerca de 290 hectares, 133 hectares de vegetação nativa da Mata Atlântica e 70 há de Áreas de Preservação Permanente (IBAMA, 2019). Ademais as espécies da flora e fauna que foram aniquiladas, a contaminação do Rio Paraopeba, e a perda de espécies aquáticas, atingindo também à outras comunidades.

2.3 Destinação de resíduos para construção civil

Segundo Nociti (2011) a crescente dedicação e preocupação em preservar o meio ambiente, juntamente com a escassez de algumas matérias-primas, está estimulando pesquisas para reutilização ou adição dos rejeitos em processos industriais.

O setor da construção civil se destaca por ser uma área a qual pode-se explorar a sua utilização, uma vez que ela permite que os resíduos reciclados poderiam ser utilizados como materiais de construção (SHETTY, NAYAK, e VIJAYAN, 2014).

Uma das motivações para a destinação dos resíduos para a geração de subprodutos como uma forma de reciclagem, tornou-se um tema de repercussão desde a publicação da Lei Federal 12.305 de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

O rejeito é um tipo de resíduo o qual eram julgados como exaurido as chances de reaproveitamento ou reciclagem de maneira tecnológica e economicamente viável (BRASIL, 2010). Entretanto, o Brasil e outros países têm incentivado estudos que visam o reaproveitamento desses resíduos da mineração, e alguns mostram viáveis e economicamente viáveis, os tornando até lucrativos. Pode-se citar alguns destes estudos como por exemplo Souza *et al.* (2018), que integraram o rejeito de minério de ferro oriundo de uma usina de pelotização, à massa argilosa usada para fabricação de cerâmica. A partir da análise micro-estrutural do material, alterou substancialmente a microestrutura da cerâmica, sendo que adicionando de até 10% em massa do rejeito verificou vantagens para a qualidade da cerâmica pela redução da porosidade aberta.

Estudos que satisfazem à utilização de rejeitos de mineração foram feitos por:

Chen *et al.* (2010) examinaram a viabilidade da aplicação do rejeito de minério de ferro oriundo da China para a fabricação de tijolos ecológicos. Além dos rejeitos de minério de ferro, argila e cinzas foram adicionados ao processo, e as consequências foram satisfatórias, uma vez que viabilizou fabricar os tijolos utilizando de até 84% de rejeito na massa total dos compostos, controlando apenas os teores de água, pressão, tempo e temperatura.

Yellishetty *et al.* (2008) avaliou a adequação de resíduos de uma mina de ferro da Índia, os quais a granulometria de 12,5 a 20 mm se adequam para a fabricação de concreto, expressa cerca de 50 a 60% do total dos resíduos. Além da possibilidade de outros usos para a construção, como por exemplo a areia, quando as partículas têm granulometria entre 4,75 a 12,5 mm, e as inferiores à 4,75 mm adequadas para fabricação de tijolos.

Estudos relevantes em diferentes locais do país também são destaques para a análise da motivação do uso de rejeitos, uma vez que não apenas os acidentes devem ser levados em conta, mas as quantidades exorbitantes de resíduos que são geradas diariamente, e o questionamento do motivo das mineradoras não buscarem outras finalidades para tal.

Fatores que devem ser analisados são por exemplo como a política atual, o custo deste reaproveitamento ou direcionamento para o setor da construção civil, até a presença de contaminantes tóxicos é necessário que seja levada em conta.

De acordo com Sanches (1993) as reciclagens dos materiais têm se destacado como relevância por diversas razões, não apenas econômicas, como também ambientais, desse modo a mineração deve traçar novas estratégias e se moldar às novas exigências.

Barreto *et al.* (2005) cita pontos significativos sobre sustentabilidade, tais como: sempre atenuar e prevenir a degradação ambiental, reduzir a geração de resíduos e rejeitos, reaproveitar ao máximo os rejeitos primários reciclando e reutilizando novamente na produção ou buscando um novo uso para os materiais.

Desta maneira viu-se exigência mundial sobre um novo olhar sobre estes resíduos, e uma atenção às possibilidades que podem transformar estes dois segmentos: a construção civil e a mineração. Como a construção civil é um consumidor significativo de materiais, uma vez que é exigido do mercado mundial constantemente, e assim, é responsável pelo gasto de 15 a 50% dos recursos naturais extraídos (JOHN, 2008).

Consequentemente os resíduos da mineração são alvo de estudos e da agregação em produtos da construção civil, uma vez que além de alterar a oferta de matéria-prima para a produção dos materiais, auxilia no crescimento do país (MENEZES; NEVES; FERREIRA, 2002).

A importância da reutilização dos rejeitos é tão significativa, entretanto as porcentagens são mínimas quando se trata deste assunto na mineração. Uma vez que segundo os dados do Inventário de Resíduos da Mineração, cerca de 289 milhões de toneladas de rejeito de minério de ferro são gerados no Brasil por ano, sendo 94,58% são designados para barragens, 2,87% para as pilhas de rejeito e apenas 0,003% são reutilizadas (FEMA, 2018).

2.4 Materiais de construção civil usualmente confeccionados a partir de rejeito e/ou estéril de mineração.

O setor da construção civil exige demasiadamente o consumo de materiais e inovações. O aproveitamento dos resíduos da mineração agrega na possibilidade de melhoria de materiais que são necessários nas construções, permite reduzir os custos para obtenção destes materiais, como também uma

solução aos impactos causados pela disposição de rejeitos e estéril ao meio ambiente e à população.

Os materiais usuais produzidos a partir de rejeito e/ou estéril da mineração são cerâmica, concreto, cimento, pavimentação entre outros. Uma vez que a adição destes resíduos da mineração na produção deles é de fácil controle e análise de resultado. Entre todas as possibilidades de materiais a serem produzidos para esse setor, é relevante o entendimento dos que foram estudados nos trabalhos selecionados, são eles: argamassa, concreto, cimento, tijolos, tinta ecológica, cerâmica, material pozolânico e pavimentação. Entretanto é necessário salientar a importância da caracterização do rejeito e estéril antes da sua aplicação, conhecendo sua composição química, granulometria, massa específica, e avaliar se são inertes e não perigosos à saúde e ao ambiente.

2.4.1 CERÂMICAS

Conforme Bauer (1980) a simplicidade de fabricação e a quantidade em demasia de matéria-prima contribuíram com que a indústria de cerâmica seja uma das mais antigas do mundo.

Outro ponto que despertou o interesse foram as propriedades dos materiais cerâmicos, os quais são resistentes, parcialmente rígidos, porém possuem juntamente propriedades como fragilidade e alta tendência de fraturar (CALLISTER, 2008).

O setor cerâmico é vasto, o que o leva a dividi-lo em segmentos em função de diversos fatores como matéria-prima, propriedades e áreas de utilização. A classificação adotada pela Associação Brasileira de Cerâmica (ABCERAM) é a seguinte: Cerâmica Vermelha; Materiais de revestimento; Cerâmica branca; materiais refratários; Isolantes térmicos; fritas e corantes; Abrasivos; Vidro, Cimento e Cal; e Cerâmica de Alta tecnologia.

Os dados estatísticos no uso da cerâmica considerando apenas no setor de revestimento paulista são relevantes, segundo a Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento (ASPACER) no ano de 2020 foram importados 533,7 milhões de m², e foram exportados 58,5 milhões m², sendo os principais destinos das exportações os países: Chile, Paraguai, Estados Unidos e Colômbia.

Pelo amplo campo que as cerâmicas possuem, elas podem ser obtidas a partir de diferentes processos de fabricação, desta forma, facilitando o aproveitamento de resíduos da mineração ao seu processo.

2.4.2 CONCRETO

De acordo com a American Society for Testing and Materials (ASTM), o concreto é um material compósito que consiste de um meio aglomerante no qual estão aglutinadas partículas de diferentes naturezas, considerando: o aglomerante é o cimento em presença de água; o agregado pode ser qualquer material granular; os aditivos e adições são substâncias químicas adicionadas ao concreto em seu estado fresco que lhe alteram algumas propriedades.

Os aditivos e agregados permitem que os rejeitos e/ou estéreis sejam utilizados para sua composição, de maneira que melhore suas propriedades e continue com sua finalidade.

2.4.3 TIJOLOS

Outro produto de pós aproveitamento que possui considerável número de trabalhos na área são os tijolos.

A NBR 8491, de dezembro de 2012, onde define no subitem 3.1:

Tijolo de solo-cimento componente de alvenaria constituído de uma mistura homogênea, compacta e endurecida de solo, cimento Portland, água e, eventualmente, aditivos e/ou pigmentos em proporções que permitam atender os requisitos desta Norma, cuja altura (H) seja menor que sua largura (L), pode ser maciço ou vazado (ABNT, 2012).

Os tijolos de solo-cimento são conhecidos também como tijolos ecológicos. Esses tijolos são feitos através da mistura do solo, cimento e água. Após ser prensado e curado, o composto endurece. Segundo Mota *et al.* (2010), a resistência à compressão compara-se ao do tijolo convencional, além da vantagem de adicionar outros tipos de materiais a sua mistura, como por exemplo os rejeitos da mineração.

2.4.4 ARGAMASSA

As argamassas contribuem na construção civil desde o assentamento de tijolos, como na colagem de revestimentos cerâmicos em paredes e pisos. Elas também são usadas como revestimento, uma vez que operam como reguladoras e protetoras da superfície de paredes e pisos além de conter propriedades isolantes térmicos e acústico, entre outros (RIBEIRO, 2006).

As argamassas podem alterar suas características de acordo com os materiais que a constituem. Dependendo dos agregados utilizadas em sua fabricação, pode haver alteração na: porosidade, absorção, aderência, resistência a compressão, módulo de elasticidade, forma e textura e distribuição granulométrica (SANTOS, 2015).

2.4.5 CIMENTO

Mehta e Monteiro (2006) afirmam que, como o consumo de cimento é crescente e está conectado com o desenvolvimento do país, justificam como solução a reutilização de resíduos como recursos secundários.

O aproveitamento dos rejeitos e/ou estéreis da mineração colaboram de forma positiva às propriedades do cimento, uma vez que as adições feitas na medida correta melhoram sua qualidade e proporcionam um destino adequado para tal.

A composição do cimento Portland comum requer a adição de ferro a sua composição. A maior aplicabilidade do rejeito de ferro na fabricação do cimento, é explicada pelo alto teor de ferro o qual pode eliminar a incorporação do ferro em pó no cimento convencional (ZHANG *et al.* 2006, *apud* ANDRADE, 2014).

As adições minerais aplicadas em com o cimento possuem o intuito de melhorar as propriedades físico-mecânicas e a durabilidade das matrizes cimentícias (LAWRENCE *et al.*, 2013).

Apesar da pandemia devido ao COVID-19, segundo o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC) (SNIC, 2021) as vendas de cimento no mês de

fevereiro de 2021 foram de 4,7 milhões de toneladas, aumentando em 14% comparado ao mesmo mês de 2020.

2.4.6 MATERIAIS POZOLÂNICOS

A NBR 12653/2014 (ABNT, 2014) define materiais pozolânicos como:

Materiais silicosos ou silicoaluminosos que, por si sós, possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante, mas que, quando finalmente divididos e na presença de água, reagem com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente para formar compostos com propriedades aglomerantes.

Segundo Lea (1970) desde 2000 a.C. os materiais pozolânicos foram utilizados na construção civil pelos gregos. Os materiais pozolânicos geralmente são classificados de acordo com sua origem e existem 2 grupos principais: pozolana natural ou natural processada (pode-se denominar de pozolana artificial). As pozolanas naturais não necessitam de tratamento, somente moagem para apresentar atividade pozolânica (SNELLINGS; MERTENS; ELSSEN, 2012). Já a pozolana artificial ou natural processada é primordial algum tratamento externo para adquirir atividade pozolânica (HEWLETT, 2003).

Estes materiais são extremamente importantes para a produção de cimento, sendo que em 2016 foram incorporados cerca de 1,8 milhões de toneladas pozolanas ao cimento Portland no Brasil (WBCSD, 2016).

2.4.7 PAVIMENTAÇÃO

Para a Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos (ABEDA),

Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplanagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança (ABEDA, 2008).

De acordo com a ABNT (2006) os pavimentos são classificados em dois tipos: Pavimentos rígidos e pavimentos flexíveis. Os tipos flexíveis é um dos recursos mais utilizados tanto na construção quanto na recuperação de vias urbanas, vicinais e de rodovias (NAKAMURA, 2011).

O uso dos resíduos da mineração para as camadas vários. Nos estudos de Gratão, Pereira e Ribeiro (2006), a reutilização dos rejeitos de minério de ferro nas obras rodoviárias com um solo tropical da região Centro-Oeste, intercalando a adição de cal, sendo analisadas estas misturas em ensaios de compactação e compressão.

2.4.8 TINTA ECOLÓGICA

Segundo Alves (2016) a tinta ecológica, não contém materiais tóxicos estão formulados com matérias-primas naturais. Há três tipos de tintas ecológicas, sendo elas: minerais, vegetais e com insumos animais.

Entre os principais benefícios das tintas ecológicas além da possibilidade de reutilização dos resíduos oriundos da mineração, é por não oferecerem risco à saúde, tanto para o aplicador como para o habitante do local de pintura, e não poluírem a atmosfera.

Vale ressaltar a infinidade de possibilidades de rejeitos que podem ser utilizados na fabricação da mesma, viabilizando inúmeras cores, e aumentando o leque desse mercado crescente.

3 METODOLOGIA

A metodologia escolhida para este trabalho foi a pesquisa bibliográfica, por meio de um levantamento bibliográfico.

Tal levantamento bibliográfico foi realizado no Portal de Periódicos Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Google Acadêmico.

Os termos definidos para as buscas nas bases foram:

- “Utilização de rejeito da mineração em materiais na construção civil”;
- “Utilização de estéril da mineração em materiais na construção civil”;
- “Aproveitamento de rejeito de mineração na construção civil”.
- “Aproveitamento de estéril na construção civil”.

Após essa busca retornaram da pesquisa 75 resultados, entre artigos, dissertações, teses e outros tipos de materiais.

O primeiro recorte dentre os resultados das buscas foi a definição do período de publicação: de 2010 a 2020, optando-se somente por trabalhos nacionais.

Segundo Neubert (2003), o formato em Portable Document Format (PDF), é o tipo de arquivo digital mais usado para publicações científicas na internet. Logo, todas teses, dissertações e artigos selecionados foram neste formato.

Posteriormente à exclusão de trabalhos por data de publicação, foi realizada uma análise de todos os resumos e conclusões e os que estivessem fora do escopo do propósito deste trabalho foram desconsiderados. A partir desta análise final obteve-se 46 trabalhos selecionados para fase seguinte do trabalho.

Por último foi feita uma segmentação entre os trabalhos selecionados em:

- Produto de pós aproveitamento;
- Tipo de rejeito/estéril.

Os produtos de pós aproveitamento foram separados em 8 categorias, sendo elas: concreto, cerâmica, argamassa, tijolos, tinta ecológica, cimento, pavimentação e material pozolânico.

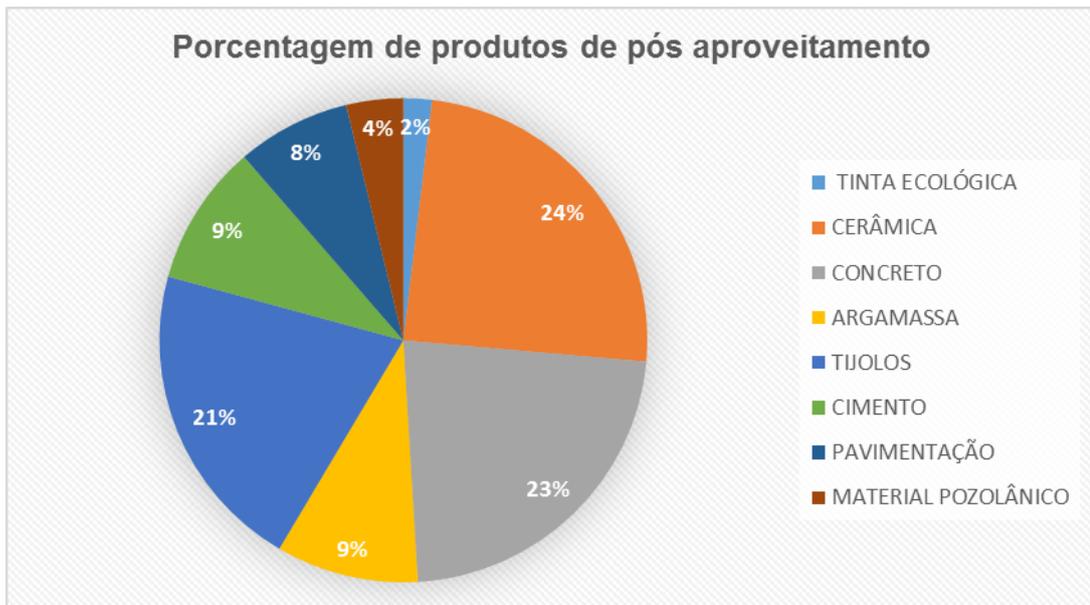
Para cada categoria desta, foram organizados dados em tabelas apresentando os tipos de rejeito ou estéril que foram empregados para o produto e os diferentes produtos nos quais eles podem se transformar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos resultados obtidos confirmou a possibilidade de diversas opções para o reaproveitamento de estéril e/ou rejeito. Entre os estudados foram separados em 8 categorias a seguir: Concreto, Cerâmica, Argamassa, Tijolos, Tinta ecológica, Cimento, Pavimentação e Material pozolânico.

Entre os trabalhos selecionados, a partir das categorias analisadas viu-se que o aproveitamento do rejeito e/ou estéril têm-se mais estudos em cerâmica, concreto e em seguida tijolos, com as porcentagens em 24%, 23% e 21% respectivamente, como pode-se perceber na Figura 3.

FIGURA 3 - Porcentagem de produtos de pós aproveitamento.



Fonte: Autoria própria.

A partir desta separação inicial de acordo com as categorias de produtos de pós aproveitamento, foram criados quadros com os títulos dos trabalhos selecionados e os tipos de rejeito/estéril presente.

No Quadro 1 o produto de pós aproveitamento foi o de cerâmica, o qual entre treze trabalhos os quais cinco trabalhos, 38,5% são voltados em rejeito/estéril de minério de ferro, enquanto os outros oito trabalhos focaram em diferentes tipos de rejeito/estéril, sendo três (23,1%) oriundos de manganês, três (23,1%) de pedra sabão, um (7,7%) de argila e um (7,7%) de esmeralda.

QUADRO 1: Produto de pós aproveitamento: Cerâmica.

PRODUTO DE PÓS APROVEITAMENTO: CERÂMICA	
TÍTULO	TIPO DE REJEITO/ESTÉRIL
Aproveitamento de rejeitos oriundos da extração de minério de ferro na fabricação de cerâmicas vermelhas	minério de ferro
Blocos para construção civil feitos com rejeitos depositados na Barragem de Candonga	minério de ferro
Caracterização de rejeitos de mineração de ferro, in natura e segregados, para aplicação como material de construção civil	minério de ferro
Caracterização de resíduos finos de uma mineração de areia no município de Guarulhos para utilização em cerâmica vermelha	Argila
Rejeito do minério de manganês como material de construção civil	Manganês
Desenvolvimento de blocos estruturais de baixa densidade e alta resistência a partir de rejeitos de mineração	minério de ferro
Estudo do aproveitamento de rejeitos do beneficiamento do manganês pela indústria cerâmica	Manganês
Estudo de viabilidade da utilização de rejeitos de pedra-sabão na produção de materiais cerâmicos	rejeito de pedra-sabão (esteatito)
Incorporação de resíduos da fabricação de ferro-ligas de manganês e de finos de esteatito na produção de cerâmica vermelha	iodo / ferro-ligas de manganês / pedra-sabão
Aproveitamento de rejeito da concentração de minério de ferro na produção de cerâmica vermelha	minério de ferro
Avaliação da viabilidade técnica do reaproveitamento de rejeitos da mineração de alumina para a construção civil	alumina
Aproveitamento do resíduo de esteatito para uso em cerâmicas	argilas cauliníticas com resíduos de esteatito (pedra-sabão)
Estudo do aproveitamento do rejeito da mineração de esmeraldas na produção de refratários conformados isolantes	esmeraldas

Fonte: Autoria própria.

Os resultados apresentaram resultados promissores. Segundo Nociti (2011) no trabalho *Aproveitamento de rejeitos oriundos da extração de minério de ferro na fabricação de cerâmicas vermelhas*, viu-se viabilidade levando em consideração o tempo de processamento e economia financeira quando trata-se do uso de rejeito arenoso, uma vez que não necessita a etapa de moagem.

Outro resultado satisfatório é o do artigo do Pissato e Soares (2009) *Caracterização de resíduos finos de uma mineração de areia no município de Guarulhos para utilização em cerâmica vermelha*, teve como resultados positivos a possibilidade de disponibilizar ao mercado blocos e telhas, a custos reduzidos, sendo vantajoso tanto o mercado como à população.

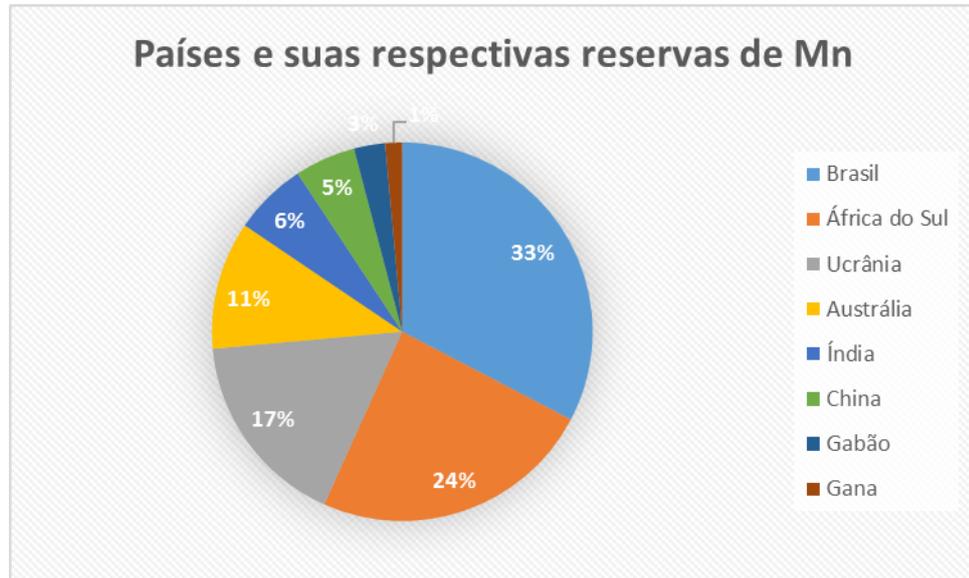
O Quadro 2 mostra os diversos produtos de pós aproveitamento nos quais os resíduos de manganês podem ser utilizados na fabricação, são os seguintes: cerâmica, concreto, argamassa, tijolos e cimentos.

Costa, Silva e Silva (2018) afirmam que:

O manganês (Mn) é o nome dado a um metal distribuído em diversos ambientes geológicos, encontrando-se na forma de óxidos, hidróxidos, silicatos e carbonatos. É um elemento dotado de qualidades importantes para a utilização na indústria siderúrgica, devido à sua composição físico-químicas, atuando como agente dessulfurante (diminuidor da quantidade de enxofre) e de desoxidante (propício a corrosão e ferrugem, por possuir maior afinidade com o oxigênio do que com o ferro).

De acordo com a ANM (2017), as reservas mundiais de manganês no ano de 2017 foram de 842,5 milhões de toneladas (Mt), no gráfico da Figura 4 estão relacionados os países que juntos detêm cerca de 98,8% do total de reservas do mundo. As reservas são: Brasil, com 272 Mt; África do Sul, com 200 Mt; Ucrânia, com 140 Mt, Austrália, com 91 Mt; Índia com 52 Mt; China com 43 Mt; Gabão com 22 Mt e Gana com 12 Mt.

FIGURA 4 - Países e suas respectivas reservas de Manganês.



Fonte: Autoria própria.

QUADRO 2 - Manganês e seus produtos de pós aproveitamento.

MANGANÊS
PRODUTOS DE PÓS APROVEITAMENTO
Concreto
Cerâmica
Argamassa
Tijolos
Cimento

Fonte: Autoria própria.

O Quadro 3 é referente ao segundo produto com maior quantidade de trabalhos (12) abordando como produto de pós aproveitamento, o concreto.

Este elevado número de trabalhos envolvendo o concreto deve-se ao fato da flexibilidade que o mesmo permite em relação à sua fabricação, possibilitando alterar as porcentagens inseridas nele, e avaliando a mudança ou não das características primordiais.

Dos 12 trabalhos envolvendo o concreto como produto, 9 são de minério de ferro, isto representa 75%. Isto também deve ao fato de o rejeito de minério de ferro além de ser um material fino, denso e cristalino, possui como composição principal óxidos de ferro, sílica e alumina, e não apresentam propriedades perigosas (BASTOS *et al.* 2016; FONTES, 2016; GALVÃO *et al.* 2018).

QUADRO 3 - Produto de pós aproveitamento: Concreto.

PRODUTO DE PÓS APROVEITAMENTO: CONCRETO	
TÍTULO	TIPO DE REJEITO/ESTÉRIL
Análise da adição de rejeito de mineração de ferro na produção de concreto para construção civil e colaboração com o meio ambiente	minério de ferro
Aplicação de rejeito de mineração como agregado para a produção de concreto	minério de ferro
Caracterização de rejeitos de mineração de ferro, in natura e segregados, para aplicação como material de construção civil	minério de ferro
Rejeito do minério de manganês como material de construção civil	manganês
Aproveitamento e reciclagem de resíduos de concentração de minério de ferro na produção de Paviers e cerâmica	minério de ferro
O rejeito de minério de ferro e suas aplicações na construção civil	minério de ferro
Piso intertravado produzido com rejeito de sinter feed	minério de ferro
Produção de concreto com areia de granulometria ótima obtida do resíduo da mineração de quartzo	quartzito
Reaproveitamento de estéril de mineração como agregado graúdo para fabricação de concreto	amostras de rochas carbonática e silicáticas
Perspectivas para o reaproveitamento de rejeitos da mineração de ferro como materiais de construção	minério de ferro
Estabilização de blocos de terra comprimida com cal e rejeitos de mineração	minério de ferro
Análise da viabilidade econômica via simulação de Monte Carlo para utilização da escória da Aciaria como agregado na fabricação de pré-fabricados para construção civil ecoblocos	minério de ferro

Fonte: Autoria própria.

Como é visto no Quadro 3, nove trabalhos são voltados para o aproveitamento dos resíduos de minério de ferro. No Quadro 4, vê-se que dentre as oito categorias presentes nesta pesquisa, em sete delas está presente o minério de ferro. Uma vez que o minério de ferro por ser de suma importância para economia brasileira, e por isto pertencente ao topo de exportações dentre os minerais explorados no país. Desta forma, é significativo o estudo das alternativas para estes resíduos, determinando suas propriedades para seu reaproveitamento.

De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) (IPT, 2019) são geradas cerca de 400 kg de rejeito de minério de ferro para cada tonelada de minério de ferro processada no Brasil. Segundo Coelho (2008), os rejeitos de mineração de ferro possuem materiais potencialmente interessantes para a construção civil. Da fabricação de pavimento, substituição dos agregados para concretos, à produtos de cerâmica, e incorporação do ferro em pó no cimento convencional (ZHANG *et al.* 2006, *apud* ANDRADE, 2014).

QUADRO 4 - Minério de ferro e seus produtos de pós aproveitamento.

MINÉRIO DE FERRO
PRODUTO DE PÓS APROVEITAMENTO
Concreto
Cerâmica
Argamassa
Tijolos
Cimento
Pavimentação
Material Pozolânico

Fonte: Autoria própria.

Outro produto que essencial no setor da construção civil é a argamassa, uma vez que se faz necessário o uso da mesma para assentamento de tijolos e responsável por sua aderência. As argamassas tiveram presentes como produtos de pós aproveitamento em cinco trabalhos selecionados. Entre estes cinco trabalhos, dois são oriundos dos rejeitos de minério de ferro, um de quartzito, um referente a rejeito de manganês e um de rejeito de calcário, como é apresentado no Quadro 5 a seguir:

QUADRO 5 - Produto de pós aproveitamento: Argamassa.

PRODUTO DE PÓS APROVEITAMENTO: ARGAMASSA	
TÍTULO	TIPO DE REJEITO/ESTÉRIL

Aproveitamento de rejeito de calcário do Cariri cearense na formulação de argamassa	calcário sedimentar
Caracterização de rejeitos de mineração de ferro, in natura e segregados, para aplicação como material de construção civil	minério de ferro
Rejeito do minério de manganês como material de construção civil	manganês
Utilização do rejeito de barragem de minério de ferro como agregado reciclado para argamassas de revestimento e assentamento	minério de ferro
Substituição total do agregado natural por quartzito friável para produção de argamassas de assentamento e revestimento	quartzito

Fonte: Autoria própria.

As utilizações desses rejeitos são interessantes, uma vez que a produção das argamassas pode ser modificada com facilidade com diversos agregados de resíduos da mineração, e assim possibilitando de obter resultados satisfatórios que possam vir a melhorar sua performance.

Segundo Fontes (2013) as utilizações de rejeito de minério de ferro como matéria-prima das argamassas otimizaram seu comportamento mecânico, além da diminuição da possibilidade de ocorrências de desastres ambientais, como também diminuição dos custos operacionais de manutenção, segurança e monitoramento das estruturas.

Já os agregados de quartzito friável quando estão no estado bruto não apresentam características desejáveis para aplicação como agregados, exceto as partículas finas, consideradas menores que 0,075mm, indicando um processo de beneficiamento antes de sua aplicação como agregado. A utilização de estéril de quartzito na produção das argamassas é uma alternativa adequada, durável e economicamente viável (SANTOS, 2015).

Uma outra alternativa para utilizar os resíduos da mineração na construção civil é na fabricação de tijolos. Os onze trabalhos analisados, envolveram diferentes tipos de rejeitos/estéril, como pode ser verificado no Quadro 6. Desta maneira confirmando a vantagem que eles possuem de adicionar diferentes tipos de materiais a sua mistura de maneira satisfatória.

QUADRO 6 - Produto de pós aproveitamento: Tijolos.

PRODUTO DE PÓS APROVEITAMENTO: TIJOLOS	
TÍTULO	TIPO DE REJEITO/ESTÉRIL
Aproveitamento de resíduos oriundos da mineração na produção de blocos ecológicos	calcário
Confecção de tijolos ecológicos solo-cimento incorporados com rejeitos de mineração de quartzito e rocha fosfática	quartzito e solo de rocha fosfática
Reaproveitamento da torta de rejeitos carbonosos na fabricação de tijolos	carvão
Tijolo ecológico: utilização de lama ferruginosa presente no rio doce como matéria-prima	lama ferruginosa
Utilização de rejeito magnético para moldagem de tijolos	rejeito magnético de rocha fosfática
Utilização de rejeito de barragem de minério de ferro na fabricação de tijolos maciços	minério de ferro
Utilização do resíduo da lavra da pedra morisca da região de castelo do Piauí na confecção de tijolos ecológicos	pedra morisca
Caracterização dos rejeitos das minas de Camaquã para reaproveitamento sustentável	minério de cobre
Estudo do comportamento físico-mecânico de tijolos de solo-cimento com adição de rejeitos de minerações de quartzito	quartzito
Caracterização de alguns aspectos tecnológicos de tijolos de solo-cimento confeccionados com rejeito de serragens de rochas ornamentais	granito
Tijolo solo cimento com adição de rejeito de manganês do sudeste paraense	manganês

Fonte: Autoria própria.

Para o desenvolvimento de tijolos é necessário realizar testes de resistências e analisar as misturas, para definir as dosagens mais adequadas para esta finalidade.

Segundo Flores (2017), algumas vantagens que deve destacar na fabricação dos blocos ecológicos, é que além de evitarem o processo de queima que são utilizados nos tijolos cerâmicos, eles reduzem a emissão de CO₂, minimizando

os impactos ambientais pelo meio de redução da extração de mais recursos naturais, e diminuindo o consumo de matérias-primas.

O rejeito de minério de ferro depositado em Camaquã, por não ser um material perigoso e inerte, indica que o material pode ser utilizado sem que haja risco de contaminação de usuários e do meio ambiente, sendo satisfatórias os resultados dos testes com maiores porcentagens de rejeitos (TRINDADE E SOARES, 2014).

Outro produto que teve trabalhos relacionados para aproveitamento dos resíduos da mineração, foi o cimento. Dos cinco trabalhos que apontam o cimento como uma alternativa, três (60%) deles foram a partir do minério de ferro, um (20%) de carvão e um (20%) de manganês, como pode-se ver no Quadro 7 a seguir.

QUADRO 7 - Produto de pós aproveitamento: Cimento.

PRODUTO DE PÓS APROVEITAMENTO: CIMENTO	
TÍTULO	TIPO DE REJEITO/ESTÉRIL
Aproveitamento de subprodutos da mineração de carvão para produção de cimentos alcali ativados	carvão
Caracterização de rejeitos de mineração de ferro, in natura e segregados, para aplicação como material de construção civil	minério de ferro
Caracterização do rejeito de minério de ferro (IOT) e avaliação da sua influência no comportamento físico-químico e mecânico de pastas de cimento	minério de ferro
Rejeito do minério de manganês como material de construção civil	manganês
Perspectivas para o reaproveitamento de rejeitos da mineração de ferro como materiais de construção	minério de ferro

Fonte: Autoria própria.

Obtém-se como resultados a melhoria da qualidade na fabricação do cimento, aproveitamento dos resíduos da mineração, e melhoria no meio ambiente, uma vez que estes resíduos estão sendo utilizados de maneiras sustentáveis.

Segundo Frasson (2018) os cimentos álcali ativados são materiais promissores, uma vez que esses rejeitos irão fornecer ao sistema maior teor de

materiais reativos (Si, Al e Ca) que melhoram o potencial de formação dos géis de reação, beneficiando as propriedades mecânicas.

Já Bezerra (2017) avaliou como benéfica a utilização do rejeito de minério de ferro, uma vez que seu uso permitiu avaliar seu desempenho em matrizes cimentícias, e obtendo resultados aos quais afirma a melhoria no potencial da sua adição como tipo filler no cimento.

A alternativa da utilização dos resíduos da mineração em pavimentação é uma alternativa simples comparada no ramo da construção civil, uma vez que constantemente estão em ampliação ou corrigindo defeitos.

É considerado defeito qualquer modificação na superfície da estrada que influencie negativamente as suas condições de rolamento (ODA, 1995). Estes defeitos são oriundos de diversas causas, como: tráfego, falta de manutenção, excesso de esforço que não foram programados a elas, além de fatores estruturais, como, drenagem, tipo de solo, entre outros.

Um dos tipos de rejeitos presentes em diferentes tipos de trabalhos para seu aproveitamento é o carvão. O carvão mineral é o combustível fóssil com a maior reserva mundial (IEA, 2016). Entende-se este foco no carvão, uma vez que a partir da crescente utilização do cimento Portland, o mercado é dominado pela cinza de queimadores de carvão e pela escória de alto forno, sendo representada por até 80% em massa da mistura cimentícia de alguns tipos de cimentos (SNELLINGS; MERTENS; ELSEN, 2012). As cinzas oriundas da queima do carvão mineral além de serem usadas na construção civil, elas possuem aplicação em geopolímeros, vidro, cerâmica e insumo agrícola (BLISSETT e ROWSON, 2012).

Os rejeitos de carvão como pode ser visto no Quadro 8, pode ser utilizado para fabricação de tijolos, cimento, material pozolânico.

QUADRO 8 - Carvão e seus produtos de pós aproveitamento.

CARVÃO
PRODUTOS DE PÓS APROVEITAMENTO
Tijolos
Cimento
Material Pozolânico

Fonte: Autoria própria.

No Quadro 9 foram listados quatro trabalhos dos quais o produto de pós aproveitamento foi a pavimentação, em três deles foram usados rejeito/estéril de minério de ferro e apenas um oriundo de granito. O interesse pelo aproveitamento oriundo do estéril de ferro, deve-se ao fato de possuir exploração do minério de ferro próximo aos locais de estudos, e o grande volume de resíduos dele que o país produz. Observou-se que o uso de estéril é menos expressivo em outros produtos, e possui maior potencial na pavimentação por ser usado para preenchimentos, não havendo grande importância da composição química, pois em geral tratam-se solos e rochas, sendo a característica mais importante sua resistência.

QUADRO 9 - Produto de pós aproveitamento: Pavimentação.

PRODUTO DE PÓS APROVEITAMENTO: PAVIMENTAÇÃO	
TÍTULO	TIPO DE REJEITO/ESTÉRIL
Estudo do uso de escória siderúrgica de alto forno e estéril de mineração como alternativa de revestimento primário em estradas não pavimentadas	minério de ferro
Estudos de reaproveitamento dos resíduos das barragens de minério de ferro para uso na pavimentação de rodovias e fabricação de blocos intertravados	minério de ferro
Caracterização de rejeitos de minério de ferro para uso em pavimentação	minério de ferro
Uso de rejeito do beneficiamento de granito para substituição parcial de um solo em camadas de pavimentação	granito

Fonte: Autoria própria.

O experimento viabilizou os resultados positivos na construção do revestimento primário, com o uso de estéril de minério de ferro que visa cessar os defeitos estruturais habituais que ocorrem nas estradas não pavimentadas e não revestidas. Sendo necessário manter o monitoramento visual qualitativo da estrada, afim da confirmação da metodologia utilizada (MEDEIROS, 2019).

Segundo Santos (2020), a partir das análises de 10%, 20% e 30% de rejeito de granito, somente a mistura com 10% de rejeito possui potencial para uso em obras rodoviárias. Enquanto as demais amostras, poderão apenas serem usadas

em condições específicas quando atendem as recomendações de norma. E mesmo com a troca do solo por 10% de rejeito oferecer baixa redução de custo, os benefícios ambientais são significativos.

Os materiais pozolânicos são relevantes no setor da construção civil, foram selecionados dois trabalhos a partir deste material para gerar produto de pós aproveitamento. Sendo um oriundo de estéril de minério de ferro, e o outro a partir de rejeito de carvão, como é possível analisar no Quadro 10.

QUADRO 10 - Produto de pós aproveitamento: Material pozolânico.

PRODUTO DE PÓS APROVEITAMENTO: MATERIAL POZOLÂNICO	
TÍTULO	TIPO DE REJEITO/ESTÉRIL
Estéreis em minas de minério de ferro: sua caracterização como material pozolânico após calcinação em forno flash	minério de ferro
Estudo de calcinação de rejeito de mineração de carvão para aplicação como pozolana	carvão

Fonte: Autoria própria.

Para Ronconi (2017) os resultados indicaram um crescimento significativo na resistência mecânica do concreto, quando o mesmo é obtido em uma mistura com o material pozolânico, se comparado a um que não há a adição do mesmo material. Sendo possível realizar a substituição do cimento em misturas de concreto em até 25%. Desta forma, o resultado é benéfico em relação à disposição do rejeito de carvão mineral, tanto na questão ambiental quanto financeiramente.

As validações dos estéreis de minério de ferro são positivas, uma vez que adquirem atividade pozolânica quando passam pelo processo de calcinação flash. E ao introduzir material pozolânico ao cimento, a mudança de cor não interfere, e não há norma que o mesmo deva possuir a cor cinza. Afirmando ser uma opção para ser empregada na substituição do cimento Portland, auxiliando no destino da quantidade de material que são as pilhas de estéreis e que a partir deste aproveitamento, tornando-se produtos (SEERIG, 2019).

Por fim, a última categoria de produto de pós aproveitamento escolhido neste trabalho foi a tinta ecológica. Presente em um trabalho sobre o aproveitamento

do rejeito de caulim como matéria-prima para a fabricação de tinta ecológica, como é visto no Quadro 11.

Esta escolha foi a fim de obter uma alternativa para minimizar os danos ambientais, como uma possibilidade de atribuir geração de renda a partir de agregar valor ao rejeito da área de estudo. Foram selecionadas três áreas de descarte de empresas localizadas na cidade de Juazeirinho, no estado da Paraíba.

QUADRO 11 - Produto de pós aproveitamento: Tinta ecológica.

PRODUTO DE PÓS APROVEITAMENTO: TINTA ECOLÓGICA	
TÍTULO	TIPO DE REJEITO/ESTÉRIL
Aproveitamento do rejeito das indústrias de beneficiamento do caulim para a produção de tinta ecológica à base de terra	caulim

Fonte: Autoria própria.

Segundo Azevedo e Vital (2018) os resultados foram satisfatórios, uma vez que o rejeito de caulim foi um excelente material para a composição da tinta à base de terra. No quesito análises mais precisas obteve barreiras, uma vez que é escasso literaturas sobre o tema, e por isto a necessidade de mais estudos e análises para futuras aplicações e utilizações da mesma.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os dados analisados foi possível concluir a importância do reaproveitamento dos resíduos da mineração, tanto para os rejeitos como os estéreis de diferentes tipos de minérios. A cerâmica foi o produto de pós aproveitamento com mais estudos no levantamento bibliográfico, totalizando treze. Já o concreto envolveu doze trabalhos como produto de pós aproveitamento, sendo nove deles envolvendo os resíduos de minério de ferro. Quanto aos tijolos foi possível perceber também que dos onze trabalhos os envolvendo como produto de pós aproveitamento, apenas dois deles são do mesmo resíduo que é quartzito, enquanto os outros são de diferentes tipos, afirmando o quão abrangente é a utilização dos resíduos na fabricação dos tijolos. O aproveitamento destes resíduos na construção civil faz-se uma escolha adequada, uma vez que o setor demanda grandiosas quantidades de matéria-prima, o que seria viável tanto economicamente quanto ambientalmente para ambos os setores.

A partir dos trabalhos analisados, foi possível verificar as diferentes formas de aproveitar os resíduos, em diferentes matérias-primas. Deste modo, faz com que amplie as possibilidades para uma diminuição significativa no que se diz respeito à disposição desses resíduos, para que não seja mais necessário a preocupação em ocorrências de possíveis acidentes futuros.

É importante salientar que em muitos resultados dos trabalhos analisados, obtiveram melhoria das propriedades que são relevantes de acordo com a necessidade que cada material exige. Entretanto é necessário avaliar quais resíduos serão adicionados na fabricação dos materiais, para avaliação se são inertes e não perigosos à saúde e ao ambiente.

Sugere-se como pesquisa futura a partir dos resultados deste trabalho que sejam avaliados os motivos pelos quais as utilizações dos rejeitos/estéreis de mineração ainda não estão inseridas na cadeia produtiva de materiais de construção, uma vez que há comprovado ganho no desempenho dos produtos desenvolvidos nas pesquisas atrelado ao baixo custo.

REFERÊNCIAS

ABEDA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ASFALTO. **Manual básico de emulsões asfálticas. Solução para pavimentar sua cidade.** Rio de Janeiro: Abeda, 2008.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8491. **Tijolo maciço de solo-cimento.** Rio de Janeiro, 2012. 8 p

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12653: **Materiais pozolânicos: requisitos.** Rio de Janeiro, 2014.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13028. **Mineração: Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água.** 2014. 6p.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13029. **Mineração: Elaboração e apresentação de projeto de disposição de estéril em pilha.** Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ABRÃO, Pedro Cesar Rodrigues Alves. **O uso de pozolanas como materiais cimentícios suplementares: disponibilidade, reatividade, demanda de água e indicadores ambientais.** 2018. 144 f. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-26032019-084557/publico/PedroCesarRodriguesAlvesAbraoCorr19.pdf> Acesso em: 19 jan. 2021.

ALVARENGA, Rodrigo. **Caracterização de alguns aspectos tecnológicos de tijolos de solo cimento confeccionados com rejeito de serragem de rochas ornamentais.** In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18., Rio de Janeiro. *Anais.* Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. Disponível em: http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/554/1/Rodrigo_Alvarenga.pdf. Acesso em: 04 fev. 2021.

ALVES, Sthéfany. **Tinta ecológica: conheça e aplique.** [S.l.], 2016. Disponível em: <https://sustentarqui.com.br/tinta-ecologica-como-fazer/> >. Acesso em: 24 fev. 2021.

ANDRADE, Luana Caetano Rocha de. **Caracterização de rejeitos de mineração de ferro, in natura e segregados, para aplicação como material de construção civil.** 2014. 112 f. Tese (Pós-Graduação em Engenharia Civil) UFV. Viçosa. 2014. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/6664/1/texto%20completo.pdf> Acesso em: 20 jan. 2021.

ANM. 2021. **Classificação de Barragens de Mineração.** Disponível em: <http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/plano-de-seguranca-de-barragens>. Acesso em: 15 fev. 2021.

ARAGÃO, Giani Aparecida Santana; OLIVEIRA FILHO, Waldyr Lopes de. Classificação de pilhas de estéril na mineração de ferro. **Revista Escola de Minas (REM)**, v. 64, n. 2, p. 193-198, 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672011000200010 Acesso em: 15 jan. 2021.

AZEVEDO, Gislaíne Handrinelly; VITAL, Adriana de Fátima Meira. Aproveitamento do rejeito das indústrias de beneficiamento do caulim para a produção de tinta ecológica à base de terra. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, v. 15, n. 3, p. 242-247, 2018. Disponível em: <https://tecnologiammm.com.br/article/10.4322/2176-1523.1429/pdf/tmm-15-3-242.pdf> Acesso em: 02 fev. 2021.

BARBOSA, Paôlla de Carvalho. **Aproveitamento de rejeito de concentração de minério de ferro na produção de cerâmica vermelha**. 2017. 36 f. Graduação em Engenharia de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto. 2017. Disponível em: <https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/496/6/LgjH2m5c8emE66pjdExmgep47BAAdKTrCJ7VEGitra%C3%A7%C3%A3o.pdf> Acesso em: 02 fev. 2021.

BARRETO, Ricardo Candea Sá; KHAN, Ahmad Saeed; LIMA, Patrícia Verônica Pinheiro Sales. Sustentabilidade dos assentamentos no município de Caucaia-CE. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 43, n. 2, p. 225-247, 2005.

BARROS, João Alfredo de Almeida. **Estudo do aproveitamento do rejeito da mineração de esmeraldas na produção de refratários conformados isolantes**. 2013. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). UFRN. 2013. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/157111/1/JoaoAAB_DISSERT.pdf Acesso em: 01 fev. 2021.

BAUER, L.A. FALCÃO, Materiais de Construção, editora Livros Técnicos e Científicos S.A., Rio de Janeiro – 1980.

BASTOS, L. A. D. C. et al. Using Iron Ore Tailings From Tailing Dams as Road material. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 28, n. 10, p. 04016102, 2016.

BERNUCCI, Liedi Bariani *et al.* **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro, v. 3, p. 27, 2008. Disponível em: <https://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2018/03/Cap-2-Ligantes-asf%C3%A1lticos.pdf> Acesso em: 03 fev. 2021.

BESSA, Sal. **Estabilização de blocos de terra comprimida com cal e rejeito de mineração**. 10 f. 6. Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção Civil. 2020.

BEZERRA, Carolina Goulart. **Caracterização do rejeito de minério de ferro (iot) e avaliação da sua influência no comportamento físico-químico e mecânico de pastas de cimento**. 2017. 158f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2017.

BLISSETT, RS; ROWSON, NA Uma revisão da utilização de múltiplos componentes de cinzas volantes de carvão. *Combustível*, v. 97, p. 1-23, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei n. 9.795/1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.

CARNEIRO, Gustavo Severino Guimarães *et al.* **Estudo de causas, impactos e medidas corretivas do rompimento de uma barragem de rejeitos, usando o caso da barragem de Mariana-MG**. 2018. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Universidade Federal de Uberlândia. 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/22203/3/EstudoCausasImpacto.pdf> Acesso em: 10 fev. 2021.

Callister Jr., W.D., **Ciência e Engenharia dos Materiais, uma Introdução**, 7ª Edição, Ed. Guanabara, 2008.

CAMPANHA, Ângela. **Caracterização de rejeitos de minério de ferro para uso em pavimentação**. 2011. 106 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2011. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/3752/1/texto%20completo.pdf> Acesso em: 30 jan. 2021.

CASTRO, Camila Gonçalves. **Estudo do aproveitamento de rejeitos do beneficiamento do manganês pela indústria cerâmica**. 2011. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais). Rede Temática em Engenharia de Materiais. Ouro Preto. 2011. Disponível em: https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2482/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_EstudoAproveitamentoRejeitos.pdf Acesso em: 5 fev. 2021.

Carmo, F.F.D., Kamino, L.H.Y., Junior, R.T., Campos, I.C.D., Silvino, G., Castro, K.J.D.S.X.D., Mauro, M.L., Rodrigues, N.U.A., Miranda, M.P.D.S., Pinto, C.E.F. (2017). 'Fundão tailings dam failure: the environment tragedy of the largest technological disaster of Brazilian mining in global context'. *Perspectives in Ecology and Conservation* 15 (3): 145-151. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.06.002>

CHEN, Y.; ZHANG, Y.; CHEN, T. et al. **Preparation of eco-friendly construction bricks from hematite tailings. Construction and Building Materials**. 2011. v. 25. 2107–2111 p. Departamento Intersindical de estatística e estudos socioeconômicos. Estudo setorial da construção 2011. 2011. Disponível em http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A2E7311D1012FE92DE9D55581/estudo_setorial_construcao_04-2011.pdf, acessado em 25 de março de 2013.

COELHO, Tádzio Peters. **Minério-dependência em Brumadinho e Mariana**. *Lutas Sociais*, v. 22, n. 41, p. 252-267, 2018.

COSTA, A. V.; GUMIERI, A. G.; BRANDÃO, P. R. G. Piso intertravado produzido com rejeito de sinter feed. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 7, n. 2, p. 244-259, 2014.

COSTA, Carlos Alberto. SILVA, Leonardo Gomes. SILVA, Thamiris Gabriele Macedo. **Impactos do rompimento da barragem de Mariana na qualidade da água do rio Doce**. Revista Espinhaço. UFVJM, p. 21-35, 2018.

COTA, Tiany Guedes. **Incorporação de resíduos da fabricação de ferro-ligas de manganês e de finos de esteatito na produção de cerâmica vermelha**. 2017. 77 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Mineral). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2017. Disponível em: https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/9086/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_Incorpora%c3%a7%c3%a3oRes%c3%adduosFabrica%c3%a7%c3%a3o.pdf Acesso em: 29 jan. 2021.

COUZENS, T. R. **Planning models: operating and environmental implications**. McCarter, MK, Design of Non-Impounding Mine Waste Dumps, AIME, New York, p. 15-20, 1985.

CHAVES, Arthur Pinto; **Teoria e Prática do Tratamento de Minérios**. Volume 1 2. ed. São Paulo, Brasil: Signus Editora, 2002

Davies, M. P., Lighthall, P. C., Rice, S., & Martin, T. E. (2002). **Design of tailings dams and impoundments**. Keynote address, Tailings and Mine Waste Practices SME, AGM Phoenix.

DE ANDRADE, Luana Caetano Rocha; MARQUES, Eduardo Antonio Gomes; PEIXOTO, Ricardo André Fiorotti. Perspectivas para o reaproveitamento de rejeitos da mineração de ferro como materiais de construção. **Revista Geografias**, p. 32-44, 2017.

DE ARAÚJO SILVA, Marina Medeiros *et al.* Impactos Ambientais causados em decorrência do rompimento da Barragem Camará no município de Alagoa Grande, PB. **Revista de Biologia e ciências da terra**, v. 6, n. 1, p. 20-34, 2006.

TRINDADE, Adriane de Oliveira *et al.* Caracterização dos rejeitos das minas do Camaquã para reaproveitamento sustentável. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, p. 116-132, 2015.

DESCHAMPS, Marcel Jean. **A geração de renda e emprego com a reciclagem do lixo em Curitiba e na região metropolitana de Curitiba: análise entre 2007 e 2017**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 82 f. 2019.

DUARTE, Anderson Pires. **Classificação das barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais no estado de Minas Gerais em relação ao potencial de risco**. 2008. 130 f. Dissertação (Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). UFMG. Belo Horizonte. 2008. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUDB-8AUPNJ/1/classifica__o__das_barragens_de_conten__o.pdf Acesso em: 04 fev. 2021.

DUTRA, Marina Bedeschi. **Produção de concreto com areia de granulometria ótima obtida do resíduo da mineração de quartzo**. 2015. 89 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto.

2015. Disponível em: https://www.propec.ufop.br/uploads/propec_2016/teses/arquivos/dissertacao-de-mestrado-marina-bedeschi-dutra.pdf Acesso: 6 fev. 2021.

ESPÓSITO, T. de J. **Metodologia probabilística e observacional aplicada a barragens de rejeito construídas por aterro hidráulico**. Brasília: UnB, 2000

FEMA. ICS 100 Manual. Federal Emergency Management Agency. Disponível em Acesso em: 20 fev. 2021.

FLORES, Bruno Acosta *et al.* **Aproveitamento de resíduos oriundos da mineração na produção de blocos ecológicos**. 2017. 62 f. Dissertação (Pós-Graduação em Tecnologia Mineral). Universidade Federal do Pampa. Caçapava do Sul. 2017. Disponível em: <http://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/3276/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20Bruno%20Acosta%20Flores%202017.pdf> . Acesso em: 10 fev. 2021.

FONTES, Wanna Carvalho. **Utilização do rejeito de barragem de minério de ferro como agregado reciclado para argamassas de revestimento e assentamento**. 2013. 112 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2013. Disponível em: https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/5709/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_Utiliza%c3%a7%c3%a3oRejeitoBarragem.pdf Acesso em: 12 fev. 2021.

FRANCO, Luiza Carvalho *et al.* Aplicação de rejeito de mineração como agregado para a produção de concreto. **Anais...** 56. Congresso Brasileiro do Concreto CBC2014, v. 56, p. 2175-8182, 2014. Disponível em: https://casazero.cz/wp-content/uploads/2016/01/artigo_ibracon_luiza_r5.pdf Acesso em: 1 fev. 2021.

FRASSON, Bruna Juvêncio *et al.* **Aproveitamento de subprodutos da mineração de carvão para produção de cimentos álcali ativados**. 2018. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). UFSC. Florianópolis. 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/189038/PECV1103-D.pdf?sequence=-1&isAllowed=y> Acesso em: 3 fev. 2021.

GALVÃO, José Lucas Barros *et al.* Reuse of iron ore tailings from tailings dams as pigment for sustainable paints. *Journal of Cleaner Production*, v. 200, p. 412-422, 2018.

GONÇALVES, Deyvid Ricardo Ramos. **Análise da viabilidade econômica via simulação de Monte Carlo para utilização da escória de aciaria como agregado na fabricação de pré-fabricados para a construção civil- ecoblocos**. 2015. 90 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2015. Disponível em: https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/5706/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_An%c3%a1liseViabilidadeEcon%c3%b4mica.pdf Acesso em: 28 jan. 2021.

GRATÃO, Leonardo Santos; PEREIRA, Eleonardo Lucas; RIBEIRO, Luís Fernando Martins. Utilização de um rejeito de mineração como alternativa para estabilização de um solo tropical da região Centro-oeste. 2006.

GUIMARÃES, Carolina Lucinda; MILANEZ, Bruno. Mineração, impactos locais e os desafios da diversificação: revisitando Itabira. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 41, 2017.

HARTMAN, Howard L .; MUTMANSKY, Jan M. **Introdução à engenharia de mineração** . John Wiley & Sons, 2002.

HEWLETT, P. C. *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*. Elsevier. Burlington, 2003.

IANNELLI, Claudia Maria; RIGOLETTO, Ivan De Paula. Brumadinho - riscos, impactos e perspectivas futuras. **BRUMADINHO: DA CIÊNCIA À REALIDADE**, 166 f. 1ª edição. São Paulo. 2020.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Disponível em: www.iea.org. Acesso em: 05 mar. 2021.

IBAMA. Laudo Técnico Preliminar. Disponível em: <<https://jornalismsocioambiental.files.wordpress.com/2016/01/laudo-preliminar-doibama-sobre-mariana.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2021.

JOHN,V. M.A construção, o meio ambiente e a reciclagem.Disponívelem:<http://www.reciclagem.pcc.usp.br/a_construcao_e.htm> Acesso em: 14j an. 2021.

LAIA FARIA, Gabriel Luis; RODRIGUES, Romulo Ulysses Vieira. Utilização do rejeito de Minério para produção de peças para pavimentação. **ANAIS SIMPAC**, v. 8, n. 1, 2018.

LAWRENCE, P., CYR, M., RINGOT, E., "Mineral admixture in mortars: Effect of inert materials on short-term hydration", *Cement and Concrete Research*, v. 33, n. 12, pp. 1939-1947, Dez. 2003.

Lea, F. M., **The Chemistry of Cement and Concrete**, 3 ed., Edward Arnold, London, 1970.

LEMOS, Isabela Bueno *et al.* **Confecção de Tijolos Ecológicos Solo-Cimento incorporados com rejeitos de Minerações de Quartzito e Rocha Fosfática**. 12 f. IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa. 2019.

LOPES, Diego Faleiros *et al.* Reaproveitamento de estéril de mineração como agregado graúdo para fabricação de concreto. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, v. 17, n. 1, p. 30-36, 2020.

LOPES, Luciano Motta Nunes. O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais. **Sinapse Múltipla**, v. 5, n. 1, p. 1-14, 2016.

LUZ, A. B., SAMPAIO, J. A., ALMEIDA, S. L. M. **Tratamento de minérios**. 4.ed.rev.amp. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004. 867p.

MACHADO, Mayare de Souza Moura Maciel. **Blocos para construção civil feitos com rejeitos depositados na Barragem de Candonga**. 2018. Dissertação (Mestrado). Rede Temática em Engenharia de Materiais. Ouro Preto. 2018. Disponível em: https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/10056/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_BlocosConstru%C3%A7%C3%A3oCivil.pdf Acesso em: 28 jan. 2021.

MADALOSSO, Simone; FERNANDES, Francisco Rego Chaves. **Recursos minerais e territórios: impactos humanos, socioambientais e econômicos**. 2016. 7 f. V Jornada do Programa de Capacitação Interna - CETEM. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1941/1/Simone%20Madalosso%20V%20JPCI.pdf> Acesso em: 4 fev. 2021.

MAYORGA, Claudia. Desastre de Brumadinho e os impactos na saúde mental. **Ciência e Cultura**, v. 72, n. 2, p. 06-08, 2020.

MECHI, Andréa; SANCHES, Djalma Luiz. **Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. Estudos avançados**, v. 24, n. 68, p. 209-220, 2010

MEDEIROS, Kellen Poliana Mendes *et al.* **Estudo do uso da escória siderúrgica de alto forno e estéril de mineração como alternativa de revestimento primário em estradas não pavimentadas**. 2019. Dissertação (Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/31300/1/PDFA%20Estudo%20do%20uso%20da%20esc%b3ria%20sider%20c%bargica%20de%20alto%20forno%20e%20est%a9ril%20de%20minera%20c%a7%20de%20como%20alternativa%20de%20revestimento%20prim%a1rio%20em%20estradas%20n%a3o%20pavimentadas.pdf> Acesso em: 7 fev. 2021.

MENDES, Marcos Vinicius Agapito *et al.* UTILIZAÇÃO DE REJEITO MAGNÉTICO PARA MOLDAGEM DE TIJOLOS. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, v. 16, n. 4, p. 573-578, 2019.

MENEZES, Romualdo R.; NEVES, Gelmires de A.; FERREIRA, Heber C. O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 303-313, 2002.

MEHTA, P.K. ; MONTEIRO, P.J.M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pini. 573p. 1994.

MOTA, Joseane Damasceno *et al.* **Utilização do resíduo proveniente do desdobramento de rochas ornamentais na confecção de tijolos ecológicos de solo-cimento**. 2º Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólido. João Pessoa, 2010.

NAKAMURA, J. Whitetopping: para reabilitar pavimentos. **Revista Infraestrutura Urbana 17** – PINI 13ª edição, 2011. Disponível: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

NEUBERT, Patricia da f. 2003. **Recursos web associados aos periódicos científicos ibero-americanos**. 2003. 247 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

NEVES, L.P. **Segurança de barragens: legislação federal brasileira comentada**. Belo Horizonte: Instituto Minere, 2019.

NOCITI, Denyse Meirelles. **Aproveitamento de rejeitos oriundos da extração de minério de ferro na fabricação de cerâmicas vermelhas**. 2011. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) UEA. Guaratinguetá. 2011. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94442/nociti_dm_me_guara.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: 13 fev. 2021.

ODA, Sandra. **Caracterização de uma rede municipal de estradas não-pavimentadas**. 1995. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, Julia de Azevedo. **Impactos socioambientais provocados pelo rompimento de barragens de contenção de rejeitos de mineração no estado de Minas Gerais**. 2019. 61 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão Ambiental, Departamento de Ciências do Meio Ambiente, Instituto Três Rios da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Três Rios, 2019.

PEDROSO, F. L. Concreto: material construtivo mais consumido no mundo. **Revista do Instituto Brasileiro de Concreto**. Concreto e construções (IBRACON). Ano XXXVII, v. 53, 2009.

PEREIRA, Mariane da Silva. **Reaproveitamento da torta de rejeitos carbonosos na fabricação de tijolos**. 2016. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental). Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma. 2014. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/4132/1/Mariane%20da%20Silva%20Pereira.pdf> Acesso: 09 fev. 2021.

PISSATO, Edilson; SOARES, Lindolfo. Caracterização de Resíduos Finos de uma Mineração de Areia no Município de Guarulhos para Utilização em Cerâmica Vermelha. **Cerâmica Industrial**, v. 14, n. 3, p. 41-46, 2009.

POLIGNANO, Marcus Vinicius; LEMOS, Rodrigo Silva. Rompimento da barragem da Vale em Brumadinho: impactos socioambientais na Bacia do Rio Paraopeba. **Ciência e Cultura**, v. 72, n. 2, p. 37-43, 2020.

PONTES, Nicole Alves Espada. **O rompimento da barragem Fundão-MG: questão ambiental e crimes industriais sob a lógica capitalista**. 2017. 159 f. Dissertação (Mestrado em Serviço Social) UFJF, Juiz de Fora, 2017.

PULINO, Alexandre Masocatto. **Índices de estimativa de custos de fechamento de pilhas de estéril e barragens de rejeitos**. 2010. 136 f. Dissertação (Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2010. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/RAOA-BELRQS/1/dissertacao_alexandre_pulino.pdf Acesso em: 20 jan. 2021.

REIS, Fernanda Medeiros Dutra. **Estudo do comportamento físico-mecânico de tijolos de solo-cimento com adição de rejeitos de minerações de quartzito**. 2020. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Carlos. 2019. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-07052020-192228/publico/DissertReisFernandaMedeirosDCorrig.pdf> Acesso em: 14 fev. 2021.

RODRIGUES, Alexsandro S. *et al.* Gestão do tempo aplicada à produtividade, qualidade de vida e desempenho: análise de publicações do banco de dados da CAPES e do Google Acadêmico. In: **Congresso Internacional de Administração**. 2018.

RONCONI, João Vitor Vieira *et al.* **Estudo da calcinação de rejeito de mineração de carvão para aplicação como pozolana**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/191093/PENQ0752-D.pdf?sequence=-1&isAllowed=y> Acesso em: 13 fev. 2021.

SÂNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 1993. 495.p

SANCHEZ, Luis Enrique *et al.* Os impactos do rompimento da Barragem de Fundão. **O caminho para uma mitigação sustentável e resiliente**. Relatório Temático, n. 1, 2018.

SANT'ANA FILHO, Joaquim Nery. **Estudos de reaproveitamento dos resíduos das barragens de minério de ferro para uso na pavimentação de rodovias e fabricação de blocos intertravados**. 2013. 131 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Materiais). Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2013. Disponível em: http://www.posmat.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/120/2017/08/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Joaquim_Nery_Filho.pdf Acesso em: 16 fev. 2021.

SANTOS, Diego Haltiery. **Substituição total do agregado natural por quartzito friável para produção de argamassas mistas de assentamento e revestimento**. 2015. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2015.

SANTOS, Leticia Figueiredo. **Avaliação da viabilidade técnica do reaproveitamento de rejeitos da mineração de alumina para a construção civil**. 2020. 66 f. Monografia (Curso em Engenharia Civil). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2020. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/2732/1/MONOGRAFIA_Avalia%C3%A7%C3%A3oViabilidadeT%C3%A9cnica.pdf Acesso em: 20 fev. 2021.

SEERIG, Tamiris. **Estéreis em minas de minério de ferro: sua caracterização como material pozolânico após calcinação em forno flash**. 2019. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2019.

SILVA, Achiles Dias Alves da. **Aproveitamento de rejeito de calcário do Cariri Cearense na formulação de argamassa**. 2008. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008. Disponível em: http://www3.ufpe.br/ppgeminas/images/word/achiles_dias.pdf. Acesso em: 22 fev. 2019.

SILVA, Ana Paula Moreira da; VIANA, João Paulo; CAVALCANTE, André Luís Brasil. **Diagnóstico dos resíduos sólidos da atividade de mineração de substâncias não energéticas**. 2012. 46 f. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília, 2012. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7702/1/RP_Diagn%C3%B3stico_2012.pdf Acesso em: 08 fev. 2021.

SILVA, Fabiane Leocádia da. **Aproveitamento e reciclagem de resíduos da concentração de minério de ferro na produção de Paviers e cerâmica**. 2014. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais). Rede Temática em Engenharia de Materiais. Ouro Preto. 2014. Disponível em: https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3501/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_AproveitamentoReciclagemRes%c3%adduos.pdf Acesso em: 19 fev. 2021.

SILVA, Lays Capingote Serafim *et al.* Gestão de resíduos industriais: um estudo do aproveitamento de rejeitos na mineração. **Anais do IX SIMPROD**, 2017.

SILVEIRA, Marina Duque. **Utilização de resíduos de mineração na construção civil**. 2015. 39 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) UFMG. Belo Horizonte. 2015. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-A2SHGH/1/marina_duque_silveira_utiliza_o_de_residuos_de_minera_o_na_constru_o_civil_cecc_ufmg_jan15.pdf Acesso: 07 de fev. 2021.

SOARES, Matheus Flávio *et al.* Análise da adição de rejeito de mineração de ferro na produção de concreto para construção civil e colaboração com o meio ambiente. **ANAI SIMPAC**, v. 10, n. 1, 2019.

SOUZA JUNIOR, Tension Freire de; MOREIRA, Eclesielter Batista; HEINECK, Karla Salvagni. Barragens de contenção de rejeitos de mineração no Brasil. **Holos [recurso eletrônico]**. Natal, RN. v. 5 (2018), p. 1-39, 2018.

SOUZA, João Vítor Silveira; DA SILVA, Juliana; GUEDES, Mascarenhas. O rejeito de minério de ferro e suas aplicações na construção civil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 104064-104074, 2020.

SNELLINGS, Ruben; MERTENS, Gilles; ELSSEN, Jan. Supplementary cementitious materials. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, v. 74, n. 1, p. 211-278, 2012.

SNIC. Sindicato Nacional da Indústria de Cimento. Rio de Janeiro, 2009. v.1.

SHETTY, Kiran K .; NAYAK, Gopinatha; VIJAYAN, Vipul. Efeito da lama vermelha e rejeitos de minério de ferro na resistência do concreto autocompactável. **European Scientific Journal** , v. 10, n. 21, 2014.

TEIXEIRA, Moisés Paulo. **Estudo da viabilidade da utilização de rejeitos de pedra-sabão na produção de materiais cerâmicos**. 2017. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais). Rede Temática em Engenharia de Materiais. Ouro Preto. 2017. Disponível em:
https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/8024/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_EstudoViabilidadeUtiliza%c3%a7%c3%a3o.pdf Acesso em: 18 fev. 2021.

YELLISHETTY, M., KARPE, V., REDDY, E.H., SUBHASH, K.N., Reuse of iron ore mineral wastes in civil engineering constructions: A case study - Resources, Conservation and Recycling (2008), Elsevier.

WBCSD - World Business Council for Sustainable Development, IEA, Cement Technology Roadmap 2016. OECD/IEA, WBCSD, 2016