

Universidade Federal de Ouro Preto

Escola de Minas
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
PROPEC

Dissertação

**Tecnologias Sociais
inovadoras para recuperação
de áreas degradadas pela
mineração – Barragem de
Fundão em Mariana/MG.**

Marcela Aguiar Nogueira

Ouro Preto
2021



UFOP

**TECNOLOGIAS SOCIAIS INOVADORAS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS
DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO - BARRAGEM DE FUNDÃO EM MARIANA/MG**

AUTORA: MARCELA AGUIAR NOGUEIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto.

Orientador: Prof. Ricardo André Fiorotti Peixoto,
DSc.

Ouro Preto, julho de 2021.

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

N778t Nogueira, Marcela Aguiar .

Tecnologias sociais inovadoras para recuperação de áreas degradadas pela mineração - Barragem de Fundão em Mariana/MG. [manuscrito] / Marcela Aguiar Nogueira. - 2021. 87 f.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo André Fiorotti Peixoto.
Dissertação (Mestrado Acadêmico). Universidade Federal de Ouro Preto. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Estruturas e Construção.

1. Tecnologia - Aspectos sociais. 2. Arranjo Produtivo Local (APLs). 3. Transferência de Tecnologia. 4. Barragens de rejeitos - Minérios de ferro.
I. Peixoto, Ricardo André Fiorotti. II. Universidade Federal de Ouro Preto.
III. Título.

CDU 624.01

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Marcela Aguiar Nogueira

Tecnologias Sociais Inovadoras para recuperação de áreas degradadas pela Mineração - Barragem de Fundão em Mariana/MG

Dissertação apresentada ao PROPEC - Programa de Pós-graduação Em Engenharia Civil - Área Materiais e Construção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Mestre

Aprovada em 22 de JULHO de 2021

Membros da banca

[Doutorado] - Ricardo André Fiorotti Peixoto - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

[Doutorado] - Maria Teresa Paulino Aguiar - Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

[Doutorado] - Sofia Araújo Lima Bessa - Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

[Ricardo André Fiorotti Peixoto], orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito no Repositório Institucional da UFOP em 22/07/2021



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Andre Fiorotti Peixoto, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 27/07/2021, às 16:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0198727** e o código CRC **D8D899D0**.

AGRADECIMENTOS

Ao longo dos últimos dois anos tive a oportunidade de conhecer um novo universo cheio de desafios e conquistas. Para trilhar esse caminho, contei com a contribuição de muitas pessoas que foram essenciais nessa jornada, e hoje, venho agradecer cada um que se fez presente.

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Cida e Abelardo, por todo apoio e carinho, mas principalmente por abdicarem dos seus sonhos para que eu e a Rafaela tivéssemos uma educação de qualidade. Dedico essa conquista à vocês. À minha irmã, Rafaela, agradeço pelo suporte e cuidado, tenho muito admiração pela sua dedicação profissional, você é um grande exemplo. Ao George, por todo amor e companheirismo, por se fazer presente e me apoiar em todas as etapas. À República Rebenta, minha segunda família, que sempre torceu por mim e me incetivou a buscar meus sonhos.

Em especial, ao professor e orientador Ricardo, agradeço primeiramente pela confiança e por acreditar no meu potencial. Obrigada por estar sempre presente, me ajudando a contornar todas as barreiras que nos foram colocadas neste último ano. Serei eternamente grata pelos seus ensinamentos, a partir deles e do amadurecimento dessa caminhada, me permito dizer que adquiri novas lentes.

Aos grupos de pesquisa Reciclos e Ative, pela infraestrutura, colaboração e por me acolherem nesse espaço, tenho muito orgulho de fazer parte desse time. À Fernanda, Vanessa, Huberto, Ana, Aline e Juliana pelo companheirismo, colaboração e pelas risadas, vocês tornaram essa caminhada mais leve. Em especial, agradeço ao Júnio e a Laís, por todo o auxílio com a pesquisa, por dedicarem o tempo de vocês para que eu pudesse entregar um trabalho de qualidade.

Apesar de todos os obstáculos que temos enfrentado com a pesquisa no país, vocês me dão coragem e esperança.

Por fim, agradeço à FAPEMIG, CAPES, UFOP e PROPEC pelo apoio financeiro para a realização e apresentação dessa pesquisa.

RESUMO

O setor extrativo mineral brasileiro tem gerado grandes impactos socioeconômicos e ambientais nas comunidades situadas nas áreas de influência de suas atividades. O rompimento da barragem de Fundão, no município de Mariana-MG, foi o segundo maior acidente do setor já registrado no mundo, afetando a fauna, flora e principalmente a cultura e a economia de muitos municípios ao longo da bacia do Rio Doce. Diante desse cenário, as tecnologias sociais (TS) têm se tornado alternativas promissoras para a mudança na qualidade de vida dos atingidos, através da inclusão social e desenvolvimento local. As tecnologias convencionais desenvolvidas na construção civil têm grande potencial para se transformarem em TS efetivas, sendo capazes de potencializar e integrar ações a partir das transferências de tecnologias, ação capaz de incorporar estratégias da economia circular e solidária ao capital social e à autogestão. O êxito da produção de matrizes cimentícias com substituição de agregados convencionais por agregados de rejeito de barragem de minério de ferro (RBMF) tem sido apresentado em trabalhos científicos publicados em todo o mundo e pode se tornar um material de base tecnológica para o desenvolvimento dos Arranjos Produtivos Locais (APLs). Assim, o presente trabalho tem por objetivo investigar as alternativas para o desenvolvimento de tecnologias e processos inovadores que permitam a utilização do RBMF, como matéria prima para o desenvolvimento dos APLs a partir de TS que incorporem iniciativas capazes de contribuir para mitigação dos impactos da mineração nas comunidades atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão. Inicialmente, realizou-se mapeamento das comunidades atingidas a partir de sua localização relativa ao leito do Rio Doce, dos indicadores sociais, econômicos e de impacto; considerando ainda questionários aplicados às Secretarias de Desenvolvimento e Assistência Social de cada município. A partir dos dados coletados, foram selecionadas cidades com potencial para implementação das TS propostas e identificadas possíveis vocações. Os rejeitos provenientes do rompimento da barragem de Fundão não puderam ser coletados ao longo da bacia do Rio Doce por onde a lama proveniente do rompimento se depositou, por conta das restrições impostas pela pandemia COVID-19 que assola todo o planeta e o Brasil em especial. No entanto, foi possível acessar o pátio de rejeitos coletados e armazenados pela Fundação RENOVA, que serviu de material para o desenvolvimento da proposta de pesquisa. Os resultados obtidos mostram que o rejeito coletado apresenta características distintas dos RBMF comumente encontrados na literatura, entretanto, os resultados não excluem sua possível utilização para a produção de matrizes cimentícias. A combinação dos fatores técnicos e tecnológicos; sociais, culturais, ambientais e econômicos, bem como a vocação de cada comunidade foram utilizados para produzir uma metodologia de implementação dos APLs com propósito de mitigação dos efeitos da atividade mineradora nas comunidades.

Palavras-chave: Tecnologia Social, Arranjo Produtivo Local, Transferência de Tecnologia, Rejeito de Barragem de Minério de Ferro.

ABSTRACT

The Brazilian mineral extraction sector has generated a large socioeconomic impacts on the communities where it develops its activities. The collapse of the Fundão dam, in the city of Mariana-MG, was the second largest accident in the sector ever recorded in the world, affecting fauna, flora and especially the cities along the Rio Doce basin. Given this scenario, social technologies (TS) become a promising alternative for changing the quality of life of those affected, through social inclusion and local development. Conventional technologies developed in civil construction have a potential to be compatible with the TS, being able to enhance and integrate actions, based on technology transfers, in addition to incorporating strategies of the circular and solidary economy, social capital and self-management. The success in the production of cementitious based with substitution of conventional aggregates for aggregates of iron ore tailings has been presented all over the world and can become a base material for the development of Local Productive Arrangements. Thus, this work aims to investigate the possibility of developing innovative technologies and processes that allow the use of RBMF, as raw material for the production of APLs as TS that incorporate initiatives capable of contributing to mitigate the impacts of mining in the affected communities by the rupture of the Fundão dam. Initially, the mapping of the affected communities was carried out and analyzed; from its location relative to Rio Doce basin, the social, economic and impact indicators, also considering a questionnaires applied to the Departments of Development and Social Assistance of each city. From the analyzes described, were selected the cities with potential for implementing the proposed TS. The tailings from the collapse of the Fundão could not be collected along the Rio Doce basin where the mud from the failure was deposited, due to restrictions imposed by the COVID-19 pandemic that devastates the entire planet and Brazil in particular. However, it was possible to access the tailings yard collected and stored by the Renova Foundation, which served as material for the development of the research. The results obtained show that the collected tailings have different characteristics from the RBMF found in the literature, however, the results do not exclude its possible use for the production of cement-based. The combination of technical and technological factors; social, cultural, environmental and economic, as well as the vocation of each community were used to produce a methodology for the implementation of an APL with the purpose of mitigating the effects of the mining activity in the communities.

Keywords: Social Technology, Local Productive Arrangement, Technology Transfer, Iron Ore Tailings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Capacitação da população para processo de dessalinização	18
Figura 2 – Fossas biogestoras	18
Figura 3 – processo de beneficiamento de minério	24
Figura 4 – Fluxograma das etapas de desenvolvimento da pesquisa	26
Figura 5 - Mapa de localização dos municípios.....	35
Figura 6 - Municípios com os piores e melhores índices em geral	37
Figura 7– Linha de tendência de cada indicador	38
Figura 8 – Sobreposição dos indicadores normalizados	40
Figura 9 - Sobreposição da incidência de pobreza, índice de desenvolvimento humano e população ocupada	41
Figura 10 - Sobreposição da incidência de pobreza, índice de desenvolvimento humano e índice de gini e salário médio mensal.....	42
Figura 11 - Atividades econômicas potenciais para aplicação de APLs com produtos da construção civil	43
Figura 12 - Impactos econômicos sociais e ambientais nas 27 cidades	45
Figura 13 – Municípios que apresentaram problemas relacionados aos parâmetros selecionados	46
Figura 14 – Fluorescência de raio-X da amostra RRV	52
Figura 15 – Comparativo dos resultados de fluorescência de raio-X dos RBMF utilizados para a produção de materiais de construção e o RRV	54
Figura 16 – Composição mineralógica do RRV por difração de raios-X	55
Figura 17 - Comparativo dos resultados da caracterização mineralógica dos RBMF utilizados para a produção de materiais de construção e o RRV	56
Figura 18 – Termogravimetria (TGA) do RRV	58
Figura 19 - (a) Amostra RRV coletada (b) Amostra RRV destorroada	59
Figura 20 - amostra retida na peneira de 0,6 mm para ensaio de teor de argila em torrões e materiais friáveis.....	60
Figura 21 – Comparativo dos resultados de massa específica e unitária dos RBMF utilizados para a produção de materiais de construção e o RRV.....	61
Figura 22 – Granulometria do RRV por difração a laser	62
Figura 23 –Faixas granulométricas da literatura para RBMF utilizados para a produção de materiais de construção e o RRV.....	63
Figura 24 – Primeiro passo para a formação de APLs da construção civil.....	70
Figura 25 - Segundo passo para a formação de APLs da construção civil	70
Figura 26 – Terceiro passo para a formação de APLs da construção civil	71
Figura 27 - Quarto passo para a formação de APLs da construção civil	71
Figura 28 – Quinto passo para a formação de APLs da construção civil.....	72
Figura 29 – Sexto passo para a formação de APLs da construção civil.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Lista dos municípios atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão em Minas Gerais.	7
Tabela 2 – Cidades selecionadas como objeto de estudo.....	27
Tabela 3 – Questionário aplicado nas secretarias de desenvolvimento e assistência social dos municípios	29
Tabela 4 - Parâmetros para seleção dos artigos	32
Tabela 5 - Produtos da construção civil e artigos selecionados para análise comparativa.....	33
Tabela 6 - Indicadores sociais e econômicos.....	36
Tabela 7 – Porcentagem do peso das atividades econômicas em cada cidade.....	43
Tabela 8 – Indicadores das cidades que apresentaram maior necessidade de ações de mitigação dos impactos do rompimento da barragem de Fundão	49
Tabela 9 – Comparativo da composição química do RBMF com argila e rejeito de mineração	53

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	4
2.1. Objetivos específicos	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. Impactos socioeconômicos e ambientais da mineração	4
3.2. Tecnologia social.....	10
3.2.1. <i>Transferência de tecnologia e engenharia social</i>	<i>15</i>
3.3. Construção civil e desenvolvimento sustentável	20
3.3.1. <i>Rejeito de Barragem de Minério de Ferro.....</i>	<i>23</i>
4. METODOLOGIA.....	25
4.1. Mapeamento dos 27 municípios atingidos.....	26
4.1.1. <i>Localização dos municípios atingidos</i>	<i>27</i>
4.1.2. <i>Coleta e análise dos indicadores sociais e econômicos dos municípios atingidos</i>	<i>27</i>
4.1.3. <i>Avaliação de impacto socioeconômico e ambientais e das necessidades das comunidades.....</i>	<i>28</i>
4.1.4. <i>Seleção dos municípios com potencial para implementação de TS.....</i>	<i>29</i>
4.2. Coleta e caracterização do RRV	29
4.2.1. <i>Caracterização química.....</i>	<i>30</i>
4.2.2. <i>Caracterização mineralógica</i>	<i>30</i>
4.2.3. <i>Caracterização física.....</i>	<i>31</i>
4.2.4. <i>Análise comparativa do RRV com os RBMF da literatura</i>	<i>31</i>
4.3. Diretrizes para as propostas de formação e implementação dos APLs da construção civil	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1. Mapeamento das comunidades	34
5.1.1. <i>Localização dos municípios atingidos</i>	<i>34</i>
5.1.2. <i>Coleta e análise dos indicadores sociais e econômicos dos municípios atingidos</i>	<i>35</i>
5.1.3. <i>Avaliação de impactos socioeconômicos e ambientais e das necessidades das comunidades</i>	<i>44</i>
5.1.4. <i>Seleção dos municípios com potencial para implementação de TS.....</i>	<i>49</i>
5.2. Caracterização do RBMF	51
5.2.1. <i>Caracterização química.....</i>	<i>51</i>
5.2.3. <i>Caracterização mineralógica</i>	<i>55</i>
5.2.1. <i>Caracterização Física.....</i>	<i>59</i>
5.3. Diretrizes para as propostas de formação e implementação dos APLs da construção civil	64
5.3.1. <i>Estratégia de abordagem e convocação dos multiplicadores.....</i>	<i>65</i>
5.3.2. <i>Produção de protótipos e capacitação dos multiplicadores</i>	<i>67</i>

5.3.3. Estruturação dos APLs	69
6. CONCLUSÃO.....	73
6.1. Trabalhos futuros	74
7. REFERÊNCIAS.....	75
ANEXO I	86

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, as políticas sociais são aplicadas de forma seriadas e tópicas, que em sua maioria não produzem mudanças efetivas para a população; e, quando criam soluções para os problemas sociais, favorecem o sistema político (Mendes, et al., 2015), seja economicamente ou como forma de popularidade. Esse cenário é especialmente problemático quando se trata da melhoria das condições de vida de comunidades afetadas pela mineração e ainda mais grave pelos grupos atingidos por rompimento de barragens. Além disso, a imprevisibilidade e a magnitude dos impactos em todas as suas esferas, (social, ambiental e econômico) tornam a melhoria das condições de vida de comunidades afetadas pela mineração uma tarefa particularmente desafiadora.

Os acidentes com barragens de rejeitos da mineração não são fatos isolados e provocam danos consideráveis ao meio ambiente, à sociedade, às comunidades e à economia das regiões afetadas de uma forma generalizada. Nos últimos anos, verifica-se uma série de acidentes que se apresentaram de forma expressiva, com impactos significativos às regiões periféricas em que estavam situadas as estruturas que faliram. Atualmente, o estado de Minas Gerais possui 668 barragens de rejeito cadastradas no banco de dados da Fundação Estadual do Meio Ambiente (ANA, 2019). Em outubro de 2019, 53 barragens foram interditadas no Brasil por não apresentarem condição de estabilidade, somente em Minas Gerais, contabilizam-se 33 dessas estruturas (ANM, 2019).

No ano de 2003, um grande desastre ambiental envolvendo barragens de rejeitos atingiu toda Zona da Mata Mineira, 1.400.000m³ de lixívia negra (rejeito celulose) espalhou-se por mais de 100km de rios, afetando diretamente 600.000 habitantes, (Braga, 2011). Em 2007, com as fortes chuvas de janeiro, a barragem da Mineração Rio Pomba de rompeu pela segunda vez em um ano, na cidade de Cataguases, liberou 2.000.000m³ de rejeito de bauxita, afetou a qualidade da água nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, não contabilizados outros prejuízos às cidades circunvizinhas, meio ambiente e economia desta região (Pessoa, 2008).

Entre 2011 e 2017, a Agência Nacional de Águas (ANA) registrou 24 acidentes com barragens de rejeitos de mineração no Brasil (ANA, 2017). Um dos maiores acidentes presenciados pela comunidade mundial ocorreu no ano de 2015, com o rompimento da barragem de Fundão, na

cidade de Mariana-MG, lançando cerca de 50.000.000 m³ de lama no meio ambiente (IBAMA, 2015), atingindo um dos rios mais importantes do estado de Minas Gerais, o Rio Doce. Como resultado direto desse evento desastroso registram-se a perda de 17 vidas e mais de 600 desabrigados (Grupo Força-Tarefa, 2016). Esse acidente foi o segundo maior já presenciado no mundo, o primeiro ocorreu quatro anos depois, em 2019, com o rompimento da barragem Córrego do Feijão, no município de Brumadinho, que resultou em 270 vidas perdidas e várias famílias desabrigadas (SEGUR, 2019).

Após o desastre em Mariana, foi publicado um Inquérito Civil Público 1.22.020.000246/2015-34 (Ministério Público Federal, 2016), que exige que todas as mineradoras reaproveitem no mínimo 70% de seus rejeitos de barragem de minério de ferro (RBMF) antes de 2025, como forma de prevenir desastres dessa magnitude.

Na busca por transformações sociais efetivas, o termo tecnologia social (TS) surge como “um conjunto de técnicas e metodologias transformadoras, desenvolvidas na interação com a população e apropriadas por ela, representando soluções de inclusão social e melhoria das condições de vida” (ITS, 2004). Embora as TS sejam práticas comuns desde o reconhecimento dos problemas sociais brasileiros, com surgimento da nomenclatura elas ganharam visibilidade e divulgação, muitas vezes, sem métodos efetivos de validação ou verificação. Segundo Dagnino (2009), essa prática deve ocorrer por meio da criação de espaços de descoberta das demandas e necessidades de uma população, a partir de um diálogo horizontal. Essa perspectiva possibilita reconhecer saberes locais e soluções técnicas tradicionais de comunidades populares (Garcia, 2014).

A transferência de tecnologia das instituições públicas para a sociedade, representam grande potencial de transformação das Tecnologias Convencionais (TC) em Tecnologias Sociais (TS) e oferecem soluções mais eficientes; social, técnica e economicamente para os problemas. Essa estratégia de transformação da realidade de atores sociais se torna uma tarefa complexa pela multidisciplinaridade que as práticas de inclusão social exigem. Iniciativas como a da Fundação Banco do Brasil (FBB) conta com mais de 500 TS certificadas pelo Prêmio Fundação Banco do Brasil de Tecnologia Social, do ano de 2001 a 2011. Klossowski et al. (2016) avaliou 77 desses projetos e observou um aumento de 200% do envolvimento das universidades públicas em projetos de TS do ano de 2009 para 2011. As propostas das comunidades científicas contemplam em maior

número as demandas por “renda, educação, meio ambiente e alimentação, todas com pelo menos vinte projetos” (Klossowski, et al., 2016). Destaca-se entre os projetos propostos à FBB, um trabalho finalista da edição do Prêmio em 2007, que trata do reaproveitamento de resíduo industrial (escória de aciaria) para a produção blocos de concreto para habitação de interesse social (Assessoria de Comunicação Social/CEFET-MG e Portal Fundação Banco do Brasil, 2007). A potencial reaplicabilidade do projeto, em conjunto com relevância socioambiental, comprovam o potencial de se transformar TC em TS de grande impacto aos grupos vulneráveis.

O reaproveitamento de resíduos minerais, como é o caso das lamas de rejeitos de barragens de minério de ferro (RBMF), para a produção de concretos, argamassas, blocos para pavimentação e ladrilhos, mostram-se uma alternativa para redução do volume de sólidos depositados em barragens e também da exploração de recursos naturais pelo setor da construção civil (Sant’ana Filho, et al., 2017; Fontes, 2013; Fontes, et al., 2018; Franco , et al., 2014). Desastres com as dimensões observadas pela ruptura da barragem de Fundão, de propriedade da SAMARCO, em Mariana, poderiam ser evitados se alternativas e soluções mais racionais dedicadas à redução da geração e disposição dos rejeitos de mineração fossem adotadas, incluindo estratégias que contemplassem não só armazenamento – como ainda se praticam na atualidade - mas sim a sua reciclagem e reutilização como alternativas capazes de criar possibilidades para a melhoria das condições de vida de grupos socialmente vulneráveis.

Além dos reconhecidos impactos ambientais gerados pela atividade da mineração, suas consequências tem grande impacto socioeconômico nas comunidades atingidas pelos acidentes, que embora respaldadas pela lei, ainda se encontram em situação de vulnerabilidade social.

No que tange o alcance da pesquisa, a transferência de tecnologia pode se tornar uma potência para o desenvolvimento socioeconômico das populações que são prejudicadas pela atividade ou por rompimento de barragens, gerando renda, emprego e construindo uma nova perspectiva de futuro. Nesse contexto, é necessário que as instituições públicas sejam capazes de oferecer ferramentas e estratégias para mitigação dos impactos sofridos por esses atores sociais. A construção civil apresenta-se como alternativa de grande potencial para transferência de tecnologias capazes de produzir arranjos produtivos, habilitados à mitigação dos impactos ambientais da mineração e do próprio setor (grande consumidor de recursos naturais), somado à promoção do desenvolvimento e inclusão social.

Finalmente, a proposta apresentada, apoiada nos achados das pesquisas mais atuais desenvolvidas em todo o mundo (Fontes, 2013; Franco, et al., 2014; Sant'ana Filho, et al., 2017; Peixoto, et al., 2013; Fontes, et al., 2018; Magalhães, et al., 2020; Kuranchie, et al., 2015; Morais, et al., 2021), tem como objetivo propor o desenvolvimento de tecnologias sociais e processos inovadores que permitam a utilização do RBMF como matéria prima para a produção de matrizes cimentícias, em arranjos produtivos locais, como estratégia para mitigação dos impactos socioeconômicos e ambientais do rompimento da barragem de Fundão.

2. OBJETIVO

Identificar potencial para implementação de tecnologias sociais inovadoras em ações de recuperação das áreas impactadas pelo rompimento da barragem de Fundão a partir da geração de conhecimento, produtos e processos tecnológicos capazes de contribuir para a mitigação dos danos sociais, ambientais e econômicos advindos do acidente da barragem de Fundão em Mariana/MG.

2.1. Objetivos específicos

- Identificar as necessidades de cada uma das comunidades, considerando aspectos sociais, ambientais e econômicos;
- Identificar dentre as comunidades mapeadas segundo critérios IBGE e vocação, um grupo de 06 localidades com potencial para implementação dos APLs;
- Determinar a possibilidade de utilização dos rejeitos disponíveis provenientes do rompimento da barragem de Fundão, coletados do pátio de Rejeitos Renova (ADME) para a produção de matrizes cimentícias para a construção civil;
- Criar diretrizes estratégicas para implementação das tecnologias sociais através de APLs da construção civil;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Impactos socioeconômicos e ambientais da mineração

Os recursos minerais são essenciais ao desenvolvimento econômico e ao bem estar da sociedade (Mancini & Sala, 2018). Além da oferta de bens materiais, o setor mineral gera grande quantidade de emprego em todos os seus processos de produção (UN General Assembly, 2015).

Em 2011, o Brasil foi o terceiro maior produtor de minério de ferro, conforme a Conferência das Nações Unidas para o Comércio e Desenvolvimento (Unctad). Em 2018, a produção mineral do Brasil foi de 409 milhões de toneladas, o que corresponde a 12,5% das exportações totais do Brasil, e 36,6% do saldo comercial (IBRAM;, 2019). Entretanto, nos últimos anos, os grandes acidentes decorrentes do rompimento de barragens de minério de ferro chamaram a atenção para os impactos negativos da indústria extrativista, mais precisamente sobre os impactos socioeconômicos e ambientais.

A vida útil de uma mineradora possui 5 fases principais; prospecção e pesquisa, desenvolvimento, lavra, beneficiamento e a desativação ou fechamento de mina (Nery, 2010). A extração mineral está entre as atividades econômicas com maiores impactos ambientais (Fernandes, et al., 2014). Esses impactos incluem, entre outros:

- Contaminação da água do lençol subterrâneo (Barreto , 2001);
- Supressão de vegetação ou impedimento de sua regeneração (Pontes , et al., 2013)
- Alterações da paisagem (Fernandes, et al., 2014)
- Morte de espécies da fauna e flora (Lana, 2015).

A mineração também afeta as relações sociais e econômica das populações circunvizinhas. Os impactos sociais iniciais associam-se a competição pelo uso do solo, que em muitos casos geram conflito com a população no entorno onde elas exercem suas atividades (Pontes , et al., 2013). Durante o funcionamento de uma mina, a atividade de lavra, beneficiamento e transporte dos minerais provocam a poluição do ar e vibrações no solo associados a explosões no processo de desmonte das rochas, causando impactos a saúde das comunidades próximas (Mechi & Sanches, 2010). Os sintomas do fechamento das minas são especialmente problemáticos do ponto de vista socioeconômico (Mancini & Sala, 2018), em muitas cidades, há uma dependência econômica pela geração de renda, emprego e arrecadação do município pela atividade mineradora (Gomide , et al., 2018). Somam-se aos impactos socioeconômicos o crescimento desordenado de municípios, a ausência de infraestrutura para atender à população, o aumento da violência e prostituição e rompimentos de barragens (Fernandes, et al., 2014).

Falhas em barragens de contenção de rejeitos, provenientes do beneficiamento de minério, antes consideradas eventos raros, fazem parte da história recente do Brasil, trazendo novas preocupações relacionadas aos desdobramentos socioeconômicos e ambientais ocasionados por elas. Os dois maiores acidentes presenciados pela comunidade mundial ocorreram no Brasil, nas cidades de Mariana, em 2015, e Brumadinho, em 2019. O primeiro acidente atingiu 38 municípios dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, e após 4 anos, o rompimento da barragem do Córrego do Feijão, em Brumadinho, “colocou em debate a urgência de encaminhamentos para problemas que ainda estão pendentes desde o rompimento da barragem de Fundão” (Rocha , et al., 2020). Esses eventos, geralmente levam a consequências socioeconômicas e ambientais severas, como danos a propriedades e impactos no estilo de vida de populações das áreas atingidas; interrupção de atividades econômicas; e muitas vezes perdas de vidas humanas e poluição de grandes áreas a montante com consequências à fauna e flora (Grupo Força-Tarefa, 2016).

Os dois eventos citados somam aproximadamente 300 vítimas fatais, mais de 400 famílias desabrigadas, mais de 50 milhões de metros cúbicos de rejeitos lançados ao meio ambiente (Grupo Força-Tarefa, 2016; SEGUR, 2019). Diversos prejuízos econômicos podem ser associados a falhas em barragens de rejeitos, com destaque às interrupções de atividades econômicas nas áreas atingidas (pesca, agricultura, turismo, etc.) e danos a propriedade. Outras importantes consequências econômicas associadas a falhas em barragens de rejeitos são a interrupção das operações de mineração e imposições de despesas com indenizações multas e limpeza das áreas atingidas (Kossoff, et al., 2014).

O rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, lançou 34 milhões de m³ de rejeitos de lama de minério de ferro (RBMF) no meio ambiente em um primeiro momento. Esses rejeitos atingiram a barragem de água de Santarém, a jusante, que transbordou. A onda de lama atingiu o distrito de Bento Rodrigues e percorreu 663,2 km pelos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, atingindo o oceano atlântico. Ao longo deste curso vários distritos e cidades foram atingidas e tiveram parte das atividades econômica e de fornecimento de água afetados (IBAMA, 2015).

O desastre afetou 3 cidades do Espírito Santo e 35 de Minas Gerais, que são citadas conforme relação apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Lista dos municípios atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão em Minas Gerais.
 Fonte: Grupo Força-Tarefa (2016)

Municípios atingidos			
1	Aimorés	19	Marliéria
2	Alpercata	20	Naque
3	Barra Longa	21	Periquito
4	Belo Oriente	22	Pingo-d'Água
5	Bom Jesus do Galho	23	Raul Soares
6	Bugre	24	Resplendor
7	Caratinga	25	Rio Casca
8	Conselheiro Pena	26	Rio Doce
9	Córrego Novo	27	Santa Cruz do Escalvado
10	Dionísio	28	Santana do Paraiso
11	Fernandes Tourinho	29	São Domingos do Prata
12	Galiléia	30	São José do Goiabal
13	Governador Valadares	31	São Pedro dos Ferros
14	Iapu	32	Sem-Peixe
15	Ipaba	33	Sobralia
16	Ipatinga	34	Timóteo
17	Itueta	35	Tumiritinga
18	Mariana		

Os dados apresentados pelo Grupo Força-Tarefa (2016), apontam que 311 mil pessoas sofreram danos humanos diretos e indiretos (mortos, feridos, enfermos, desabrigados, desalojados e outros), um prejuízo econômico privado de mais de 300 milhões de reais, entre outros impactos associados às atividades econômicas (pesca, agricultura e pecuária). Além disso, 450 indígenas da etnia Krenak, foram profundamente afetados socioeconomicamente e especialmente, pela cultura e lazer (Grupo Força-Tarefa, 2016). O distrito de Bento Rodrigues foi o mais atingido pela lama das barragens. Das 180 casas existentes na cidade, 158 foram destruídas, o número de vítimas fatais confirmadas foi de 17 pessoas, sendo que 2 ainda estão desaparecidas (Grupo Força-Tarefa, 2016). Falcão (2020) cita que além do grande impacto ambiental e material desse desastre, existe outros ainda mais problemáticos, relacionados ao dano existencial das populações atingidas: do

prejuízo do lazer, das relações sociais, das alterações do cotidiano, da desconsideração do modo de vida do atingido e da perda de atividades laborais.

De acordo com a prefeitura de Mariana, 80% dos impostos arrecadados pelo município vem da atividade de mineração (G1, 2015). Com a interrupção dos trabalhos houve uma abrupta queda na arrecadação, além de um grande aumento da população desempregada e apoiada por programas sociais (G1, 2015). Nessa perspectiva, é evidente que alguns impactos gerados pela mineração e seus acidentes são intangíveis e irrecuperáveis, mas a necessidade de ações de mitigação dos mesmos é iminente.

3.1.1. Alternativas para mitigação dos impactos da mineração

Estratégias para minimizar os impactos da mineração a longo prazo abrangem desde a disposição dos rejeitos gerados até mesmo a gestão das mineradoras. Franks et al. (2011) aborda alguns princípios para orientar a disposição de resíduos de mineração e processamento mineral como: limitação geográfica; gerenciamento das condicionantes ambientais e sociais; gerenciamento da estabilidade física, geográfica, química e radiológica dos resíduos. Apesar da grande importância de enfatizar esses princípios, é certo que as mineradoras têm o conhecimento e especialidade para identificar as necessidades de diminuir seus impactos socioambientais, o que torna a gestão dessas empresas um importante fator para a solução dos problemas gerados.

Hilson e Murck (2000) apontam que para uma melhor gestão dos impactos, as mineradoras não devem usar a legislação como orientação, já que a sustentabilidade, em todos os seus aspectos, exige uma gestão ambiental e social proativa, ou seja, com desempenho além das exigências regulatórias. Para tal objetivo, os autores indicam algumas diretrizes como: identificar com precisão as metas ambientais e socioeconômicas de curto e longo prazo da empresa, envolvendo seus funcionários no processo; melhoria nas ferramentas de gestão ambiental; implementação de tecnologias mais limpas e eficientes e finalmente, atender as necessidades das comunidades e partes interessadas (Hilson & Murck, 2000). Diferentemente de outros países, a legislação brasileira contempla os impactos socioeconômico nos processos de licenciamento ambiental, entretanto, os desdobramentos das atividades extrativas sobre a população ficam em segundo plano em relação ao meio físico e biológico nos estudos de impacto (Sánchez, 2010).

Para as estratégias a curto prazo, a alternativa mais eficiente para minimizar os impactos é o descomissionamento, feito através da descaracterização ou desmonte das barragens (Thomé & Ribeiro, 2019). No caso do desmonte, ainda é necessário buscar métodos de deposição do resíduo existente. Desse modo, as tecnologias inovadoras da construção civil devem ganhar maior visibilidade, já que o setor tem grande potencial consumidor de resíduo da mineração.

As considerações sobre os procedimentos de mitigação de impactos durante o funcionamento das minas são determinadas pelo Comitê Interorganizacional de Diretrizes e Princípios para Avaliação de Impacto Social (SIA) (The Interorganizational Committee on Principles and Guidelines for Social Impact Assessment, 2003). Entre as diretrizes, destacam-se: a caracterização das comunidades considerando seu perfil em particular; aspectos sociais, econômicos, ambientais e sua dinâmica; somados ao levantamento qualitativo e quantitativo dos problemas e demandas sociais presentes.

Nessa vertente, são avaliados os impactos negativos e positivos criando ambiente para que a empresa possa apresentar aos atingidos um plano de desenvolvimento comunitário, que consentido pelas partes interessadas, poderia ser implementado (Vanclay, 2003). O processo é desenvolvido em contato direto com as comunidades atingidas, estimulando que elas sejam assistidas, consultadas e consideradas nas tomadas de decisão e gestão do dano por parte das empresas.

No Brasil, essa prática é pouca adotada e deve-se considerar seu alto custo a longo prazo (Fabiani, et al., 2018), já que a população é consultada, mas todo o projeto é executado pela própria empresa e ocasionam na dependência socioeconômica das comunidades. Desse modo, faz-se necessário a implementação de comitês especializados dentro das empresas, que possam apoiar projetos estratégicos para fortalecimento das comunidades, relativamente à desvinculação econômica e potencialidades que possam ser desenvolvidas ou agregadas a partir da aplicação de estratégias que contemplem tecnologias sociais precoces. Esse cenário poderia tornar os projetos de inclusão social mais eficazes a permitiria a continuidade do desenvolvimento social.

As barragens de rejeito provenientes da mineração deveriam ser vistas como último recurso de armazenamento e não como solução final para a disposição desses resíduos gerados pelo setor extrativista (Andrade, 2014). No âmbito das soluções tecnológicas desenvolvidas pelas

universidades, esse material é potencialmente interessante para a construção civil, onde muitas pesquisas vêm comprovando a viabilidade para sua incorporação em matrizes cimentícias na produção de concreto (Shettima, et al., 2016), argamassa (Carrasco, et al., s.d.), pavers (Sant'ana Filho, et al., 2017), ladrilhos (Fontes, et al., 2018) e tintas (Galvão , et al., 2018). Dessa forma acredita-se que o setor da construção civil poderia diminuir a necessidade de barragens e consequentemente os riscos de acidentes como os já mencionados.

Adicionalmente, para efetividade do cumprimento das recomendações do Inquérito Civil Público 1.22.020.000246/2015-34 (Ministério Público Federal , 2016) sobre o reaproveitamento do RBMF, as tecnologias sociais se tornam uma alternativa promissora, através da transferência das tecnologias existentes da construção civil é possível reunir grupos engajados na mitigação dos impactos da produção mineral.

3.2. Tecnologia social

Sabe-se que as evoluções científicas e tecnológicas da história da humanidade têm influência determinante no desenvolvimento socioeconômico de uma população. Soffner (2014) define a expressão *tecnologia* como tudo aquilo que aumenta a capacidade humana, como uma ferramenta de ampliar nossos sentidos. Grint e Woolgar (2013) apresentaram várias de definições de *tecnologias* abordadas por diferentes autores e notaram um ponto comum entre as elas; a tentativa de diferenciar os elementos humanos e não humanos das tecnologias. O primeiro, relaciona-se ao conteúdo material e técnico, enquanto o segundo tende a relaciona-se com o contexto social.

Freire (1987), acredita que a tecnologia não é de caráter neutro, já que serve a interesses múltiplos e acompanha a visão de mundo de uma sociedade. Entretanto, o desenvolvimento tecnológico do processo de industrialização mundial impulsionou o desenvolvimento econômico de muitos países, mas também foi responsável por disseminar a desigualdade social em alguns deles, pela polarização e exclusão da classe operária das estruturas de informação e comunicação (Gennari, 2011), onde as decisões de cunho técnico são controladas pelas classes dominantes (Pozzebon & Fontenelle, 2018). Assim, foi preciso criar novos termos para a tecnologia como forma de desenvolvimento social.

O desenvolvimento de tecnologias voltados a inclusão social surgem inicialmente na Índia, a partir das tecnologias apropriadas (TA), empreendidas no século XIX por Mahatma Gandhi (ITS, 2007). Essa intervenção desenvolveu-se através de uma tecnologia participativa da roca de fiar que demandou a ampliação do trabalho humano, diminuindo as desigualdades sociais e provendo o sustento de um grande número de famílias (Novais & Dias, 2009; Mendes, et al., 2015). A ideia dessa tecnologia era tornar a população mais autônoma economicamente, mais independente do sistema industrial e mais autogestionária.

A TA teve grande difusão entre as décadas de 1960 e 1990, ganhando novas denominações como tecnologia alternativa, intermediária e outras (Pozzebon & Fontenelle, 2018). Posteriormente foi precursora para o surgimento da expressão *tecnologia social*, que ganhou visibilidade a partir dos anos 2000 (Novais & Dias, 2009). A diferença entre as TA e as TS, é a inclusão da dimensão pedagógica pela TS em sua implementação (ITS, 2007), dessa forma, a participação da população no desenvolvimento dessas tecnologias se tornou um fator primordial para o avanço da inclusão social. O termo *tecnologia social* foi criado por pesquisadores brasileiros sob influência das escolas latino-americanas e das tradições tecno-sociais europeias, e não corresponde ao mesmo termo utilizado na literatura anglo-saxônica, que relaciona-se ao bom desempenho de atividades econômicas (Pozzebon & Fontenelle, 2018).

As TS começaram a ser difundidas no meio acadêmico em 2003 a partir da criação da Rede de Tecnologia Social, (RTS), do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) em parceria com outras instituições (Fundação Banco do Brasil, 2004). Nessa abordagem, as TS são definidas de uma forma ampla, assim como a conceituação do Instituto de Tecnologia Social. Nessa perspectiva, buscando consolidar o conceito de TS para futuras discussões, serão apresentadas as principais abordagens sobre o tema.

Bava (2004) defende o conceito de tecnologia social transformadora, que também tem como base os aspectos da inclusão dos atores sociais no processo de desenvolvimento das tecnologias e não deve replicar o modelo capitalista de concentração do capital, exclusão social, segregação urbana e degradação do meio ambiente. Kapp e Cardoso (2013) apresentam um outro ponto de vista sobre as TS e propõem uma análise crítica sobre as propostas implementadas na atualidade, abordando 3 vertentes:

- 1- Tecnologia social conservadora: é oferecida aos pobres, geralmente com o objetivo de expandir a oferta de trabalho em uma região. Abrange qualquer produto, serviço ou processo destinado à população vulnerável, independentemente de quem definiu quais são as necessidades dessa população. Este tipo de TS (que a autora argumenta não ser propriamente uma TS) geralmente gerará lucro para um ou um pequeno grupo de proprietários (replicando o modelo capitalista). Pode ser complementada pela produção cooperativa, mas nunca é totalmente substituída por ela.
- 2- Tecnologia social engajada: é identificada pela participação dos atores sociais nos processos produtivos, se diferencia da conservadora pela inclusão social e não necessariamente contempla a população carente, mas os excluídos de um processo de desenvolvimento. Entretanto, não está presente nesta vertente uma crítica às estruturas de desenvolvimento econômico vigentes que causam a exclusão social;
- 3- Tecnologia social crítica: é identificada pela inclusão do questionamento sobre o desenvolvimento tecnológico, onde é problematizado e margeado com precisão “o problema” que deu origem a necessidade da implementação da TS.

Nesse contexto, deve-se levantar questionamentos sobre as possibilidades de implementação de TS em um contexto socioeconômico onde as classes dominantes detêm o poder. O modelo de desenvolvimento do sistema capitalista, fomenta o fato de que a ciência e a tecnologia se desenvolvam com o objetivo de diminuir a necessidade de mão de obra, pela troca do trabalho humano por máquinas, alavancando as desigualdades sociais e o nível de desemprego (Bonilha & Sachuk, 2011; Baumgarten, 2008). Nesse sentido, é de extrema importância que a geração de conhecimento científico pelas instituições públicas seja capaz produzir tecnologias inovadoras, verdadeiramente habilitadas para inclusão social, gerando emprego, renda e qualidade de vida.

Para desenvolvimento de inovações sociais transformadoras e efetivas, Avelino et al. (2019) apontam quatro aspectos de mudança e inovação; inovação social, inovação de sistema, mudança de jogo e mudança da narrativa. O primeiro relaciona-se a compreensão do objeto de inovação, que deve ser “fundamentado em um fenômeno social, em detrimento de uma tecnologia ou produto” (Avelino, et al., 2019), desse modo, mesmo que as mudanças sociais tenham como resultado a produção de materiais para o mercado, o objeto de inovação deve ser o desenvolvimento social. Turker e Vural (2017) abordam que a interdependência dos atores com a

estrutura social tem como consequências a restrição de suas atividades a partir de um contexto histórico e cultural. A inovação do sistema constitui a quebra desses preceitos e compreende o desenvolvimento de sistemas coletivos de seguridade social, ou seja, pautado na mudança estrutural de estilo de vida, de acesso a bens e serviços, de reconfiguração social. A mudança de jogo na perspectiva do desenvolvimento, é a percepção da transformação do cenário macrorregional, inerentes as previsões iniciais, como mudanças climáticas, crises econômicas e mudanças demográficas (Avelino, et al., 2019), que podem ocasionar em mudanças de estratégias para efetivação da inovação social. Por último, os autores discorrem sobre a mudança de narrativa, que dentre suas várias conceituações e interpretações, é o que dá aos atores sociais o significado ao fenômeno de mudança física e social, atuando como um dispositivo linguístico de empoderamento e inclusão social.

Para Dagnino (2009), a tecnologia convencional, aquela que buscam melhoraria dos processos e aumento das margens de lucros das empresas, não é adequada para obtenção da inclusão social. A TS se difere da tecnologia convencional à medida que incorpora aspectos da economia solidária, do capital social e da autogestão, que podem se tornar um estímulo adicional para que as tecnologias atuais sejam compatíveis com a TS (Dagnino, 2009). O capital social busca superar os problemas sociais a partir da cooperação para promoção da gestão efetiva por parte dos atores sociais, enquanto a economia solidária se torna o produto de ações cooperativas que privilegia a remuneração do trabalho em relação ao capital e proporciona o empoderamento dos envolvidos (Rodrigues & Barbieri, 2008). Para Gaiser (1999), esses aspectos constituem uma nova forma de produção, pautada na qualidade de vida dos atores sociais.

Garrido et al. (2011) aponta que a efetividade na implementação de tecnologias no âmbito social depende fortemente do processo de adequação e resistência sociotécnica. Assim, entende-se que para transformação de tecnologia convencional em TS é necessário que a Adequação Sociotécnica (AST) seja incorporada, onde os meios de produção passam a ser de propriedade coletiva e não privada (Dagnino, 2014). Desse modo, a linguagem, e os recursos da comunicação para o entendimento entre os diferentes atores de um processo de TS, requerem adaptações, principalmente quando relacionadas a transferência de tecnologia efetivas (Escalante, et al., 2013). Para garantir o fator sustentável das TS, a economia circular, já implementada em algumas tecnologias convencionais, se torna uma aliada para as possibilidades de criação de tecnologias e

produtos capazes de serem incorporados em fluxos cíclicos, a partir de sistemas de produções restaurativos e regenerativos, fundamentados nos conceitos de reduzir, reaproveitar e reciclar, tornando a produção das tecnologias mais sustentável (Barboza, et al., 2019).

O Instituto de Tecnologia social (ITS, 2007) define quatros fatores fundamentais como forma de capital para o desenvolvimento social: natural, intelectual e humano, social, e por último, empreendedor e econômico. O primeiro está relacionado aos recursos físicos territoriais, o segundo e o terceiro compreendem o potencial de empreender a partir do conhecimento, habilidade e condicionantes sociais do grupo em questão, e por fim, os recursos financeiros disponíveis. Esses princípios levam em consideração a AST, onde a inovação social é alicerçada nos interesses, valores e conhecimento da população que se apropria de um modelo de desenvolvimento (Dadnino, 2009).

Metaxas e Karagiannis (2016) ressaltam que o empreendedorismo regional deve ser baseado em um modelo de desenvolvimento fundamentado na identidade local e nas características regionais, fatores precedentes à transferência de tecnologia e à escolha do tipo de TS que deve ser implementado. Quando consideradas as transferências de tecnologia das universidades para as comunidades, deve-se conjecturar que a ciência e tecnologia nessas instituições são desenvolvidas a partir de linhas de atuação específicas. Assim, elas podem ou não compatibilizar com as necessidades e competências de um corpo social. Nessa perspectiva, deve-se adotar estratégias de levantamento das atividades econômicas e culturais já desenvolvidas pela comunidade e assim, avaliar a possibilidade de transferir um conhecimento específico, não excluindo a possibilidade de interesse do grupo em questão em desenvolver novas habilidades.

Mesmo quando decisões externas de promover as TS tenham papel fundamental para a reconstrução de cenário socioeconômico em uma determinada comunidade, a melhoria da qualidade de vida e da economia de um grupo social depende fortemente do envolvimento e da mobilização de seus atores no projeto, representando um interesse convergente que viabiliza as iniciativas de intervenção social e transformação da realidade (Castels & Borja, 1996). Buarque (1999) apresenta alguns procedimentos metodológicos que podem ser adaptados para reconstrução de cenário na aplicação de TS:

1. Classificar segundo o grau de incerteza as determinantes do futuro;

2. Determinar criticamente a capacidade de solucionar as determinantes mais incertas, dentro da realidade dos atores sociais;
3. Formular hipóteses de comportamento futuro das determinantes incertas;
4. Análise da consistência das hipóteses e seus possíveis desdobramentos futuros.

Nessa perspectiva, leva-se em consideração a possibilidades de as hipóteses serem passíveis ou não de mudança da realidade social, fazendo com que a promoção de TS seja precaucionada e realista com as expectativas de projeto. Tan e Altrock (2016) abordam a importância de se considerar a compreensão e resolução de um problema social como aspectos concomitantes entre si para a regeneração urbana. Assim, a contextualização do problema, fator primordial e precedente às propostas de resolução, deve partir de uma construção social com discurso de diferentes atores, permitindo adaptações de estratégias.

Apesar de todos os aspectos supracitados, o êxito em projetos de desenvolvimento social de uma comunidade na atualidade ainda é uma tarefa desafiadora, já que a maioria das propostas partem de uma metodologia construída de forma vertical em relação aos atores sociais (Kapp & Cardoso, 2013). É através do conhecimento da demanda e habilidades do corpo social que se pode identificar a natureza ou tipo de inovação tecnológica que deve ser transferida (Tan & Altrock, 2016).

Em Nova Iorque foi implementado o Programa de Prevenção, onde foi feita a capacitação de sem-teto em colaboração com a Academia de Finanças, promovendo cursos em negócios, matemáticas e outras habilidades para que essas pessoas conseguissem empregos no setor financeiro, que na época tinha uma alta demanda (Walters, 1990). Apesar do teor social dessa intervenção, ela disfarça o objetivo do Programa de Prevenção em criar mão de obra para a carência do mercado, sem considerar a vocação e os interesses dos participantes, reforçando a necessidade da identificação com o conhecimento transferido por quem se apropria dele.

3.2.1. Transferência de tecnologia e engenharia social

Nas últimas décadas o termo *transferência de tecnologia* vem sendo usado para descrever diversas interações organizacionais pelo mundo, de acordo com a linha de pesquisa que se desenvolve (Bozeman, 2000). No âmbito das TS, a transferência de tecnologia pode ser definida

como um dispositivo de capacitação, inclusão e mudança social (Dagnino, 2014; Dagnino, 2009; ITS, 2007; Garcia, 2014; Kapp & Cardoso, 2013). Segundo Prysthon e Schmidt (2002), a informação é o insumo mais básico para o domínio tecnológico e “possui natureza técnica, científica e econômica, mercadológica e gerencial”.

Nessa perspectiva, a transferência de conhecimento e informação em um processo de transferência de tecnologia, se torna uma ferramenta imprescindível ao domínio da tecnologia, empoderamento e visibilidade de um corpo social. Entretanto, a disponibilidade da informação não constitui uma única possibilidade de uso e acesso das tecnologias, que “não deve ser limitada por barreiras de caráter econômico, social ou psicológico” (Barreto, 1991).

Sachs e McArthur (2002) apontam que as transferências de tecnologia implicam em um crescimento econômico rápido para o grupo que se apropria, já que a absorção do conhecimento tecnológico é significativamente mais acelerada se comparada a criação de inovações tecnológicas pelo próprio corpo social. Contudo, sem a AST, essas tecnologias não conseguem ser instrumento de TS. Para que a transferência de tecnologia seja implantada como TS é necessário considerar duas variáveis não consideradas nas TC, a primeira ligada ao contexto socioeconômico e segunda ligada à cooperação nos ambientes de produção (Garcia, 2014). Desse modo, uma proposta de transferência de tecnologia para um grupo social deve levar em conta que o controle sobre o processo de trabalho, a produção e o resultado do produto final pertencem a ele.

O programa de políticas da união europeia *Urban Innovative Actions*, financia projetos de inovação em uma hélice quádrupla - universidades, governo, sociedade civil e empresas - para o desenvolvimento sustentável e inclusivo. Bellandi et al. (2021) avaliou três projetos implementados pelo Programa, onde todos incluíam a regeneração de espaços abandonados para a inserção de grupos sociais excluídos, porém um dos projetos incluía também a transferência de tecnologias através de técnicas agrícolas e cursos de capacitação para trabalhos autônomos. Apesar dos obstáculos enfrentados para a implementação dos projetos, dois deles tiveram resultados positivos em relação a confiança e construção de estratégias compartilhadas dos atores sociais com as parcerias, enquanto o projeto que incluía a capacitação e transferência de tecnologia, os atores sociais tiveram dificuldade de compreender e criar uma visão estratégica com as parcerias (Bellandi, et al., 2021). O resultado dessa pesquisa incita a reflexão sobre a complexidade de promover a inclusão social quando o objetivo é a transferência de tecnologia. A capacitação como

estratégia de transferência de tecnologia pode encontrar muitos obstáculos, como a forma de comunicação entre corpos sociais com diferentes saberes e culturas, além da validação do interesse e habilidade do grupo sociais que se apropria da tecnologia.

A ONU (1997) referiu-se à capacitação eficaz, aquela que parte de um desenvolvimento em que todos os atores que necessitam de fortalecimento de suas capacidades participem de forma cooperativa de todos os processos. Cita-se uma abordagem participativa de sucesso na transferência de tecnologia e capacitação de comunidades aborígenes nos Estados Unidos. Foi proposto um projeto de base tecnológica, através da formação multimídia de nove atores sociais de diferentes localidades, para a produção de materiais educacionais que contribuíssem para prevenção, identificação e tratamento de problemas de saúde específicos de suas comunidades (Dick, et al., 2007). A Universidade de Colorado em conjunto com órgãos públicos de saúde se uniu para fornecer ferramentas (reuniões, capacitação para produção multimídia, apoio técnico de profissionais de saúde, etc.) para que as próprias lideranças comunitárias interessadas desenvolvessem e produzissem os materiais, através de uma dinâmica cooperativa. Esse tipo de transferência de tecnologia pode ser considerada uma TS, ainda que aplicada em um contexto diferente dos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, também buscam a inclusão social pelas transferências de tecnologia.

Nessa perspectiva, a divulgação de C&T não deve se restringir aos meios de comunicação em massa, para que ela envolva o desenvolvimento de um processo educativo, participativo e cooperativo, é importante que a comunicação seja o mais direta possível (Matos , 2015). No Brasil, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, vem desenvolvendo TS e proporcionando a mudança do cenário social de várias famílias (Fundação Banco do Brasil , 2004). Cita-se dois programas de sucesso na transferência de tecnologia, o Programa Água Doce (PAD) e o Programa Saneamento Rural, ambos utilizando a tecnologia desenvolvida pela Embrapa. O primeiro utilizou um sistema de dessalinização como solução para escassez hídrica do Semiárido brasileiro. A implementação das máquinas de dessalinização só conseguiu prosperar quando transformou a aplicação da tecnologia convencional em TS, a partir do empoderamento e autogestão da comunidade local (Figura 1) (Costa & Abreu, 2013).



Figura 1 – Capacitação da população para processo de dessalinização
Fonte: EMBRAPA

A outra tecnologia desenvolvida pela Embrapa e apropriada pelo Programa Saneamento Rural, do Fundo Nacional de Saúde com o objetivo de promover melhoria da qualidade de vida da população rural é a fossa séptica biogestora. Desenvolveu-se um sistema de tratamento do esgotamento sanitário, abastecimento de água e o manejo de resíduos sólidos para as comunidades rurais (Figura 2) (Serafim & Dias, 2013).



Figura 2 – Fossas biogestoras
Fonte: EMBRAPA

A capacitação dos envolvidos foi fundamental para o sucesso do PAD, que inicialmente teve problemas com o abandono de equipamentos e a falta de manutenção (Costa & Abreu, 2013), assim. A Embrapa é responsável pela capacitação em programas de disseminação dessas tecnologias aos reprodutores, possibilitando assim, o desenvolvimento social (Serafim & Dias, 2013). Ambos os programas, só conseguiram sua consolidação a partir da participação social no processo, reforçando o discurso de que a interação com a população e a capacitação para a autogestão são fatores determinantes para solucionar os problemas socioeconômicos de uma comunidade e ainda reduzir os impactos ambientais.

No contexto das TT, as universidades têm como principal papel o de educador e provedor de pesquisas para domínio público (Bozeman, 2000). As parcerias entre essas instituições e empresas privadas, são claramente importantes para o desenvolvimento econômico e social de uma região ou país, mas não são a única forma de atuação das TT. Nos países em desenvolvimento, a presença de problemas mais básicos de saúde, educação e acesso a bens e serviços, trazem para as universidades um novo papel importante no desenvolvimento humano e social, na redução da pobreza (Kruss, 2012) e uso socialmente valioso do conhecimento (Arocena, et al., 2018). O papel das instituições públicas no desenvolvimento local deve-se basear nas transferências de tecnologias necessárias para a formação de capital social e humano, pela ótica do protagonismo social. As Universidades devem desenvolver um papel importante nesse processo, já que a obtenção de êxito na aplicação de TS está diretamente relacionada à racionalidade técnica, atributo das unidades de ensino e pesquisa.

No contexto das comunidades afetadas pela mineração, onde os danos relacionam-se a violação dos modos de vida, deve-se compreender que qualquer prática de recuperação socioeconômica e inclusão social emergente não é capaz de solucionar a raiz do problema, já que “todas as questões socioambientais que circundam a mineração são secundarizadas e silenciadas frente à imponência econômica da exploração mineral” (Passos, 2019). Ainda que seja importante responsabilizar as mineradoras pela geração de resíduos e pelos danos causados a essas comunidades, o direcionamento das universidades para essa questão é capaz de formar alianças engajadas na luta pela inclusão social, aumentando a capacidade de resistência e mudança de cenário dos grupos afetados (Milanez, et al., 2018).

Sabe-se que há um grande debate para diretrizes relacionadas à transferência de tecnologia pós desastre ou acidentes. Reverter os impactos socioeconômicos e ambientais gerados por esses eventos ainda é um grande desafio para os órgãos públicos e para a comunidade científica. As tecnologias convencionais produzidas na construção civil têm grande potencial para se transformarem em TS e conseqüentemente diminuir os impactos ambientais do setor mineral, melhorando a vida das comunidades.

3.3. Construção civil e desenvolvimento sustentável

Sabe-se que a construção civil é um dos principais setores industriais do país, responsável por grande geração de emprego, renda e desenvolvimento. Em 2017, esse setor foi responsável por 6,2% do PIB e representava 34% do total de indústrias no Brasil (FIBRA, 2017). Entretanto, nos últimos anos tem-se discutidos os importantes impactos ambientais que o setor promove, por ser um dos maiores consumidores de recursos naturais. Dessa forma, fazem-se necessárias ações imediatas e emergentes de aperfeiçoamento para o processo como um todo.

Entretanto, a construção civil possui grande demanda por recursos naturais. O impacto da demanda ambiental sobre esse setor não pode ser subestimado, a sustentabilidade surgiu com o objetivo de unir o desenvolvimento socioeconômico incluindo as questões ambientais (Elkington, 2012). A ONU, através da Agenda 2030, propõe 17 objetivos para se atingir um desenvolvimento sustentável (ODS):

1. Erradicação da pobreza
2. Fome Zero e Agricultura Sustentável
3. Saúde e Bem Estar
4. Educação de Qualidade
5. Igualdade de Gênero
6. Água Potável e Saneamento
7. Energia Acessível e Limpa
8. Trabalho Decente e Crescimento Econômico
9. Indústria Inovação e Infraestrutura
10. Redução das Desigualdades
11. Cidades e Comunidades Sustentáveis
12. Consumo e Produção Responsáveis

13. Ação Contra a Mudança Global do Clima
14. Vida na Água
15. Vida Terrestre
16. Paz, Justiça e Instituições Eficazes
17. Parcerias e Meios de Implementação

Nessa perspectiva, considerando que o setor da construção civil apresenta grande potencial para se tornar essencial reciclador de resíduos de outras indústrias, ele tem capacidade de contribuir diretamente com os objetivos 9, 11, 12, 13 e 16. Na comunidade científica, vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos com objetivo de incorporar resíduos da mineração como material prima destinada a produção de matrizes cimentícias para diversas aplicações (Mantilla, et al., 2017; Carrasco, et al., 2017; Morais, et al., 2021; Andrade, 2014). Barboza et al. (2019) aponta que apesar da incorporação da economia circular nos trabalhos relacionados ao reaproveitamento de resíduos industriais ser recente, há uma crescente preocupação com a gestão ambiental dos recursos naturais, constituindo uma nova forma produção de materiais ecologicamente corretos, reinseridos em um ciclo produtivo mais eficiente, desde a matéria prima até o consumo.

As possibilidades de redução dos resíduos gerados nos diferentes processos produtivos apresentam limites técnicos e objetivos, e, resíduos, portanto, sempre existirão. A reciclagem é uma oportunidade de transformação de uma fonte importante de despesa em uma fonte de faturamento ou, pelo menos, de redução das despesas de deposição. A empresa que investe em pesquisas que trabalham as etapas e processos de geração e reciclagem de seus resíduos, pode eliminar despesas com gerenciamento, cria novas oportunidades de negócios e proporcionar indireta ou diretamente a redução da extração de matéria prima, preservando assim, os recursos naturais limitados.

Estratégias para reaproveitamento dos resíduos de outras indústrias são propostas desde o reconhecimento dos problemas, tanto do setor industrial, quanto da construção civil. John et al. (1996) apresentou um esboço de metodologia para pesquisa e desenvolvimento de reciclagem de resíduos através de materiais de construção civil, que nos dias de hoje ainda são pertinentes:

1. caracterização física e química e da microestrutura do resíduo, incluindo o seu risco ambiental;

2. busca de possíveis aplicações dentro da construção civil, considerando as características do resíduo;
3. desenvolvimento de diferentes aplicações, incluindo seu processo de produção;
4. análise de desempenho frente as diferentes necessidades dos usuários para cada aplicação específica;
5. análise do impacto ambiental do novo produto, em uma abordagem “*cradle to grave*” (característica da economia circular), que necessariamente deve envolver avaliação de riscos à saúde dos trabalhadores e usuários.

É recomendável para o sucesso desta empreitada, que participe do processo de pesquisa e produção científica um especialista da indústria que gera o resíduo. Esse profissional será capaz de fomentar os pesquisadores de informações essenciais acerca das propriedades e composição do resíduo, amplitude da variabilidade de sua composição química e até mesmo julgar a possibilidade de alterar algum aspecto do processo produtivo gerador do resíduo, de forma a tornar a reciclagem mais competitiva (Zille, et al., 2007).

Nessa perspectiva, novas alternativas vêm sendo estudadas e viabilizadas pela construção civil, promovendo avanços em relação a gestão ambiental, principalmente relacionadas ao reaproveitamento dos rejeitos de barragem de minério de ferro (RBMF), proveniente do setor mineral brasileiro. Entretanto, para unir a sustentabilidade com o desenvolvimento social é necessário criar estratégias que incluam a sociedade no processo de desenvolvimento, produção e apropriação das tecnologias produzidas.

Na busca por desenvolvimento local e regional no Brasil, tem-se disseminado uma nova forma de produzir capital social, através de Arranjos Produtivos Locais (APLs). Segundo o SEBRAE (2014), os APLs não se desenvolvem a partir de contratos jurídicos, como comumente ocorre nos demais empreendimentos. Eles constituem-se como aglomerações de empresas, sejam elas de pequeno, médio ou grande porte, que se relacionam por meio de cooperação e aprendizagem em conjunto com outros atores sociais, como governo ou instituições de ensino e pesquisa. Cassiolato e Szapiro (2002) apontam que além do vínculo de cooperação, os APLs incorporam a capacitação e a inovação como fatores fundamentais para o desenvolvimento, principalmente para micro e pequenos empreendimentos.

Nessa perspectiva, iniciativas de APLs como estratégias de desenvolvimento social e mitigação dos impactos socioeconômicos e ambientais das comunidades afetadas pela mineração tem grande potencial para reconfiguração de cenário dos atores sociais. O reaproveitamento de resíduos minerais pela construção civil, poderia evitar desastres como os mencionados se alternativas e soluções mais racionais dedicadas à redução da geração e disposição dos rejeitos de mineração fossem adotadas (Peixoto, et al., 2013), incluindo estratégias que contemplassem não só armazenamento – como ainda se praticam na atualidade - mas sim a sua reciclagem e reutilização como alternativas capazes de criar possibilidades para a melhoria das condições de vida de grupos socialmente vulneráveis; ampliando a atuação da construção civil no desenvolvimento sustentável da Agenda 2030, acrescentando aspectos de inclusão e desenvolvimento social.

Segundo Sant’ana Filho et al. (2017), o Brasil tem potencial para consumir 2,5 milhões de toneladas de agregado miúdo para a produção de compósitos pré-moldados à base de cimento, os blocos intertravados (pavers). Considerando que já existem pesquisas que viabilizaram a utilização de rejeito de barragem de minério de ferro (RBMF) como agregado miúdo para produção de matrizes cimentícias (Peixoto, et al., 2013), as tecnologias desenvolvidas com esse resíduo têm grande potencial para serem transferidas às populações vulneráveis e se transformarem em TS, através de APLs habilitados à inclusão social.

3.3.1. Rejeito de Barragem de Minério de Ferro

O rejeito de barragem de minério de ferro (RBMF) é um subproduto do beneficiamento de minerais de grande valor econômico, que é disposto em barragens de contenção. A Figura 3 apresenta o fluxograma proposto por Luz et al. (2004) do processo de beneficiamento do minério que dá origem ao rejeito.

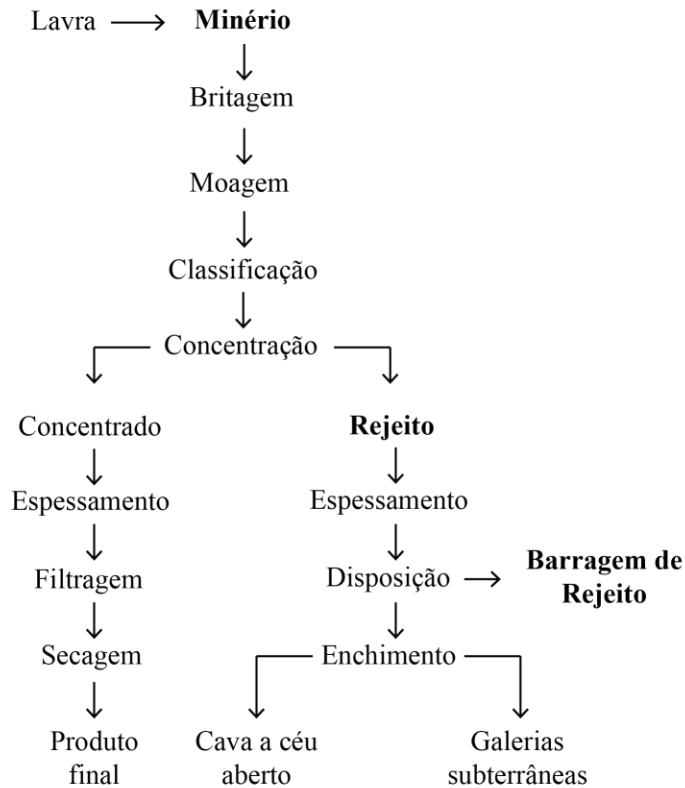


Figura 3 – processo de beneficiamento de minério
 Fonte: adaptado de Luz et al. (2004)

As propriedades físico-químicas do RBMF dependem do processo industrial utilizado no beneficiamento, como o tempo de moagem, a quantidade de água e o tipo de minério (Wolff, 2009). Além disso, o lançamento, a vazão e a concentração do rejeito nas barragens de contenção, faz com os grãos se alojem em locais diferentes, conforme suas formas e densidades (Presotti, 2002). Dessa forma, esse resíduo apresenta grande heterogeneidade (Fontes, 2013), e como consequência, as possíveis aplicações do RBMF na construção civil também são variadas, observando assim, a importância de se caracterizar esse material.

Os RBMF normalmente contêm de 30% a 50% de sólidos em peso (Hernandez, et al., 2005) e em geral são compostos por partículas ultrafinas, com dimensão inferior a 10µm (Wolff, 2009). A caracterização do rejeito revelou que esse material apresenta entre 33 a 59% de ferro (Mendes, et al., 2019; Defáveri, et al., 2019; Andrade, 2014) e as principais fases encontradas são hematita, goethita, caulinita e quartzo (Andrade, 2014).

Estudos observaram a viabilidade da substituição parcialmente (Franco , et al., 2014) e completa (Kuranchie, et al., 2015) da areia natural por RBMF em concretos. A mesma possibilidade de aplicação foi observada para a produção de argamassas de revestimento e assentamento (Fontes, 2013; Morais, et al., 2021), ladrilhos hidráulicos (Fontes, et al., 2018) e elementos pré-fabricados, como pavers (Sant’ana Filho, et al., 2017), blocos de alvenaria (Batista, et al., 2016).

Como mencionado, o RBMF normalmente possui partículas muito finas, dessa forma, foi observado a viabilidade da sua utilização como pigmento (Magalhães, et al., 2020) e na substituição de argilas para fabricação de cerâmicas (Cabral Junior, et al., 2008). Os trabalhos que apresentaram a classificação do RBMF de acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004), indicaram o rejeito como classe II-A, não inerte e não perigoso, e assim, além da viabilidade técnica da produção de matrizes com esse resíduo, foi comprovada a viabilidade ambiental.

Como citado, as pesquisas desenvolvidas na construção civil viabilizam a utilização do RBMF como agregado miúdo, material cimentício suplementar e pigmento para produção de matrizes cimentícias. A transferência dessas tecnologias para as comunidades, em formação de APLs, tem grande potencial de produzir capital financeiro e social e reconfigurar o cenário de grupos vulneráveis. Esses argumentos se tornam ainda mais tangíveis quando se considera a estabilidade da demanda por materiais de construção, em que 50% da composição de vendas da indústria são para varejo e atacado (ABRAMAT, 2018). Adicionalmente, o fator sustentável da produção desses de materiais reciclados incorpora valores intangíveis, como a ideologia ambiental e a expressão social. Fontes et al. (2018), em sua pesquisa sobre produção de ladrilhos hidráulicos substituindo os agregados por RBMF, produziu uma análise de valor emocional, social e ambiental entre pessoas e produtos e obteve resultados positivos para a incorporação desse material no mercado.

4. METODOLOGIA

Tendo em vista a viabilidade para produção de artefatos para a construção civil a partir da reinserção dos RBMF na cadeia produtiva da construção civil, a metodologia proposta para a pesquisa mapeou 27 cidades atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão (APQ-05395-18, Edital FAPEMIG 2016) para identificar as necessidades das comunidades; selecionar as cidades

com potencial para implementação das tecnologias propostas; identificar os multiplicadores; identificar a vocação das comunidades; propor estratégias de desenvolvimento socioeconômico dessas comunidades a partir de APLs utilizando o rejeito proveniente do rompimento da barragem de Fundão, em Mariana-MG.

A Figura 4 apresentada a seguir, ilustra esquematicamente as 3 etapas propostas para a metodologia de desenvolvimento desse trabalho.

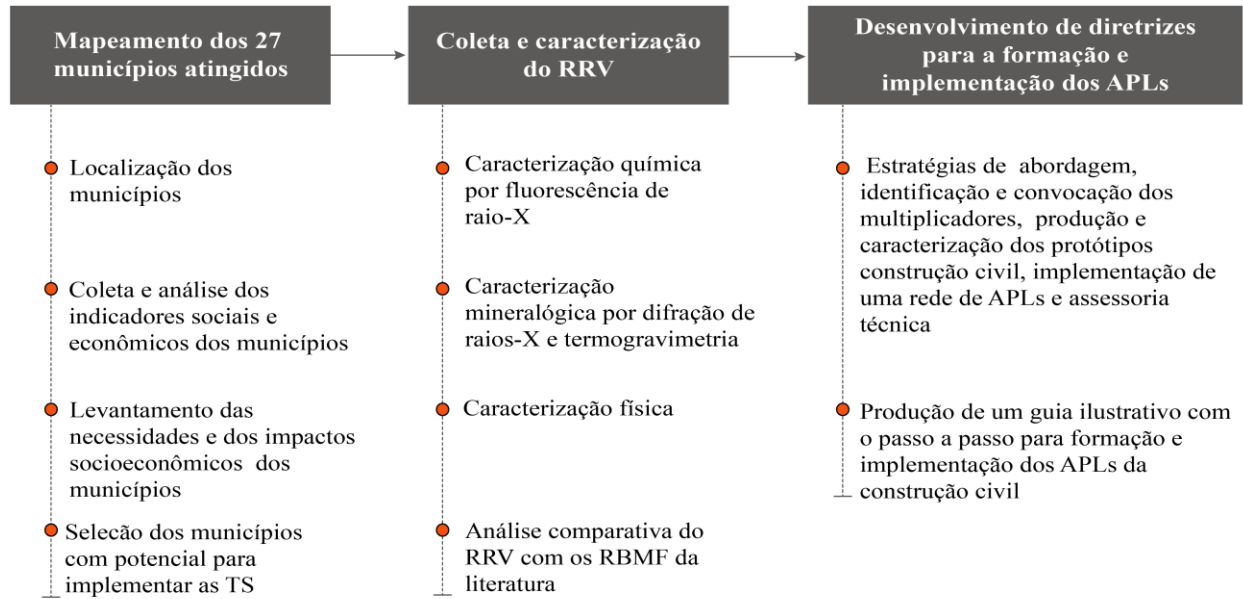


Figura 4 – Fluxograma das etapas de desenvolvimento da pesquisa

4.1. Mapeamento dos 27 municípios atingidos

A relação das cidades que foram objeto de estudo dessa pesquisa encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Cidades selecionadas como objeto de estudo

Cidades			
1	Mariana	15	Coronel Fabriciano
2	Barra Longa	16	Ipatinga
3	Rio Doce	17	Ipaba
4	Ponte Nova	18	Belo Oriente
5	Santa Cruz do Escalvado	19	Naque
6	Rio Casca	20	Periquito
7	São Pedro dos Ferros	21	Alpercata
8	Sem-Peixe	22	Governador Valadares
9	Raul Soares	23	Tumiritinga
10	São José do Goiabal	24	Galiléia
11	São Domingos do Prata	25	Conselheiro Pena
12	Nova Era	26	Resplendor
13	Antônio Dias	27	Aimorés
14	Timóteo		

4.1.1. Localização dos municípios atingidos

O mapeamento inicial das comunidades foi realizado a partir da localização dos 27 municípios que estivessem na área de influência dos cursos hídricos atingidos pelo rompimento da barragem, sendo eles rio Gualaxo do Norte, rio do Carmo e rio Doce.

4.1.2. Coleta e análise dos indicadores sociais e econômicos dos municípios atingidos

Na sequência, realizou-se um estudo para melhor compreender as características sociais e econômicas das 27 cidades, bem como os impactos do rompimento da barragem de Fundão em cada uma delas. Foram coletados e analisados os indicadores sociais e econômicos disponibilizados pela coletânea do Censo Demográfico do IBGE. O uso de indicadores tradicionais para essa avaliação se deu por falta de indicadores sustentáveis disponíveis.

Compreendem os indicadores sociais aqueles que contemplam as características que indicam o acesso a bens e serviços, qualidade de vida, níveis de bem-estar e efetivação dos direitos

humanos (IBGE, 2021). Compreendem os indicadores econômicos aqueles que contemplam características de desenvolvimento socioeconômico de uma população (IBGE, 2021).

Foram selecionados para avaliar o indicador social nas 27 comunidades:

- população – número de habitantes que residem na cidade;
- o índice de desenvolvimento humano (IDH) – indicador da relação entre expectativa de vida, índice de alfabetização e PIB per capita;
- incidência de pobreza (IP) – indicador de acesso da população a bens e serviços relacionados aos direitos humanos;

Foram selecionados para avaliar o indicador econômico nas 27 cidades:

- Produto Interno Bruto (PIB) per capita – soma dos bens e serviços produzidos por uma cidade dividido pelo número de habitantes;
- Salário Médio Mensal (SMM) – indicador do salário médio mensal dos trabalhadores formais;
- População Ocupada (PO) – indicador de trabalhadores formais;
- Índice de Gini (IG) - grau de concentração de renda em determinado grupo social (desigualdade).

4.1.3. Avaliação de impacto socioeconômico e ambientais e das necessidades das comunidades

No segundo momento, buscou-se contato com órgãos públicos de assistência social para que se pudessem identificar ou levantar hipóteses que incluíssem as necessidades, interesses e vocações/competências das comunidades para identificação das potenciais localidades para implementação das TS.

Para avaliação dos impactos socioeconômicos e ambientais e também das atividades econômicas desenvolvidas pelas comunidades, foi realizada uma análise do relatório do Grupo Força-Tarefa (2016), criado pelo Governo de Minas para avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento das Barragens de Fundão e Santarém. Devido a pandemia mundial do Coronavírus, não foi possível realizar o contato presencial com as comunidades para avaliação efetiva dos

impactos e necessidades vigentes nas populações afetadas. Realçada relevância da comunicação com os grupos de estudo e considerando as severas (e necessárias) restrições impostas pela pandemia de COVID-19, optou-se por uma avaliação com aplicação de questionário nas Secretarias de Desenvolvimento e Assistência Social dos 27 municípios, para levantamento de hipóteses das necessidades dessas comunidades. O questionário desenvolvido é apresentado na Tabela 4.

Tabela 3 – Questionário aplicado nas secretarias de desenvolvimento e assistência social dos municípios

Questionário
1. Qual a influência do rompimento da barragem de Fundão para o município?
2. Como o município lida com essas influências?
3. Houveram ações de assistência por parte dos agentes? Se sim, quais?
4. Quais as necessidades sociais observadas em sua cidade pós incidente?
5. Qual a atividade econômica mais importante pra cidade?

Inicialmente houve uma baixa aderência das cidades em resposta ao questionário. Buscando solucionar essa questão, a Fundação Renova ofereceu com o auxílio na aplicação dos questionários via e-mail. As respostas obtidas encontram-se no Anexo I.

4.1.4. Seleção dos municípios com potencial para implementação de TS

O conjunto de dados obtidos da estratégia de mapeamento das comunidades e respostas do questionário, serviram de base para as discussões e seleção das comunidades com potencial para incorporar as propostas para transferências de tecnologias bem como para o desenvolvimento das propostas de implementação para os APLs e estabelecimento das TS, que incluem produção de matrizes cimentícias.

4.2. Coleta e caracterização do RRV

Inicialmente estudou-se a possibilidade de utilização deste RBMF depositado ao longo da bacia do Rio Doce, como material inerte em substituição aos materiais naturais - agregados e *fillers* – associado à vocação dos atores sociais das cidades elencadas. Entretanto, devido às restrições impostas pela pandemia Covid-19, não foi possível realizar a coleta das amostras, ao longo da Bacia do Rio Doce. Como medida mitigatória, optou-se por coletar o rejeito proveniente do

rompimento da barragem de Fundão disponibilizado pela Fundação Renova (RRV), armazenado na área de depósito de material excedente (ADME), localizada no município de Barra Longa, e assim, seguir com os estudos propostos para determinação da possibilidade para aplicação desse resíduo como substituição aos materiais naturais convencionalmente utilizados na construção civil.

O ponto de coleta para os rejeitos da Fundação Renova (RRV) instalado no município de Barra Longa/MG foi determinado pela Fundação em virtude da viabilidade de acesso e todo procedimento foi gerido e executado pela Fundação RENOVA e assistido pelo grupo de pesquisa Reciclos-CNPq, considerando ações de segurança sanitária impostas para a retirada das amostras. Foi realizada uma limpeza do material de superfície (camada de proteção de argila de 20cm de profundidade) e coletada a amostra à uma profundidade de 40 cm. O material coletado foi acondicionado em recipiente plástico, hermeticamente fechado e transportado ao LMC² – UFOP/Reciclos-CNPq para realização da caracterização física química e mineralógica.

4.2.1. Caracterização química

As amostras do RRV foram secas em estufa por 72h à 100°C, destorroadas, quarteadas e armazenadas para caracterização física, química e mineralógica. A caracterização química do RRV foi conduzida utilizando-se a técnica de fluorescência de raios-X (PANalytical Epsilon3x), nas amostras representativas dos agregados de RRV, devidamente cominuídas (passante na peneira de 75 µm) em almofariz manual.

4.2.2. Caracterização mineralógica

A caracterização mineralógica do RRV foi obtida pela técnica de difração de raios-X (Bruker D2 Phaser), radiação com tubo de CuK α , tensão de 45kV, 30mA, 2 θ variando de 5 a 70°, passo e tempo por passo respectivamente, 0,0180° e 1 segundo. As amostras foram devidamente cominuídas (passante na peneira de 45 µm) em almofariz de porcelana, manualmente.

Foi realizado ensaio de termogravimetria para calibração do resultado obtido da difração de raios-X. Para esse ensaio foi utilizado o equipamento Shimadzu DTG-60 e os testes foram realizados em um ambiente inerte, com atmosfera de N₂ (25mL / min.), com uma faixa de temperatura de 25 a 1100°C, em uma taxa de aquecimento de 10°C/min.

4.2.3. Caracterização física

Devido ao tempo de exposição dos rejeitos na ADME pós rompimento, optou-se por realizar ensaio para identificar o teor de argilas em torrões e materiais friáveis (ABNT, 2010) e ensaio de perda ao fogo para identificação de óxidos de carbono como indicação da presença de matéria orgânica. Essa análise foi realizada em forno mufla, com aquecimento de 10°C por minuto, até atingir a temperatura de 1000°C, por 2h. Foram realizados ensaios de massa específica e unitária do RRV segundo a NBR NM 52 (2009) e a NBR NM 45 (2006).

As frações do RRV foram segregadas e caracterizadas para avaliar sua possível utilização como agregados para produção de matrizes cimentícias (concreto/argamassa) tintas, ladrilhos hidráulicos, blocos para pavimentos, ou outros, de acordo com a NBR NM 248 (2003). A fração mais fina do RRV, definida como *filler* de RBMF, foi caracterizada de forma semelhante aos agregados de RBMF. A determinação da distribuição granulométrica das partículas passantes na peneira de 1,2 mm, foi realizada utilizando a técnica de granulometria por difração de laser (Bettersize 2000).

4.2.4. Análise comparativa do RRV com os RBMF da literatura

Em conjunto com os resultados da caracterização do material, foi realizada uma análise comparativa do RRV com os RBMF da literatura para a produção dos diferentes compósitos utilizados na construção civil, e assim, avaliar a viabilidade da utilização do rejeito coletado em Barra Longa para a produção de matrizes cimentícias. Essa análise é apresentada após exposição dos resultados e discussão de cada etapa de caracterização (química, mineralógica e física) do material coletado (RRV).

Foram selecionados trabalhos de referências que utilizaram rejeitos da mineração como agregados, materiais cimentícios suplementares (MSC) e pigmentos para a produção de compósitos da construção civil. A Tabela 4, apresenta os parâmetros elencados para selecionar os artigos de referências.

Tabela 4 - Parâmetros para seleção dos artigos

Parâmetros para seleção dos artigos	Palavras-chaves	Iron ore tailings; concrete; mortars; pavers; cement tiles; pigment
	Plataformas de busca	Scopus; Google Scholar
	Ano dos artigos	2015-2020

Foram selecionados os trabalhos que desenvolveram os seguintes materiais de construção com RBMF: concreto (microconcreto e concreto estrutural), argamassa (de assentamento e revestimento), pré-moldado (paver e blocos estrutural), ladrilho hidráulico e tinta. Esses materiais de construção foram selecionados por terem uso consolidado e trabalhos de referências reconhecidos que utilizaram o RBMF como agregado, material cimentício suplementar e pigmento nas matrizes cimentícias.

Após a seleção dos artigos, foram produzidos gráficos e tabelas com as principais características dos RBMF utilizados pelos trabalhos, como critério de comparação e análise para validação do uso do RRV. Para cada compósito, foram selecionados 2 artigos, exceto para ladrilho hidráulico, em que só foi encontrado um trabalho na literatura internacional. Apesar das análises realizadas compararem diferentes RBMF, para melhor visualização dos gráficos, a denominação das amostras de RBMF dos trabalhos de referência foi dada de acordo com o compósito desenvolvido. A Tabela 5 apresenta os materiais de construção, a aplicação do RBMF, a nomenclatura adotada para as amostras de RBMF e as referências selecionadas para análise.

Tabela 5 - Produtos da construção civil e artigos selecionados para análise comparativa

Tabela 6 – Produtos	Aplicação	Nomenclatura para o RBMF	Referências
Concreto	MSC	Concreto 1	(Carvalho, et al., 2019)
Concreto	Agregado miúdo	Concreto 2	(Shettima, et al., 2016)
Argamassa	Agregado miúdo	Argamassa 1	(Mendes, et al., 2020)
Argamassa	Agregado miúdo	Argamassa 1	(Carrasco , et al., 2017)
Pré-moldado	Agregado miúdo	Pré-moldado 1	(Sant’ana Filho, et al., 2017)
Pré-moldado	Agregado miúdo	Pré-moldado 2	(Mantilla, et al., 2017)
Ladrilho Hidráulico	Agregado miúdo	Ladrilho hidráulico	(Fontes, et al., 2018)
Tinta	Pigmento	Tinta 1	(Galvão , et al., 2018)
Tinta	Pigmento	Tinta 2	(Fontes, et al., 2018)

Apesar da crescente demanda e interesse da incorporação desse resíduo na construção civil, poucos artigos abordam sua utilização direta para compósitos cimentícios. Nessa perspectiva, acredita-se que a metodologia proposta e o agrupamento dos dados obtidos pela revisão dos artigos selecionados, possa ter uma contribuição científica importante.

4.3. Diretrizes para as propostas de formação e implementação dos APLs da construção civil

A revisão de literatura desenvolvida fundamentou a elaboração de diretrizes quais pudessem auxiliar as universidades, em conjunto com as comunidades afetadas pela mineração, na construção de estratégias de desenvolvimento e inclusão social. Nessa perspectiva, propôs-se diretrizes para implementação dos APLs da construção civil. Foram abordados aspectos para o desenvolvimento de TS mitigatórias aos impactos socioeconômicos do rompimento da barragem de Fundão, sendo elas: estratégias de abordagem, identificação e convocação dos multiplicadores, produção e caracterização dos protótipos, implementação de uma rede de APLs e assessoria técnica. Por fim, foi realizado um guia didático e ilustrativo com o passo a passo das fases descritas para a formação dos APLs. Acredita-se que esse material possa contribuir para futuros trabalho na promoção de TS através dos APLs.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, inicialmente apresentam-se o mapeamento das 27 cidades, bem como a seleção das cidades potenciais para implementação das TS. Em seguida, será apresentada a caracterização do RRV e discussão sobre as possibilidades sua utilização para a produção de compósitos da construção civil em APLs.

5.1 Mapeamento das comunidades

5.1.1. Localização dos municípios atingidos

A Figura 5 apresentada a seguir, indica a localização dos 27 municípios selecionados para o presente estudo, bem como a distância das cidades aos principais corpos hídricos atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão. Adicionam-se ao levantamento, as principais vias rodoviárias de acesso às cidades. Destacam-se no mapa, a cidade de Bento Rodrigues (distrito de Mariana) onde ocorreu o rompimento e os rios Gualaxo do Norte, Rio do Carmo e Rio Doce, principais vias fluviais afetadas.

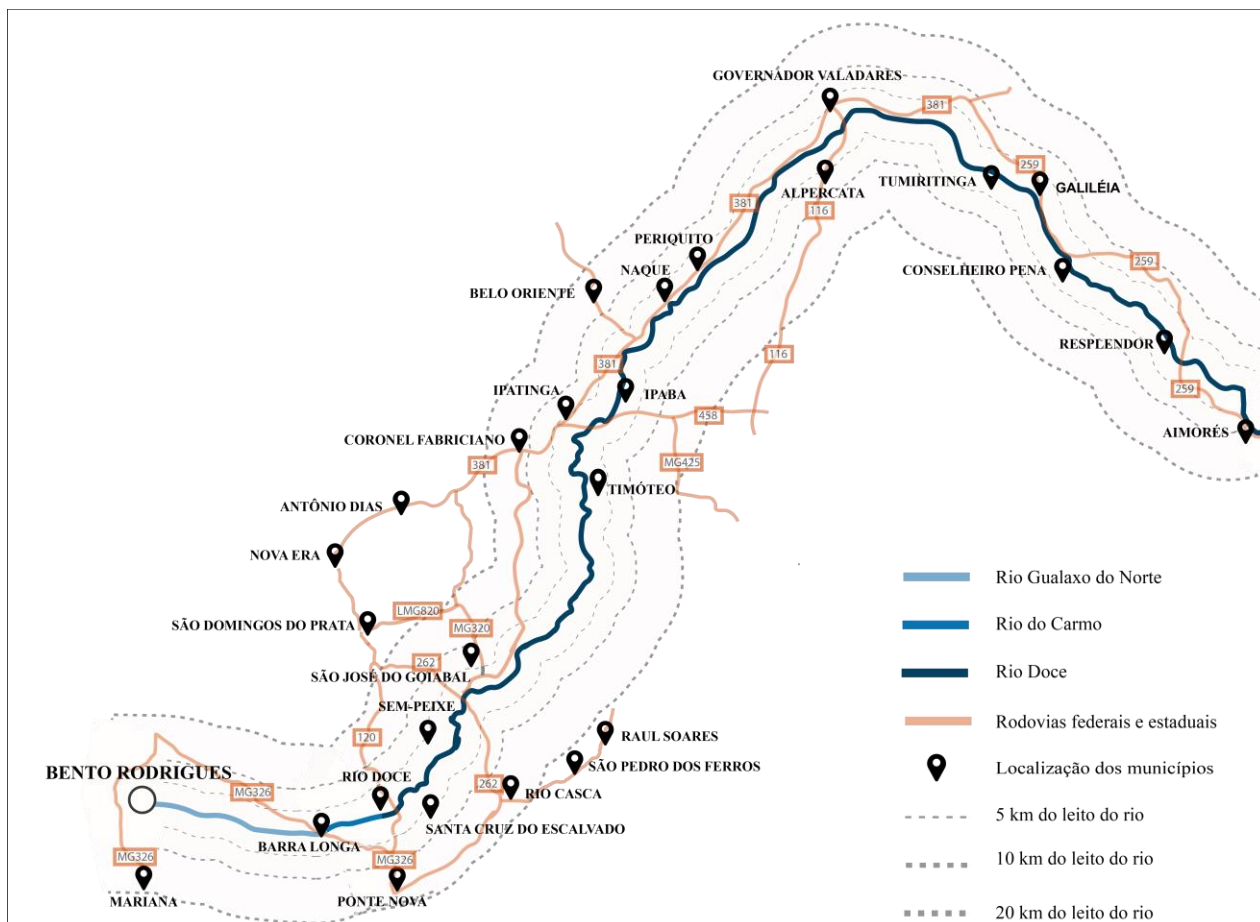


Figura 5 - Mapa de localização dos municípios

O mapeamento das comunidades revela que 5 cidades se encontram a mais de 20 km dos corpos hídricos atingidos, são elas: São Pedro do Ferros, Raul Soares, São Domingos do Prata, Nova Era e Antônio Dias. Essas cidades estão a montante do Rio Doce, por isso talvez, esses municípios sofreram menores impactos ambientais com o rompimento se comparados àqueles municípios que se encontram a distâncias menores dos corpos hídricos; Barra Longa, Rio Doce, Ipaba, Naque, Periquito, Tumiritinga, Galiléia, Resplendor e Aimorés. Adicionalmente a essa observação é possível identificar que todas as cidades possuem fácil acesso a rodovias federais, estaduais, e segundo o mapa rodoviário de Minas Gerais de 2017, todas as rodovias de comunicação entre os municípios são pavimentadas.

5.1.2 Coleta e análise dos indicadores sociais e econômicos dos municípios atingidos

Os indicadores sociais e econômicos selecionados para mapear os municípios foram retirados do censo IBGE e classificados em uma escala de cores do laranja ao cinza representando


respectivamente, os piores e melhores índices comparativos entre as cidades. A Ordem de apresentação das cidades foi determinada de acordo com a Incidência de Pobreza (IP), do pior ao melhor IP. Esse índice foi escolhido por indicar o nível de vulnerabilidade social das cidades e ter uma boa correlação com os outros indicadores. O número de habitantes apresenta-se apenas como um dado quantitativo, uma vez que não pode ser avaliado como um parâmetro quantitativo dentro da análise de indicadores. Os dados obtidos são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Indicadores sociais e econômicos

Cidade	INDICADORES SOCIAIS			INDICADORES ECONÔMICOS			
	População (2010)	IP (2003)	IDH (2010)	PIB per capita (2017)	SMM (2017)	PO (2017)	IG (2003)
Naque	6.996	55,51	0,675	9.900,73	1,5	10,10%	0,36
Tumiritinga	6.732	53,19	0,626	8.063,40	1,2	7,80%	0,43
Periquito	6.810	49,59	0,651	10.284,60	1,3	10,20%	0,36
Ipaba	18.607	48,96	0,665	8.034,81	1,5	10,20%	0,36
Belo Oriente	26.700	45,65	0,686	78.971,91	3	27,70%	0,38
São José do Goiabal	5.420	43,48	0,666	9.600,04	1,7	10,80%	0,42
Antônio Dias	9.318	43,33	0,645	19.653,00	2	18,80%	0,41
Conselheiro Pena	22.921	40,65	0,662	12.922,61	2,1	9,50%	0,44
São Pedro dos Ferros	7.781	40,02	0,659	13.455,43	1,7	13,40%	0,4
Rio Casca	13.564	39,36	0,650	12.972,65	1,6	14,10%	0,41
Galiléi	6.817	38,09	0,654	11.801,87	1,5	10,30%	0,38
Ponte Nova	59.742	37,82	0,717	27.330,95	1,8	29,10%	0,39
Sem-Peixe	2.633	36,02	0,654	10.777,22	1,7	11,10%	0,37
Resplendor	17.397	35,66	0,670	12.525,82	1,7	17,00%	0,43
Raul Soares	23.726	35,58	0,655	12.001,83	1,8	11,60%	0,43
Aimorés	25.167	35,13	0,684	16.877,78	1,8	13,00%	0,43
São Domingos do Prata	17.359	34,38	0,690	13.557,94	1,6	13,20%	0,47
Barra Longa	5.131	33,99	0,624	12.381,61	1,7	8,90%	0,43
Nova Era	17.578	33,15	0,709	17.869,48	2,1	26,40%	0,41
Mariana	60.724	32,06	0,742	48.407,28	2,3	26,10%	0,42
Santa Cruz do Escalvado	4.758	31,31	0,625	9.823,43	1,9	9,40%	0,39
Alpercata	7.424	29,64	0,646	10.483,45	1,5	11,60%	0,34
Rio Doce	2.610	26,39	0,664	13.716,88	2	12,70%	0,36
Governador Valadares	279.885	24,64	0,727	20.957,24	2	22,60%	0,41
Coronel Fabriciano	109.855	21,17	0,755	14.942,92	1,8	16,80%	0,38
Timóteo	89.842	21,07	0,770	32.349,07	2,5	20,80%	0,4
Ipatinga	263.410	15,81	0,771	36.993,39	2,4	27,10%	0,38
Minas Gerais		20,90	0,731	29.223,22	1,3	65,10%	0,48

IDH - Índice de desenvolvimento Humano
IP - Incidência de pobreza
PIB - Produto Interno Bruto

SMM - Salário médio mensal
PO - População ocupada
IG - Índice de gini



MELHORES ÍNDICES PIORES ÍNDICES

Os indicadores de Minas Gerais foram apresentados na Tabela 6 para critério de comparação. Nota-se que apesar da grande disparidade entre os valores de IDH, PO do estado

em relação às cidades, ele apresenta o maior grau de desigualdade (IG), o que pode estar relacionada com o baixo valor do SMM. No geral, os melhores índices encontram-se na parte inferior e os piores na parte superior da Figura, indicando correlação destes indicadores com a IP. A Figura 6 apresenta um mapa que destaca os municípios ranqueados segundo melhores e piores indicadores relacionados na Tabela 6, identificados por uma legenda.

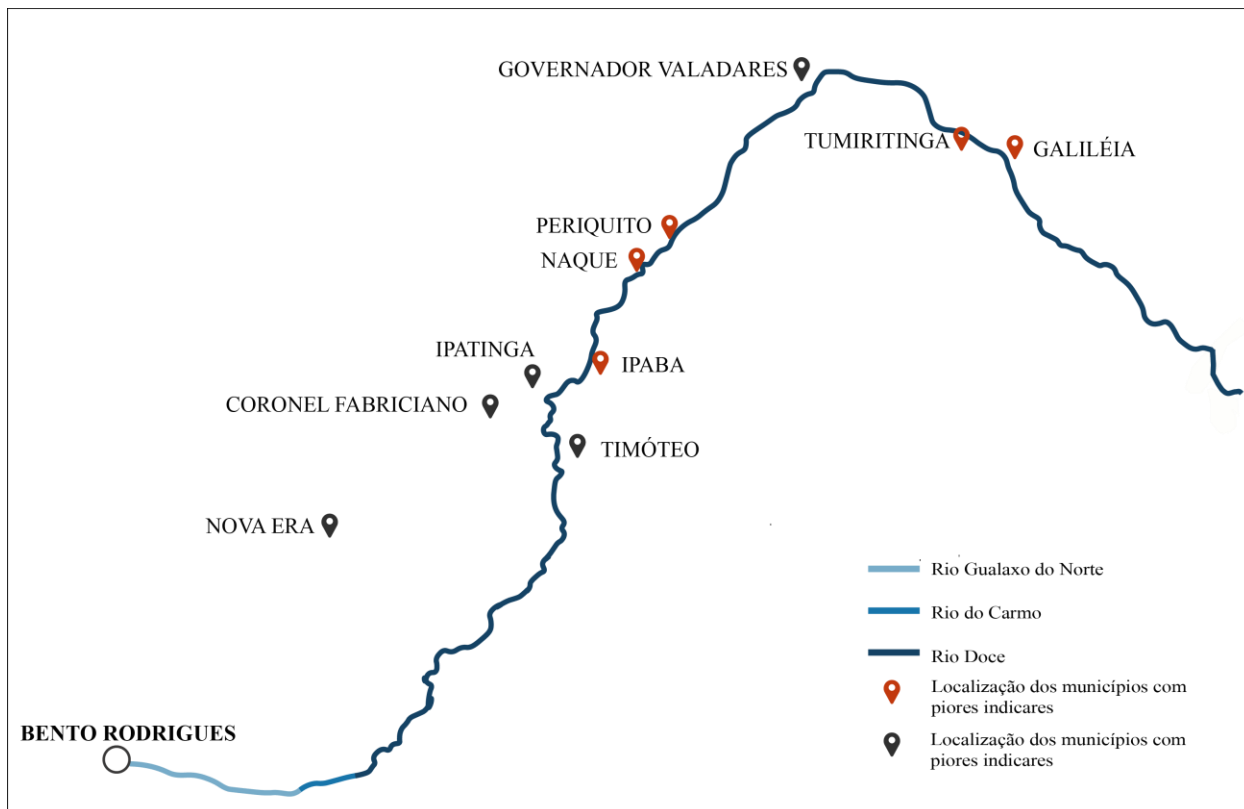


Figura 6 - Municípios com os piores e melhores índices em geral

As cidades elencadas segundo conjuntos de indicadores, encontram-se próximas ao leito do Rio Doce, exceto Nova Era e Coronel Fabriciano que se encontram a mais de 10km do Rio. A análise do conjunto dos indicadores permite direcionar propostas para as ações mitigatórias mais emergenciais para aquelas cidades situadas em região de provável influência da mancha criada pelos rejeitos lançados nos corpos hídricos, pelo rompimento da barragem. No entanto, não há correlação aparente entre a localização dos municípios e os indicadores determinados.

Os indicadores são apresentados em diferentes escalas pelo censo do IBGE, que tornam análise comparativa menos equivalente. Para melhor análise comparativa dos dados, realizou-se

uma normalização paramétrica dos indicadores. A Figura 7 apresentada a seguir apresenta a linha de tendência dos valores de cada indicador plotados em ordem decrescente.

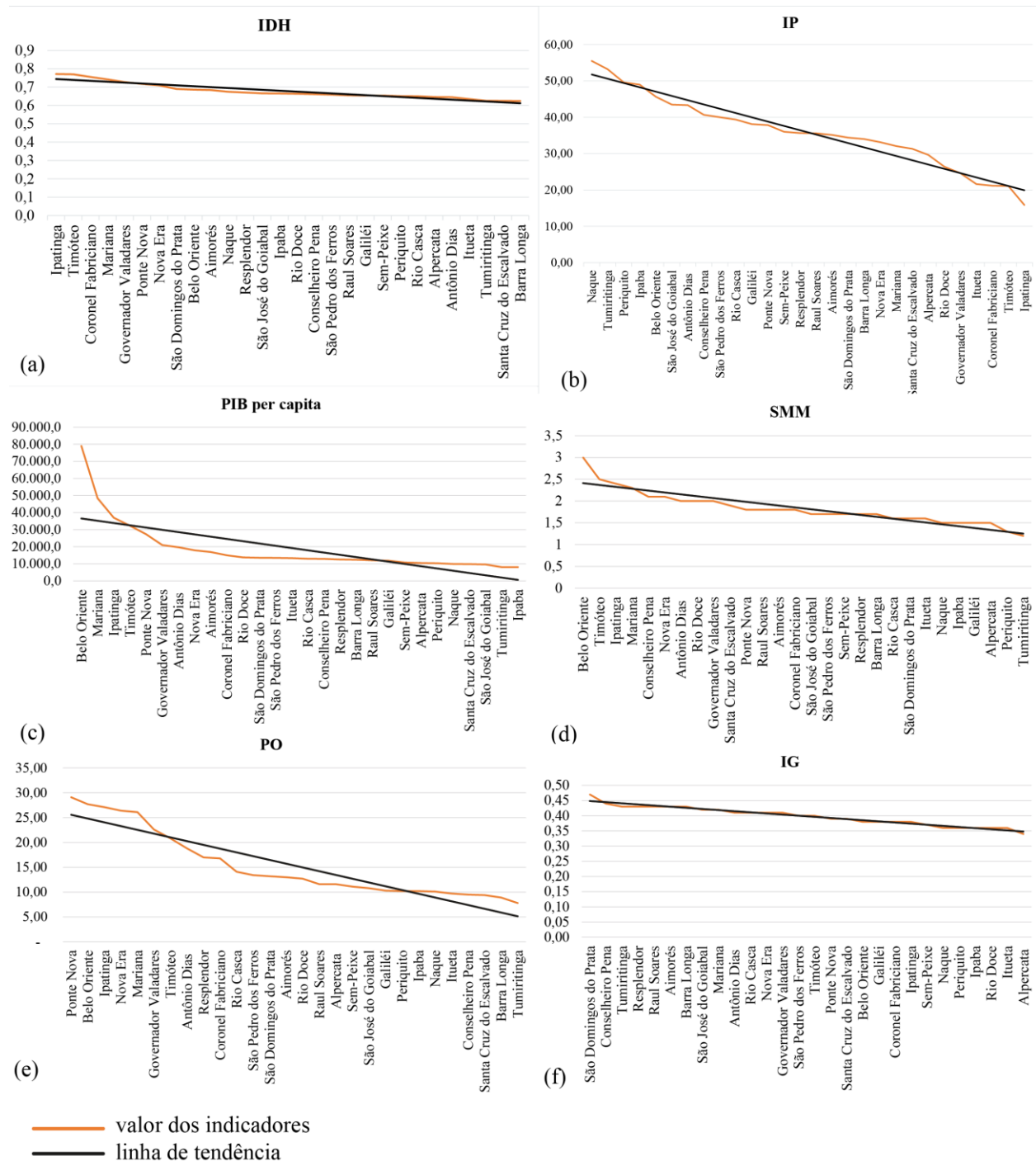


Figura 7– Linha de tendência de cada indicador

Observa-se que a linha de tendência para todos os indicadores foi uma reta, dessa forma os valores coletados para os indicadores foram normalizados por uma função do tipo $f(x) = ax + b$, considerando intervalo de $0 \leq f(x) \leq 10$, em que $f(x_{\text{piorvalor}}) = 0$, para x igual ao pior valor de cada indicador, e $f(x_{\text{melhorvalor}}) = 10$, para x equivalente ao valor do indicador analisado. O processo de normalização da PO, que retornou melhor valor 29,1 e o pior valor 7,8, é descrito abaixo.

$$a(7,8) + b = 00 = f(x_{\text{piorvalor}}) \quad \text{Eq. 1}$$

$$a(29,1) + b = 10 = f(x_{\text{melhorvalor}}) \quad \text{Eq. 2}$$

Substituindo a Eq. 1 na Eq. 2, encontra-se a equação de normalização da PO, descrita pela Eq. 3, onde x é o valor de PO para cada cidade e y é o índice normalizado de PO_n .

$$(0,271)x + 2,114 = y \quad \text{Eq. 3}$$

Esse processo de normalização paramétrica foi aplicado a todos os indicadores. A Figura 8, apresenta os resultados da normalização para todos os indicadores analisados.

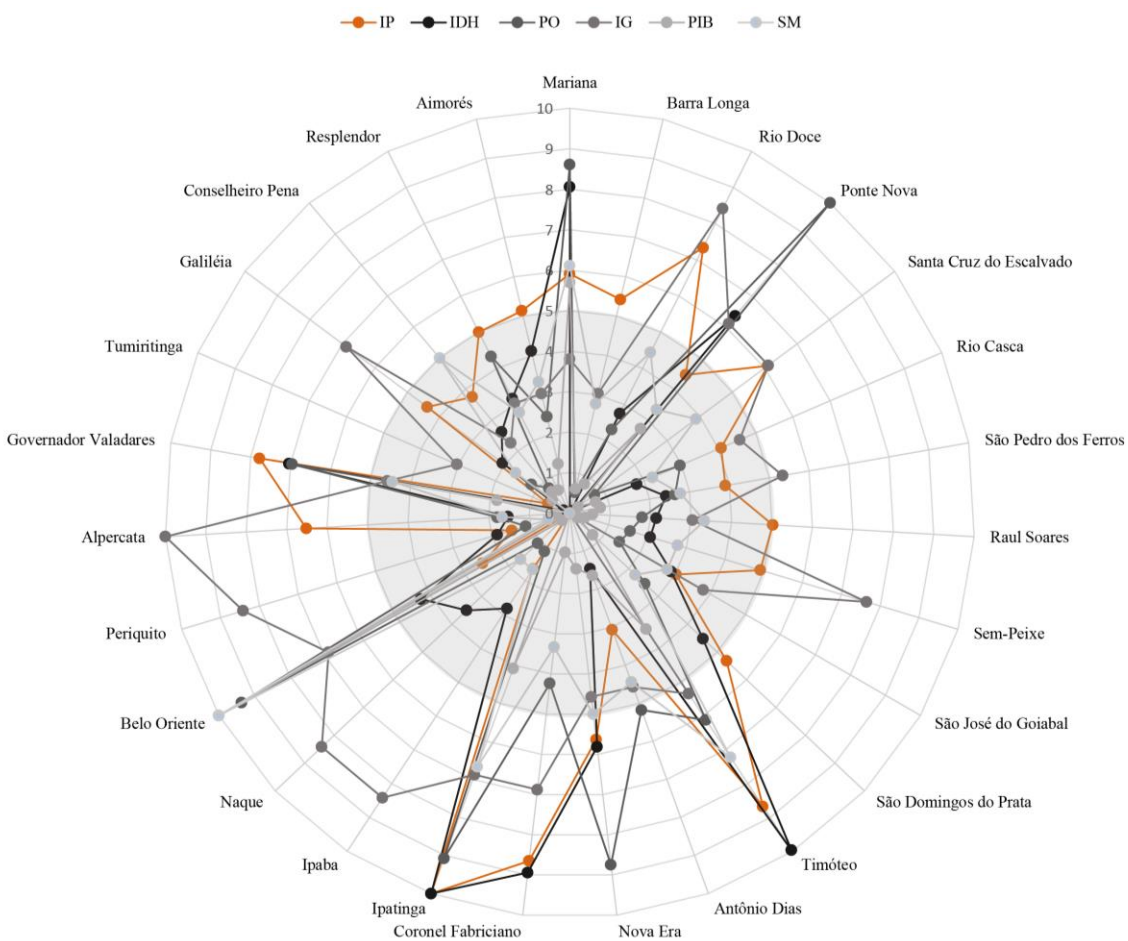


Figura 8 – Sobreposição dos indicadores normalizados

Nota-se pela Figura 8 que em geral os indicadores normalizados de todas as cidades se concentraram na faixa abaixo de 5, indicando que a maior parte dos municípios analisados apresentam problemas sociais e econômicos. Análise dos indicadores IDH_n , PO_n , PIB_n e SMM_n ; mostra que 70% das cidades encontram-se com índices abaixo de 5.

A disparidade provocada na análise paramétrica pelo elevado valor do PIB de Belo Oriente, descortina valores para o PIB muito baixos para o grupo de cidades analisados. A análise dos indicadores mostra ainda que Belo Oriente, mesmo possuindo elevado PIB ostenta elevada concentração de renda representados pelos indicadores IP_n e IG_n .

A Figura 9, apresenta a sobreposição dos indicadores de IP_n , IDH_n e PO_n . para todos 27 municípios.

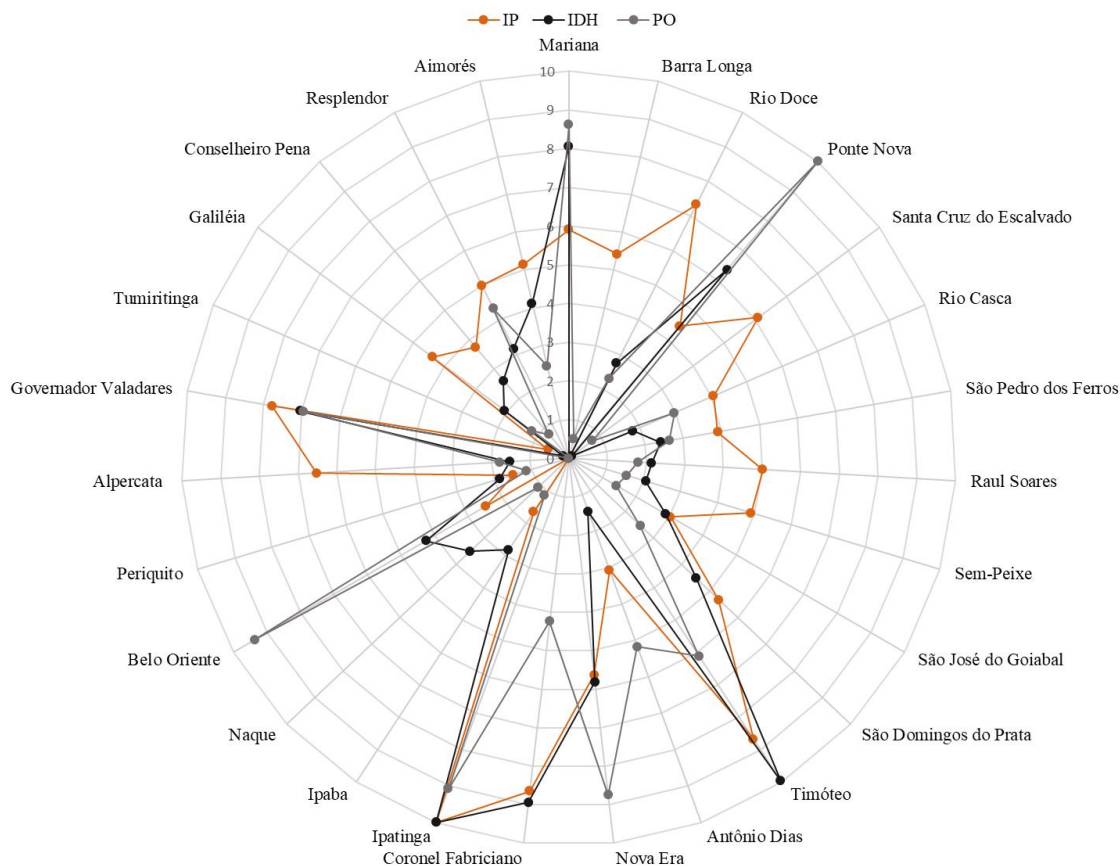


Figura 9 - Sobreposição da incidência de pobreza, índice de desenvolvimento humano e população ocupada

As cidades de Barra Longa e Santa Cruz do Escalvado, apesar da baixa IP_n , apresentaram os piores IDH_n , e presume-se que esse fato esteja relacionado ao baixo percentual de PO_n , ao contrário do que acontece com as cidades com maiores IDH_n como Ipatinga e Timóteo, que se destacam pelos maiores percentual de PO_n .

A Figura 10 apresenta a sobreposição dos indicadores de IP_n , IDH_n , IG_n e SMM_n para todas as cidades.

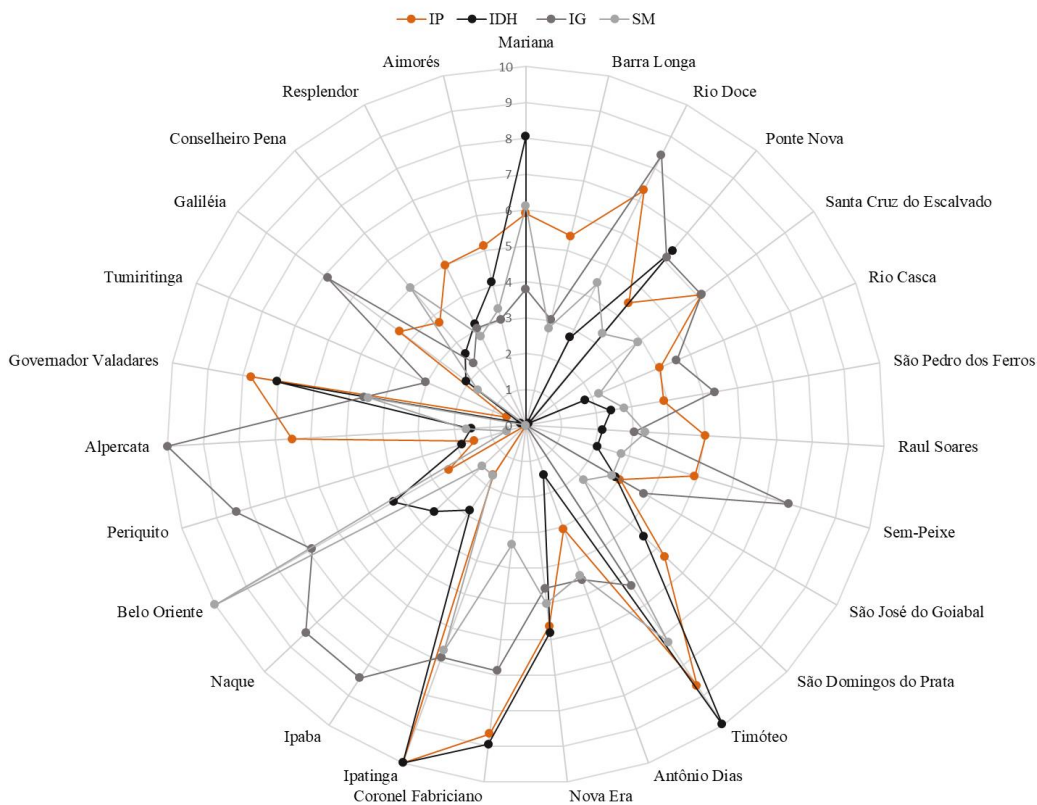


Figura 10 - Sobreposição da incidência de pobreza, índice de desenvolvimento humano e índice de gini e salário médio mensal

O município de Naque apesar de apresentar a maior IP_n entre as cidades, possui bons índices relacionados ao IDH_n e IG_n , isso indica que não há uma grande concentração de renda em um determinado grupo social (desigualdade). No entanto percebe-se que a maior parte da população se encontra em situação de vulnerabilidade social. São Domingos do Prata apresentou uma IP_n relativamente baixa e o IDH_n elevado, apesar do maior grau de desigualdade. Análise dos indicadores mostra que a baixa valorização salarial na cidade poderia ter influência no alto valor do IG_n .

A análise das Figuras 8, 9 e 10, permite inferir que a IP tem influência significativa em outros indicadores. No entanto os números apresentados representam cidades, e essas possuem características intangíveis matematicamente. Dessa forma, é preciso compreender outros aspectos culturais, sociais e econômicos específicos de cada cidade. Assim, na direção do melhor entendimento do panorama das cidades, foram agrupados na Figura 11 as atividades econômicas mais importantes, relacionadas à produtos da construção civil, coletados do Relatório do Grupo Força-Tarefa (2016).

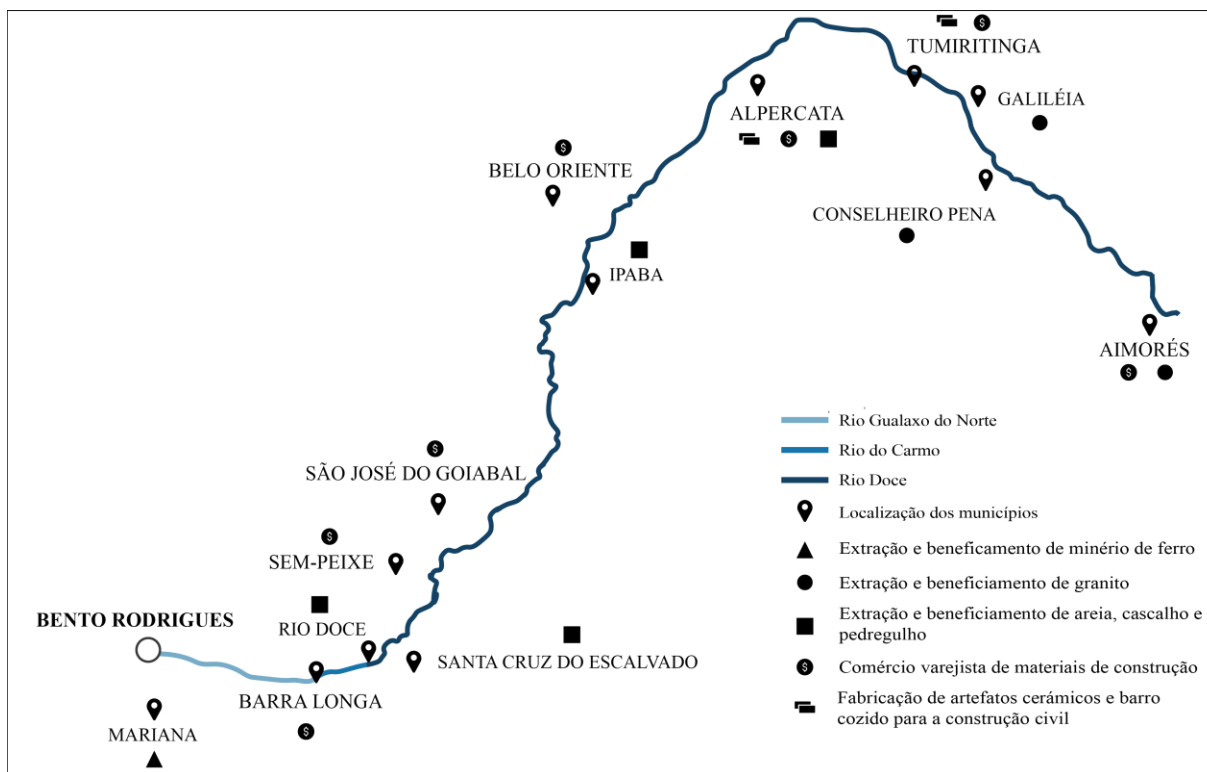


Figura 11 - Atividades econômicas potenciais para aplicação de APLs com produtos da construção civil

Tabela 7 – Porcentagem do peso das atividades econômicas em cada cidade

Cidades	Peso da atividade econômica no município	
	Comércio varejista de materiais de construção	Fabricação de artefatos cerâmicos e barro cozido para a construção civil
Barra Longa	6%	
Sem-Peixe	55%	
São José do Goiabal	4%	
Belo Oriente	1%	
Alpercata	4%	5%
Tumiritinga	15%	43%
Aimorés	2%	

As cidades apresentadas na Tabela 7 possuem atividades econômicas relacionadas à construção civil, o registro da ocorrência dessas atividades econômicas parece destacar potencial aderência para consumo dos RBMF utilizados como insumos pelos o APLs propostos. Ainda que esses municípios não sejam selecionados para implementação de TS, podem se tornar importantes consumidores dos produtos gerados. Tumiritinga concentra 43% da arrecadação das atividades econômicas na produção de artefatos cerâmicos e 15% no comércio varejista de materiais de

construção. Esses índices representam a vocação desse município para produção de artefatos manuais para a construção civil, por exemplo. Considerando o histórico preexistente das atividades econômicas da cidade, acredita-se que a mesma se beneficiaria com a produção de artefatos com baixo nível tecnológico e alto valor agregado, como é o caso da utilização de RBMF para a produção de ladrilhos hidráulicos. Considerando que esse município tem os piores indicadores sociais e econômicos, essa poderia se tornar uma alternativa de desenvolvimento social.

5.1.3. Avaliação de impactos socioeconômicos e ambientais e das necessidades das comunidades

A avaliação de impacto foi realizada com base nas respostas obtidas pelo questionário aplicado nas secretarias de Desenvolvimento e Assistência Social associada aos dados publicados no Relatório do Grupo Força-Tarefa (2016). No primeiro momento de contato com as cidades houve pouca adesão das secretarias em resposta ao questionário, apenas 7 cidades responderam, sendo elas: Mariana, Rio Doce, Ponte Nova, Rio Casca, Sem-Peixe, Santa Cruz do Escalvado e Ipatinga. A partir do auxílio da Fundação Renova na aplicação dos questionários, esperava-se que as respostas poderiam se divergir daquelas recebidas anteriormente, já que a instituição é responsável por reparar os danos advindos do rompimento da barragem de Fundão. Entretanto, apenas Rio Doce, Sem-Peixe e Santa Cruz do Escalvado das 7 cidades que já haviam sido contatadas responderam novamente ao questionário e as secretarias reportaram problemas similares aos indicados na pesquisa anterior. Dessa forma, não foi possível fazer uma análise comparativa entre as respostas obtidas em cada etapa contato.

Das 27 cidades estudadas, 6 não responderam ao questionário; São Domingos do Prata, São Pedro dos Ferros, Ipaba, Alpercata, Tumiritinga e Aimorés. Acredita-se que a dificuldade de contato presencial com os órgãos de desenvolvimento assistência social e com entidades representativas das comunidades, ou líderes comunitários para realização dos questionários influenciou negativamente a coleta de dados. As respostas obtidas estão disponíveis no Anexo I. A Figura 12 apresenta relação das cidades que sofreram os principais impactos econômicos, sociais e ambientais advindos do rompimento da barragem de Fundão.



Figura 12 - Impactos econômicos sociais e ambientais nas 27 cidades

Somam-se mais de 311 mil atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão, considerando danos humanos (mortos, feridos, enfermos, desabrigados, desalojados e outros), além dos impactos na cultura, educação, lazer e na dinâmica social. As cidades mais atingidas foram Mariana, Barra longa e Rio Doce e somaram juntas 17 perdas de vidas humanas, 256 feridos, 280 enfermos, 644 desabrigados, 711 desalojados e 8.067 outros afetados (Grupo Força-Tarefa, 2016). Observam-se que as cidades que sofreram maiores consequências com o rompimento da barragem de Fundão se encontram mais próximas de Bento Rodrigues. Segundo as secretarias contatadas, os impactos ambientais influenciaram o relevo, modificaram a paisagem e tornaram os

solos menos férteis. Acrescentam-se as cidades que mais sofreram essas influências como aquelas que se encontram a menos de 10km dos rios Gualaxo do Norte, Rio do Carmo e Rio Doce. Estimase que, entre Bento Rodrigues até a barragem de Candonga na cidade de Rio Doce, foram afetados 1.587,4ha de cobertura vegetal, sendo 511,08ha de Mata Atlântica (Grupo Força-Tarefa, 2016).

Os municípios alcançados pela estratégia metodológica, foram influenciados de formas distintas em relação ao rompimento da barragem de Fundão, entretanto, algumas respostas obtidas dos questionários aplicados chamaram à atenção para os problemas que ainda circundam as comunidades, mesmo após 5 anos do desastre. Para melhor compreender os impactos impostos às cidades bem como os efeitos que ainda estão presentes, foram selecionados alguns parâmetros considerados significativos para levantamento dos cenários destas cidades. Não foi possível avaliar esse cenário para as cidades que não responderam ao questionário (São Domingos do Prata, São Pedro dos Ferros, Ipaba, Alpercata, Tumiritinga e Aimorés) mesmo que as mesmas possam ter apresentado algum potencial para as TS nas análises realizadas até aqui. A Figura 13 apresenta os parâmetros adotados e a localização dos municípios em relação aos rios.



Figura 13 – Municípios que apresentaram problemas relacionados aos parâmetros selecionados

As cidades Conselheiro Pena e Raul Soares relataram não terem recebido assistência dos agentes do acidente. Outras sete informaram que a assistência recebida foi insuficiente para reparar os danos sofridos: Barra Longa, Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado, Naque Periquito, Governador Valadares e Galiléia. Em sua maioria, os municípios responderam que as ações de assistência concentraram-se no auxílio financeiro para parte dos afetados, principalmente aos pescadores, e alguma ação para construção de poços artesianos para prover água às comunidades que dependiam do Rio Doce para abastecimento.

Observam-se relatos de problemas relacionados à saúde mental em 6 municípios que reportaram o aumento nos casos de depressão e distúrbios psicológicos, advindos do impacto econômico, emocional e da relação das comunidades com o Rio Doce. Dos prejuízos econômicos privados, destaca-se os do setor industrial, referente às cidades Belo Oriente, Galiléia, Ipatinga e Resplendor, somando um valor de R\$208.290.000,00 (Grupo Força-Tarefa, 2016). Em relação aos danos humanos observam-se que todas as cidades atingidas estão próximas de Bento Rodrigues, com exceção para Galiléia. A cidade apesar de distante de onde ocorreu o acidente, contou com 100 enfermos (Grupo Força-Tarefa, 2016). Adicionalmente aos prejuízos econômicos, muitas cidades relataram problemas de seguridade alimentar, decorrentes da falta de emprego resultante do desastre. Das cidades estudadas, 4 mencionaram que uma das maiores necessidades do município são cestas básicas, em decorrência do aumento na solicitação de alimentação, sendo elas: Naque, Periquito, Galiléia e Resplendor. Essa ocorrência foi relatada como impacto do rompimento da barragem, e após 5 anos sem a solução dessa questão, é possível que ele tenha se agravado devido a pandemia mundial do COVID-19.

A falta de água, como relatado pelas secretarias contatadas, acarretou na paralisação de muitas atividades econômicas importantes para a região, como a pecuária (dessedentação dos animais), agricultura, lavouras, areeira, pesca e turismo. Muitas cidades relataram que ainda sofrem com a falta de água para a agricultura e pecuária e os problemas relacionados à confiabilidade da água ainda assolam grande parte dos municípios. A influência do rompimento da barragem de Fundão sobre a água também atingiu outras atividades, as cidades de Rio Doce, Naque, Periquito, Belo Oriente e Resplendor informaram que os munícipes frequentavam o Rio Doce para atividades de cultura e lazer. O município de Rio Doce relatou prejuízos históricos relativos ao desastre, em virtude de toda carga histórica e cultural que o Rio Doce, patrimônio

cultural, representa para a sua cidade. Belo Oriente informou que as manifestações culturais (batismo nas águas do Rio e festas culturais), tiveram que ser interrompidas, afetando a cultura da cidade.

Ao longo dos três rios, 11 toneladas de peixes foram mortos (G1, 2015) e além do grande impacto no equilíbrio da fauna e da flora, essa consequência afeta diretamente as atividades e a dinâmica das comunidades ribeirinhas. Dentre os 27 municípios estudados, 22 possuem pescadores atingidos pelo acidente que são registrados no Sistema Informatizado do Registro Geral da Atividade Pesqueira – SisRGP, 10 tiveram problemas com abastecimento de água e 15 tiveram paralização de atividades de pesca, agricultura e pecuária. Muitas cidades relatam necessidade de ações de assistência aos pescadores, que atualmente dependem de auxílio financeiro da Samarco. No âmbito das TS propostas por esse trabalho, esses atores sociais devem ganhar maior foco, visto que a capacitação e o desenvolvimento de novas habilidades podem se tornar um meio potencial de fortalecimento econômico e social desse grupo.

O Grupo Força-Tarefa (2016) analisou amostras de materiais encontrados no leito do Rio Doce e apresentou laudos de análise química por fluorescência de raio-X (FRX), quais não identificaram contaminação do solo por metais pesados. Esse achado concorda com os dados encontrados na literatura para análise ambiental do RBMF de acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004), que indicam o rejeito como classe II-A, não inerte e não perigoso (Andrade, 2014; Fontes, et al., 2018; Mendes, 2019). Do mesmo modo, a análise mineralógica por difração de raios-X (DRX) do Relatório Grupo Força-Tarefa (2016) encontrou fases mineralógicas similares aos reportados na literatura por Wolff (2009), Fontes et al. (2018), Mendes et al. (2020) e Carvalho et al. (Carvalho, et al., 2019), sendo eles; quartzo, goetita, caulinita, hematita e gibsitita. Entretanto, devido ao tempo decorrido dessa análise, uma nova amostragem mostra-se necessária para avaliar os rejeitos depositados.

As cidades de Barra Longa, Rio Doce, Rio Casca, Sem-Peixe, Naque, Periquito, Conselheiro Pena, Galiléia e Resplendor destacam-se pela necessidade de geração de renda e emprego e todas demonstraram interesse em cursos de capacitação para qualificação profissional, com exceção de Barra Longa, que não tem interesse em ações externas de mitigação dos danos, já que há conflito de interesse em relação a Fundação Renova.

Nessa perspectiva, os estudos dos compósitos que vêm sendo e viabilizados pela construção civil poderiam implementar estratégias que incluam essas comunidades no processo de desenvolvimento, produção e apropriação das tecnologias através de APLs. A exemplo disso, Conselheiro Pena e Resplendor são os municípios com maior número de pescadores cadastrados no SisRGP em relação as cidades elencadas, respectivamente, 92 e 101 trabalhadores cadastrados (Grupo Força-Tarefa, 2016). Nessa perspectiva, é importante construir estratégias de resgate da ocupação social desses atores. A mobilização desse grupo pode ser tornar um marco na implementação das TS. A transferência das tecnologias da construção civil tem potencial para auxiliar essas comunidades na construção de novas ferramentas para a formação da territorialidade (Boisier, 2001).

Conselheiro Pena e Galiléia apresentam grande parte das arrecadações de atividades econômicas a partir de serviços de apoio à produção florestal e extração e beneficiamento de granito. As cidades se encontram a menos de 85km de Governador Valadares, que possui grande centro urbano e conseqüentemente maior demanda por materiais de construção, e também são próximas a Tumiritinga, cidade que exhibe 43% da arrecadação municipal para as atividades econômicas relacionada a produção de artefatos cerâmicos e 15% ao comércio varejista de materiais de construção. Considerando essa informações, é possível identificar potencial interesse para o desenvolvimento de relações comerciais com os APLs propostos para produção de artefatos para a construção civil a partir dos RBMF, dada vocação econômica do município. Artefatos pré-moldados como os blocos para pavimentação (pavers) representam oportunidades para os APLs e consumidores potenciais.

Resplendor localiza-se próximo a Aimorés e tem como atividade econômica a produção de artefatos cerâmicos e comércio varejista de materiais de construção. A cidade relatou no questionário que ainda sofre com o cenário pós rompimento em várias áreas sociais, econômicas, dentre elas a extração de areia e a pesca como meio de sobrevivência. Uma possível estratégia para superar essas questões, seria a utilização de areia de RBMF em substituição da areia natural. Dessa forma, dentre os materiais propostos, os blocos de alvenaria constituem-se possíveis materiais a serem desenvolvidos pelo município, e inclui-se na produção dos agregados, a sustentabilidade.

Por outro lado, considerando a realidade dos municípios de Naque e Periquito, cidades com maior necessidade de ações de mitigação aos impactos do rompimento da barragem somadas à

precariedade dos indicadores, acredita-se que a produção de artefatos de alto valor agregado e baixo nível de complexidade tecnológica seriam soluções apropriadas, com baixo custo de implementação para os APLs e operacionalização simples, a exemplo dos ladrilhos hidráulicos (Fontes, et al., 2018).

Em Rio Doce, uma das maiores fontes de receita do município encontra-se paralizada desde o rompimento da barragem. Segundo a secretaria de Assistência Social, o empreendimento UHE Risoleta Neves, que gerava uma grande quantidade de emprego hoje está paralisado, acumulando enormes prejuízos socioeconômicos. A cidade tem como uma das atividades econômicas a extração e o beneficiamento de areia, brita e pedregulho. Nessa perspectiva, uma proposta de produção da construção civil, deve criar uma estratégia não competitiva com as atividades estabelecidas nesta cidade. Uma possível alternativa é a produção de pigmentos para tintas naturais, um material de alto valor agregado e de fácil trabalhabilidade que poderia gerar renda relativamente rápida aos trabalhadores que perderam seus empregos.

Os parâmetros selecionados para identificar o cenário das cidades fundamentaram-se nas respostas inicialmente obtidas das secretarias de desenvolvimento e assistência social, portanto ainda não é possível afirmar que elas representem a totalidade das demandas das comunidades atingida. Para validação destas respostas, bem como identificação das vocações dos municípios, é necessário que sejam realizadas campanhas de campo que incluam contato presencial com as comunidades, para que se estabeleçam contrapontos que permitam calibração destas demandas, considerando interesses das comunidades e aderência do poder público. No entanto, considerando as restrições impostas pela pandemia COVID-19, a etapa de campo para coleta de dados foi severamente comprometida, ainda assim, foi possível descrever o cenário atual para as cidades, em que registram-se os municípios de Rio Doce, Naque, Periquito, Galiléia, Conselheiro Pena e Resplendor com maiores demandas mitigatórias.

5.2 Caracterização do RBMF

5.2.1. Caracterização química

O ensaio de perda ao fogo indicou variação de 5,5%, para massa inicial que sugere presença de dióxido de carbono (CO₂) na amostra RRV. Os resultados para composição química dos óxidos

presentes no RRV são apresentados na Figura 14, o resultado do ensaio de perda ao fogo é indicado no gráfico como teor de CO₂.

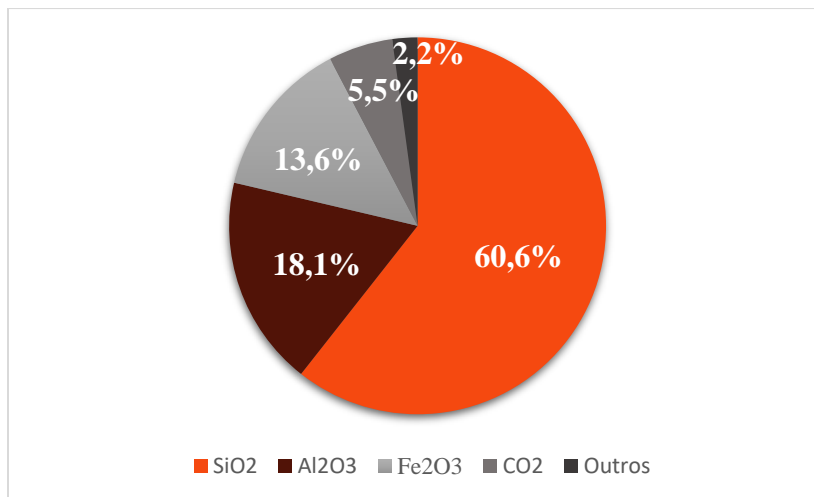


Figura 14 – Fluorescência de raio-X da amostra RRV

O RRV é constituído essencialmente por óxidos de silício (SiO₂), óxidos de alumínio (Al₂O₃) e óxidos de ferro (Fe₂O₃), como comumente encontrado nos RBMF. No entanto, a presença de óxidos de ferro ocorre em teores reduzidos, quando comparado aos RBMF do Quadrilátero Ferrífero (QFMG) reportado na literatura. Wolf (2009) analisou o percentual desse composto em 7 amostras de RBMF de barragens do QFMG e encontrou valores entre 43,4% a 62,9% de óxidos de ferro. Fontes et al. (2018) e Carvalho et al. (2019) também encontraram valores de Fe₂O₃ superiores a amostra RRV, respectivamente de 66,6% e 56,9%, para amostra da mesma região.

A Tabela 9, apresenta a caracterização química do RRV comparada com a do RBMF comumente encontrados no QFMG, selecionados de trabalhos de referência. Na Tabela 8 as células em laranja indicam os percentuais das referências mais próximos aos valores encontrados para amostra de RRV. O RRV possui uma composição química predominante similar à de argilas, com maiores teores de óxido de silício e alumínio (cerca de 70-80% dos óxidos totais), por isso também optou-se por comparar o RRV com argilas calcinadas.

Tabela 9 – Comparativo da composição química do RBMF com argila e rejeito de mineração

Óxidos %	RRV	Argila 1	Argila 2	RBMF 1	RBMF 2
SiO ₂	60,6	64,36	66,12	20,4	23,5
Al ₂ O ₃	18,1	19,7	14,43	11,2	15,7
Fe ₂ O ₃	13,6	4,18	9,04	68,05	59
CO ₂	5,5	8,84	5,39	-	-
K ₂ O	0,8	2,87	2,42	0,19	0,2
TiO ₂	0,68	0,7	0,44	-	0,3
CaO	0,2	0,13	0,97	-	0,2
MgO	0,26	0,97	0,75	-	0,1
Na ₂ O	0,21	0,05	0,05	-	-
Referência	Amostra	(Christófolli, 2010)	(Christófolli, 2010)	(Bastos , et al., 2016)	(Mendes , et al., 2019)

Os percentuais dos óxidos de silício (SiO₂), alumínio (Al₂O₃), ferro (Fe₂O₃) e titânio (TiO₂) da amostra RRV estão mais próximas aos valores determinados para as argilas do que para os rejeitos QFMG caracterizados pelas referências (Bastos , et al., 2016; Mendes , et al., 2019). A presença do dióxido de carbono (CO₂) só foi verificada para as argilas e RRV, os materiais argilosos normalmente apresentam altas porcentagens desse composto (Vieira, et al., 2006). Apesar da amostra RRV apresentar um baixo teor de ferro (13,6%) quando comparada aos RBMF 1 e 2 (68,05% e 59%, respectivamente) e outros da literatura (Franco , et al., 2014; Fontes, et al., 2018; Mantilla, et al., 2017), os valores encontrados ainda são superiores aos achados da literatura para argilas, entre 3,1-9,4% (Condeiro & Désir, 2010; Christófolli, 2010).

A Figura 15 apresenta um comparativo da análise química do RRV comparado a de amostras de RBMF encontradas na literatura separados por aplicações para construção civil.

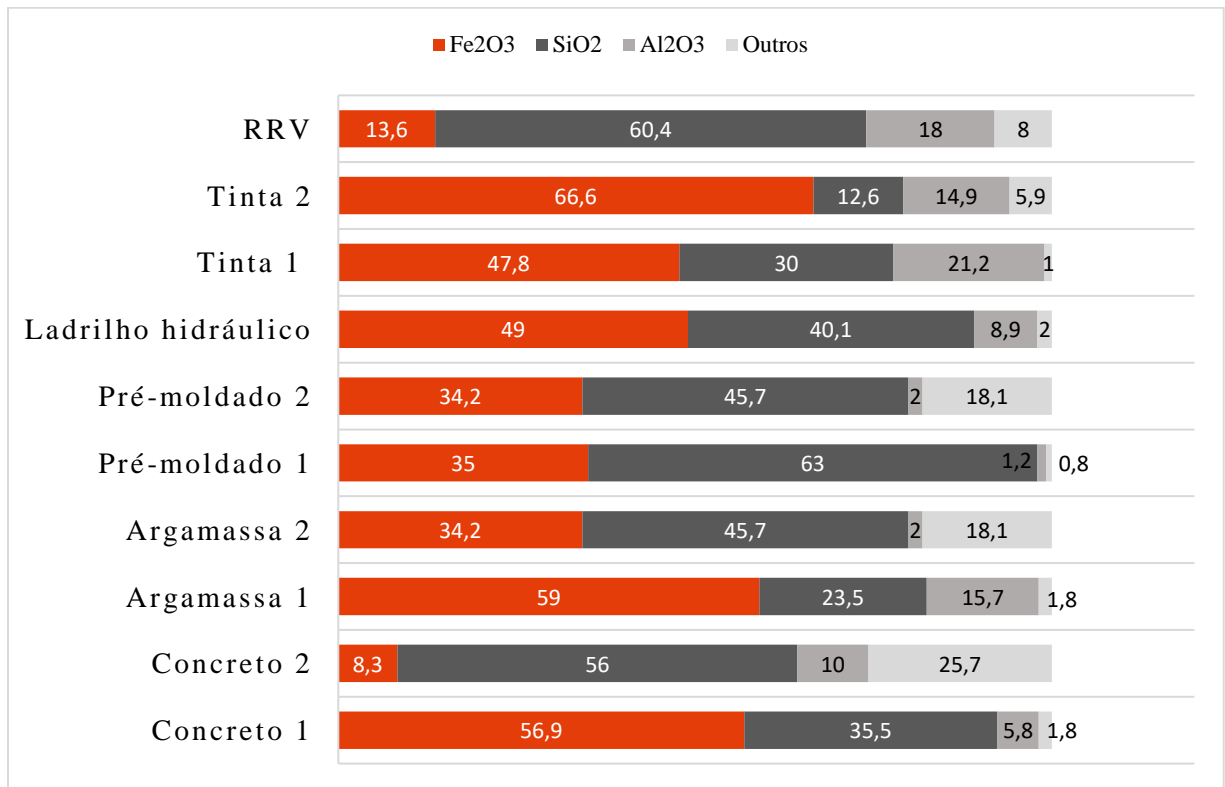


Figura 15 – Comparativo dos resultados de fluorescência de raio-X dos RBMF utilizados para a produção de materiais de construção e o RRV. Concreto 1 (Carvalho, et al., 2019), Concreto 2 (Shettima, et al., 2016), Argamassa 1 (Mendes, et al., 2020), Argamassa 2 (Carrasco, et al., 2017), Pré-moldado (Sant’ana Filho, et al., 2017), Pré-moldado 2 (Mantilla, et al., 2017), Ladrilho hidráulico (Fontes, et al., 2018), Tinta 1 (Galvão, et al., 2018) Tinta 2 (Fontes, et al., 2018).

Nota-se que a amostra RRV apresentou maior percentual de óxido de silício (SiO_2) juntamente com o RBMF aplicado na literatura em Concreto 2 e Pré-moldado 1. Esse elemento caracteriza-se pelo alto grau de dureza e quando encontrado na forma de quartzo (SiO_2), pode apresentar auxiliar no aumento do desempenho mecânico de matrizes cimentícias (Wang, et al., 2020). O teor de óxido de ferro do RRV foi inferior ao de todas as aplicações sugeridas na literatura, exceto ao teor encontrado para o RBMF usado na fabricação do Concreto 2, entretanto, esse rejeito foi extraído de uma fonte no sul da Malásia, onde os processos de beneficiamento do minério de ferro são mais eficientes se comparados ao Brasil e a Índia, por exemplo (Oritola, et al., 2015). As propriedades químicas do RBMF dependem do processo industrial utilizado no

beneficiamento, como o tempo de moagem, a quantidade de água e o tipo de minério (Wolff, 2009).

Óxidos de ferro calcinados são amplamente utilizados como pigmentos para tintas, plásticos e cerâmica, devido à sua alta estabilidade sob condições ambientais normais (Fazenda, 2005). Galvão et al. (2018) e Fontes et al. (2018) produziram tintas com tons mais escuros a partir dos RBMFs Tinta 1 e Tinta 2, que apresentaram teores de óxidos de ferro de 47,8 e 66,6%, respectivamente. A utilização de RRV para produção de pigmentos para tintas, serviria para compor paletas com tons mais claros, função da pequena ocorrência de óxidos de ferro, de 13,6%.

5.2.3. Caracterização mineralógica

A Figura 16 apresenta os principais minerais encontrados no RRV por difração de raios-X.

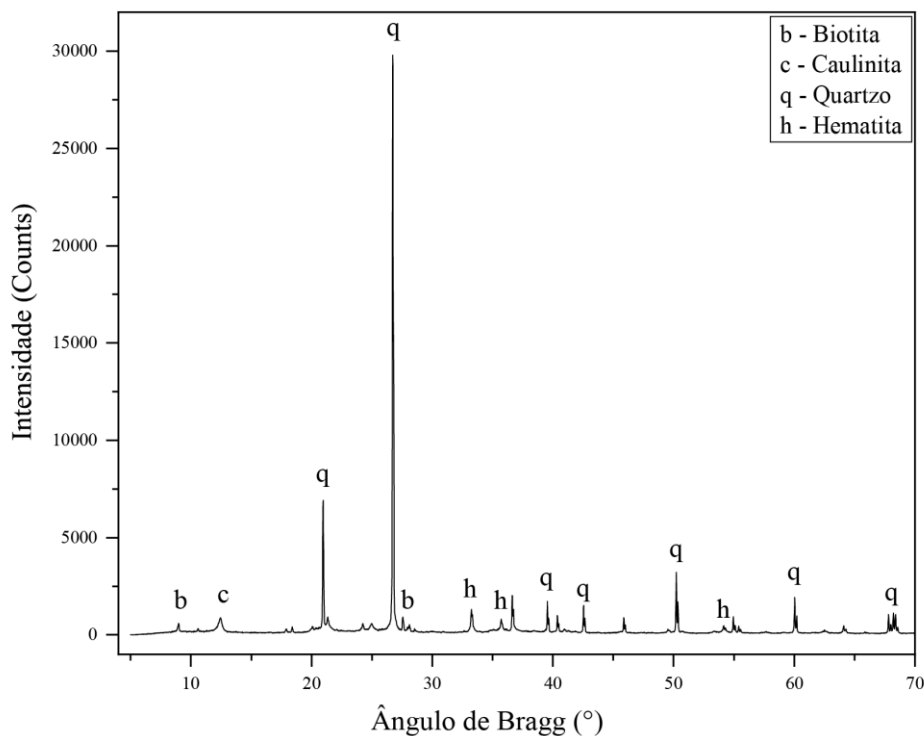


Figura 16 – Composição mineralógica do RRV por difração de raios-X

Os principais minerais encontrados na amostra RRV foram quartzo (SiO_2), hematita (Fe_2O_3), caulinita [$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$] e biotita ($\text{KMg}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}\text{OHF}$). Os resultados encontrados concordam com a literatura para os minerais presentes nos RBMF em relação à sua ocorrência. Andrade (2014) realizou campanha para caracterização mineralógica de RBMF de 4 barragens do

QFMG e encontrou os minerais quartzo, hematita, caulinita e goethita. A goethita (FeO.OH) é uma estrutura composta por óxidos de ferro, comumente encontrada em RBMF (Sant’ana Filho, et al., 2017; Galvão , et al., 2018; Fontes, et al., 2018). A menor ocorrência de óxidos de ferro identificados para o RRV, através da técnica de fluorescência de raios-X poderia estar relacionada a ausência de goethita na amostra RRV. O RRV apresentou uma composição química similar à de argilas, com relação a composição mineralógica grandes distinções não podem ser realizadas, pois minerais comumente encontrados no RBMF (como quartzo e caulinita) também são presentes nas argilas. (Condeiro & Désir, 2010; Mendes , 2019). A biotita, identificada no difratograma, não é comumente encontrada no RBMF (Galvão , et al., 2018; Carvalho, et al., 2019; Mendes, et al., 2020), esse mineral é um tipo de mica e segundo o sistema brasileiro de classificação dos solos (SiBCS), esse mineral é comumente encontrado em latossolos, que são solos de caráter alumínico. A ocorrência de biotita pode estar associada ao elevado teor de óxido de alumínio observado para o RRV, 18%. Os resultados obtidos da técnica de difração de raios-X sugerem que a maior parte da sílica encontrada na amostra poderia se apresentar na forma de quartzo.

A Figura 17 apresenta os resultados da análise mineralógica do RRV em comparação com o de RBMF em diferentes aplicações para materiais de construção retirados dos trabalhos de referências.

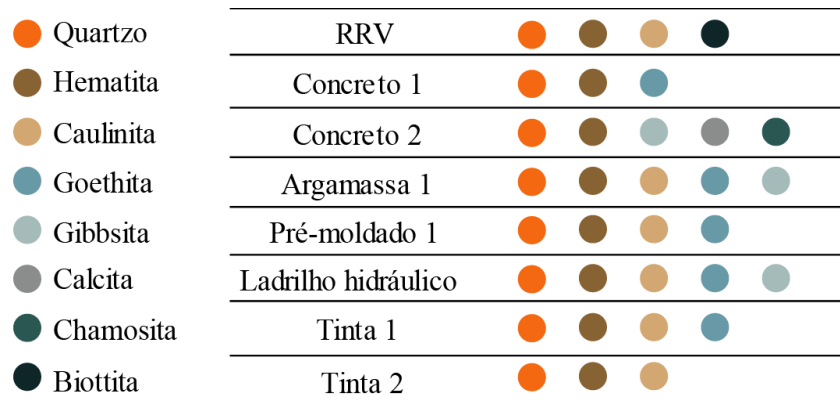


Figura 17 - Comparativo dos resultados da caracterização mineralógica dos RBMF utilizados para a produção de materiais de construção e o RRV. Concreto 1 (Carvalho, et al., 2019), Argamassa 1 (Mendes, et al., 2020), Pré-moldado (Sant’ana Filho, et al., 2017), Ladrilho hidráulico (Fontes, et al., 2018), Tinta 1 (Galvão , et al., 2018) Tinta 2 (Fontes, et al., 2018).

Observa-se que todos os RBMF utilizado em todas as aplicações listadas na Figura 17 possuem quartzo (SiO₂) e hematita (Fe₂O₃). A ocorrência da caulinita [Al₂Si₂O₅(OH)₄] também pode ser observada em todos as referências, com exceção do Concreto 1 e Concreto 2. Alguns

minerais tiveram menor ocorrência, como calcita (CaCO_3), chamosita $[(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_5\text{Al}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_8]$ e biotita ($\text{KMg}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}\text{OHF}$), o último só foi encontrada na amostra RRV.

Diversos fatores afetam na composição mineralógica do RBMF, desde o processo de beneficiamento até o local de coleta. Por isso há grande heterogeneidade entre as fases encontradas na literatura, com exceção do quartzo (SiO_2) e da hematita (Fe_2O_3). Além das aplicações relacionadas na Figura 17, a composição mineralógica é um importante parâmetro para utilização do resíduo com aplicações mais nobres, como material cimentício. Devido aos minerais inertes, como quartzo (SiO_2), hematita (Fe_2O_3), os RBMF normalmente não possuem ação cimentante. Métodos para melhorar as propriedades cimentícias desse material para a produção de clínquer para cimento Portland, cimento composto e geopolímero através da ativação térmica e mecânica, vem sendo amplamente utilizado (Yi, et al., 2009; Saedi, et al., 2020). A moagem mecânica é empregada para diminuir o tamanho das partículas e aumentar a área superficial específica dos materiais, acelerando assim a taxa de hidratação dos materiais pozzolânicos (Saedi, et al., 2020). Entretanto, considerando os APLs para os atingidos do rompimento da barragem de Fundão, acredita-se que seria inviável propor esses procedimentos, já que necessitam de equipamentos específicos de alto custo e diminuiria a eficiência de produção se comparado ao uso do rejeito natural.

Ainda na direção do melhor entendimento das características do RRV, foram utilizadas para caracterização técnicas de termogravimetria a Figura 18 apresenta o resultado da análise termogravimétrica da amostra.

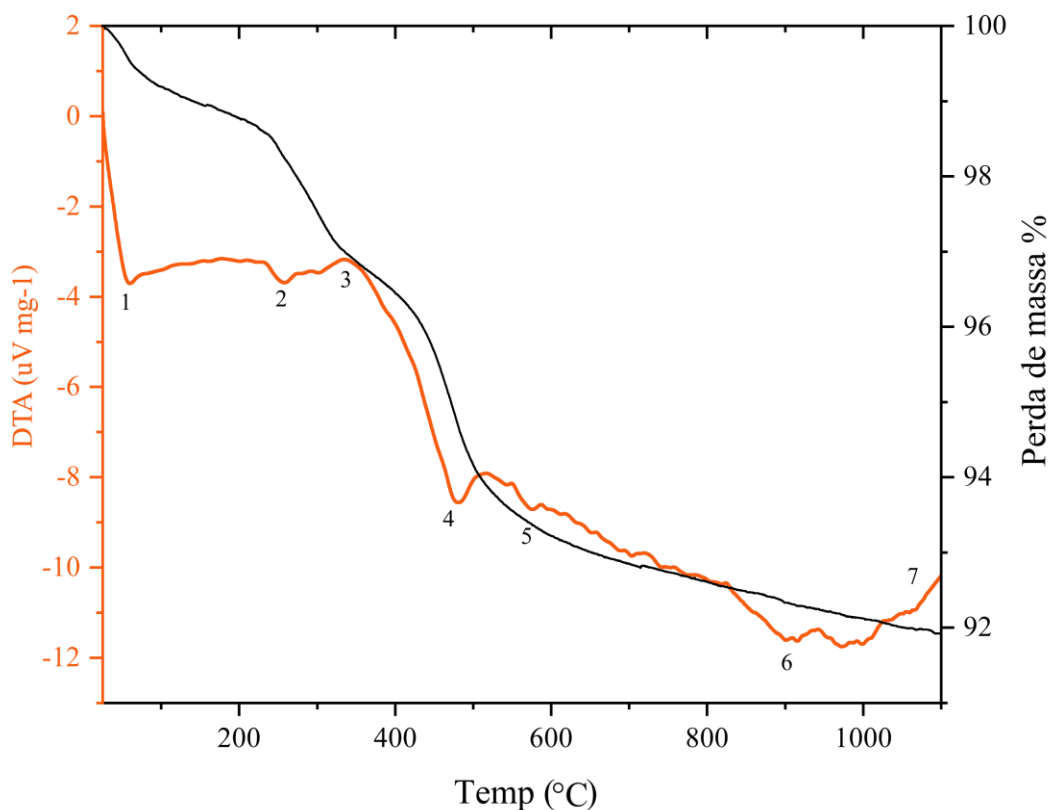


Figura 18 – Termogravimetria (TGA) do RRV

Os resultados obtidos da termogravimetria para amostra RRV indicaram perda de massa total equivalente a 8% para o intervalo de temperaturas entre 25°C e 1100°C. A variação de temperatura compreendido entre 25- 140°C do rejeito (1) resultou em um percentual de perda de massa de 1%, provavelmente referente a água livre e adsorvida; esse fenômeno é representado pelo primeiro pico endotérmico (Dauce, et al., 2019). Os picos 2 (endotérmico) e 3 (exotérmico), ocorrendo entre 220-347°C, são referentes a decomposição e a combustão da matéria orgânica presente na amostra, respectivamente (Segnini, et al., 2008; Mendes, et al., 2019). Esses dois eventos compreendem 2,5% da perda de massa total da amostra. O pico endotérmico entre 400-510°C (4) corresponde a desidroxilação da caulinita, e como consequência, a formação da metacaulinita (Ptáček, et al., 2010). Nesta região, também acontece a liberação da água constitucional de hidróxidos metálicos (Segnini, et al., 2008), como por exemplo o ferro, o alumínio e o titânio presentes no RRV; esses dois eventos compreendem 2,6% da perda de massa total da amostra. O pico endotérmico 5 (temperatura de 575°C) corresponde a transição do quartzo α para quartzo β (Mendes, et al., 2019; Dauce, et al., 2019). O último pico endotérmico observado

(pico 6, 915°C), pode estar associado às reações da metacaulinita, formando espinélio $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ contendo sílica e ou mulita primária (Milheiro, et al., 2005). O ganho de massa observado a partir de 1070°C (7) pode estar associado a oxidação e cristalização de novas fases.

Os resultados do ensaio de termogravimetria, concordam com os resultados da difração de raios-X, identificando os minerais quartzo do quartzo (SiO_2) e caulinita [$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$]. Entretanto, os picos encontrados na amostra coletada também são coincidentes aos de solos (material orgânico e caulinita) e argila (material orgânico e caulinita).

5.2.1. Caracterização Física

A amostra *in natura* do RRV coletada para esse trabalho, apresentou teor de umidade de 10,7%. A coloração típica do RBMF é avermelhada, geralmente em virtude da grande quantidade de óxidos de ferro comumente encontrados nesse resíduo. O processo de preparação da amostra de RRV para os ensaios de caracterizaram alteraram a cor da amostra para uma coloração mais clara e menos características (Figura 19).

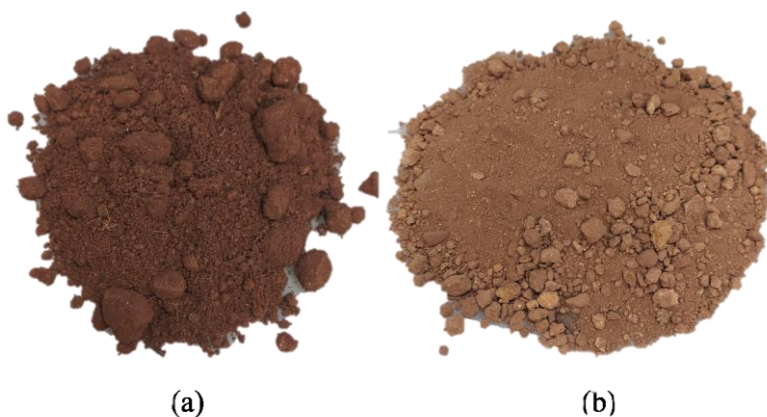


Figura 19 - (a) Amostra RRV coletada (b) Amostra RRV destorroada

Análise para determinação de materiais friáveis, apresentou uma ocorrência de 82,7% para teor de argila em torrões e materiais friáveis nos grãos retidos nas peneiras de 2,4mm e 1,2mm e 17,3% de material granular (Figura 20).



Figura 20 - amostra retida na peneira de 0,6 mm para ensaio de teor de argila em torrões e materiais friáveis

O valor encontrado para concentração de torrões de argila para RBMF do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais é de 98% (Fontes, 2013). O teor de 17,3% obtido dessa análise com frações de maiores dimensões ($>1,2\text{mm}$), não são comumente encontradas nos RBMF.

Os valores obtidos para os ensaios de massa específica e unitária do RRV foram respectivamente, $2,7\text{g/cm}^3$ e $1,14\text{g/cm}^3$, sendo inferiores ao comumente encontrado para RBMF. O teor de ferro influencia significativamente no resultado de massa específica. Galvão et al. (2018) encontrou valores de $3,37\text{g/cm}^3$ e $1,62\text{g/cm}^3$ respectivamente, para massa específica e unitária para amostra de uma barragem localizada no Quadrilátero Ferrífero. Fontes et al. (2018) encontrou valores de $3,37$ e $1,62\text{g/cm}^3$ respectivamente, para massa específica e unitária para amostras de RBMF que continham 49% de óxido de ferro. Por outro lado, Protasio et al. (2021) encontrou valor de massa específica de $2,89\text{g/cm}^3$ para um RBMF coletado da barragem de Germano, que situa-se no mesmo complexo onde encontrava-se a barragem de Fundão. Esse material apresentou 90% de óxido de silício e 9,3% de óxido de ferro. Mendes (2019) analisou um RBMF proveniente do rompimento da barragem do Fundão com 25,79% de óxido de ferro e verificou uma massa específica de $2,93\text{g/cm}^3$. Os resultados dos dois últimos autores são concordam com os resultados da amostra RRV.

A Figura 21, apresenta a comparação entre as massas específicas e unitárias encontradas para RBMF na literatura e utilizados para a produção de matrizes cimentícias da construção civil, com a amostra RRV.

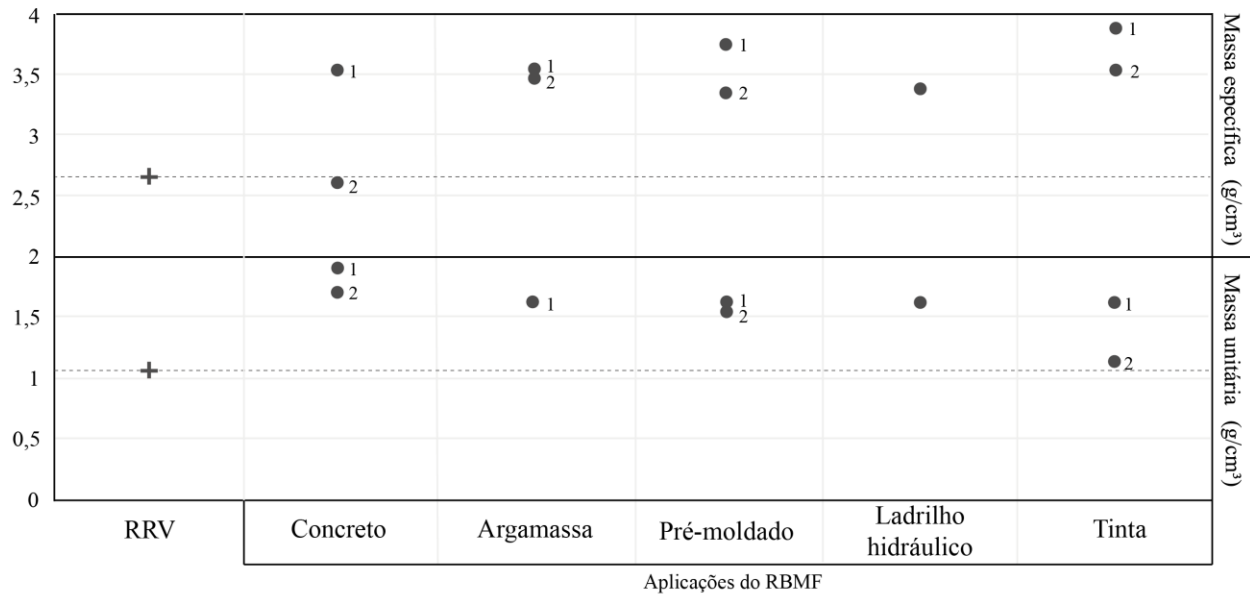


Figura 21 – Comparativo dos resultados de massa específica e unitária dos RBMF utilizados para a produção de materiais de construção e o RRV. Concreto 1 (Carvalho, et al., 2019), Concreto 2 (Shettima, et al., 2016), Argamassa 1 (Mendes, et al., 2020), Argamassa 2 (Carrasco, et al., 2017), Pré-moldado (Sant’ana Filho, et al., 2017), Pré-moldado 2 (Mantilla, et al., 2017), Ladrilho hidráulico (Fontes, et al., 2018), Tinta 1 (Galvão, et al., 2018) Tinta 2 (Fontes, et al., 2018).

A massa unitária do RRV apresentou-se inferior àquelas encontradas para os RBMF encontrados nos trabalhos de referência em diferentes aplicações para construção civil. O mesmo verifica-se para resultados de massa específica, com exceção do rejeito Concreto 2. Shettima et al. (2016) encontrou baixo teor de ferro na amostra de RBMF Concreto 2 (8,2%), dessa forma reforça-se a influência da quantidade de óxidos de ferro nos valores de massa específica. Entretanto, o maior valor de massa unitária do Concreto 2 em relação ao RRV pode estar relacionada a maiores tamanhos de partícula, já que o RBMF foi utilizado como agregado.

Os resultados da distribuição granulométrica da amostra são apresentados na Figura 22.

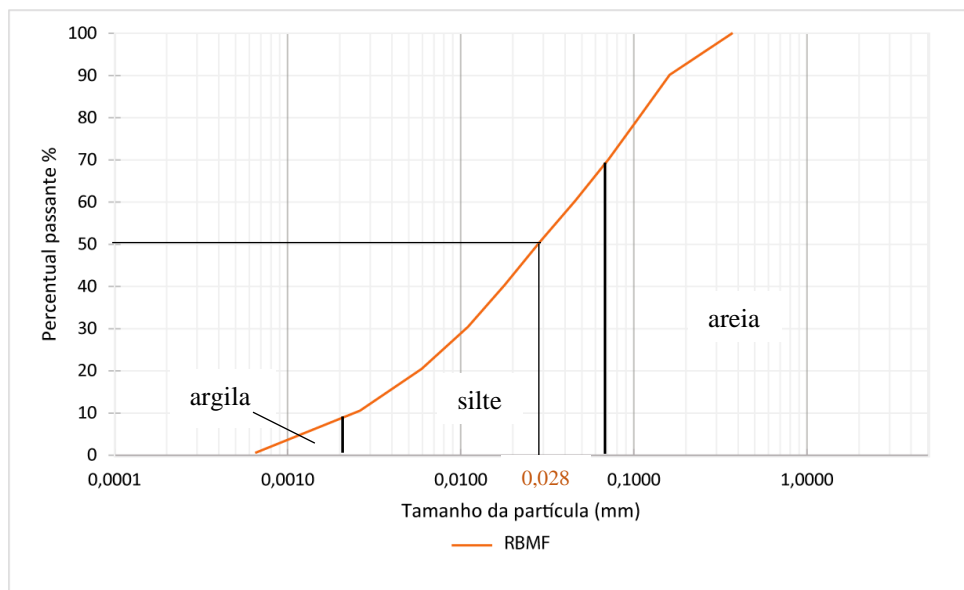


Figura 22 – Granulometria do RRV por difração a laser

O rejeito caracterizado apresentou diâmetro máximo característico de 0,375mm e 50% do de sua massa inferior a 0,028mm. O RRV apresentou D(90) de 0,072 mm, Morais et al. (2021) e Fontes et al. (2018) em suas amostras de RBMF para a produção de ladrilhos hidráulico, encontraram valores ainda inferiores, de 0,036 mm e 0,06 mm, respectivamente. Nota-se que o RRV é bem graduado e particularmente fino. Uma grande parcela do material é composta por silte (60%), uma parcela média de areia (32%) e uma pequena quantidade de argila (8%). Dessa, forma o material é considerado silte-arenoso, com 71% dos grãos passantes na peneira de 0,075mm.

Para produzir faixas características para aplicações do RRV à produção de artefatos e materiais para construção civil, foram plotadas faixas para as curvas granulométricas dos materiais. As faixas foram criadas a partir de um banco de dados obtido do referencial bibliográfico. Os dados comparativos são apresentados na Figura 23.

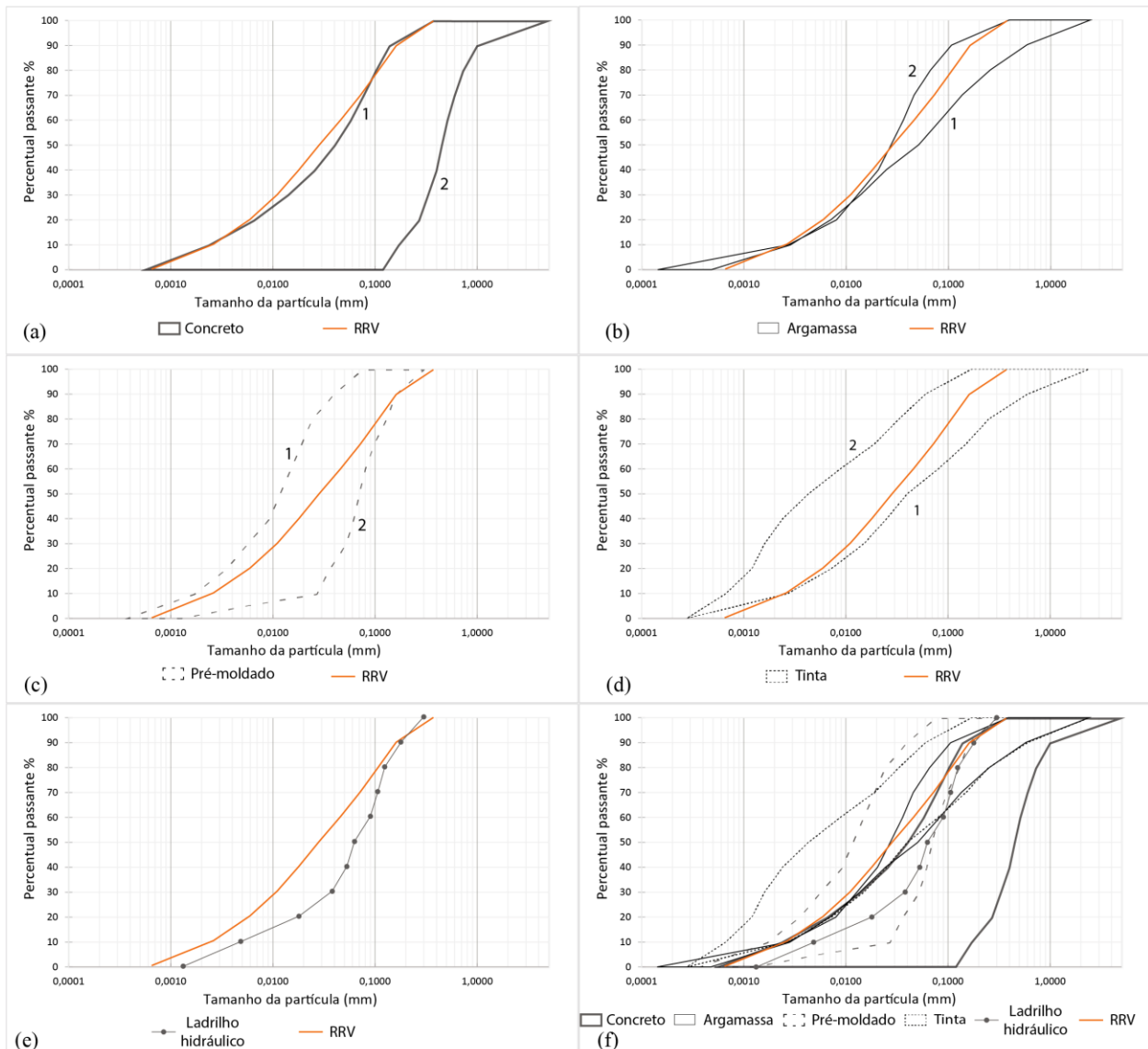


Figura 23 –Faixas granulométricas da literatura para RBMF utilizados para a produção de materiais de construção e o RRV. Concreto 1 (Carvalho, et al., 2019), Concreto 2 (Shettima, et al., 2016), Argamassa 1 (Mendes, et al., 2020), Argamassa 2 (Carrasco, et al., 2017), Pré-moldado (Sant’ana Filho, et al., 2017), Pré-moldado 2 (Mantilla, et al., 2017), Ladrilho hidráulico (Fontes, et al., 2018), Tinta 1 (Galvão, et al., 2018) Tinta 2 (Fontes, et al., 2018).

Observa-se que a curva granulométrica do RRV está inserida entre as faixas dos rejeitos utilizados pra produção de pavers (Pré-moldado 1 e Pré-moldado 2), argamassas (Argamassa 1 e Argamassa 2) e tintas (Tinta 1 e Tinta 2) podendo ser aplicada em substituição total ou parcial dos agregados naturais e pigmento (tintas) utilizados nessas matrizes. A curva apresentada para o RRV é similar ao do Concreto 1, onde o RBMF foi utilizado como material cimentício suplementar. Como a principal fase do RRV é o quartzo, sua composição mineral básica é semelhante à da areia

natural. Kuranchie et al. (2015) substituíram completamente os agregados convencionais no concreto por RBMF sem comprometer a resistência à compressão, alcançando 36,95 MPa aos 28 dias. Adicionalmente, o concreto produzido pelos autores apresentou baixo potencial de corrosão devido aos elevados valores de pH da mistura.

A amostra RRV apresenta uma curva granulométrica bem graduada e contínua, fator que contribui para a melhor densidade de empacotamento das partículas (Junior, 2018). Por consequência, o empacotamento das partículas tem influência positiva na coesão da matriz cimentícia no estado fresco (Haddad, 2016). No estado endurecido, esta característica proporciona melhor refinamento de poros, melhorando o desempenho mecânico e protegendo o compósito de ataque de agentes deletérios (Segadães & Devezas, 2003). Carvalho et al. (2019) observaram esse comportamento na utilização do RBMF como agregado miúdo e material cimentício suplementar para a produção de concreto (Concreto 1), alcançando uma resistência à compressão de mais de 90MPa aos 28 dias. Nessa perspectiva, as características observadas para o RRV permitem sua utilização como materiais finos, com função filler dada sua composição química (predominantemente sílica) e mineralógica (quartzo).

Como o RBMF é um tipo de resíduo sólido industrial típico, o desempenho ambiental de matrizes utilizando esse material deve ser estudado em profundidade, especialmente os testes de lixiviação de metais pesados e testes de radioatividade. Entretanto, os trabalhos que apresentam a classificação do RBMF de acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004), indicaram o rejeito como classe II-A, não inerte e não perigoso (Fontes, et al., 2018; ; Carrasco , et al., 2017; Defáveri, et al., 2019)., e assim, além da viabilidade técnica da produção de matrizes com esse resíduo, foi comprovada a viabilidade ambiental.

5.3 Diretrizes para as propostas de formação e implementação dos APLs da construção civil

A partir da revisão de literatura apresentada neste estudo, entende-se que a reconstrução de cenário dos atores sociais que são prejudicados por rompimento de barragens, deve ocorrer por meio de um processo participativo e colaborativo, características das TS desenvolvidas no Brasil, que tem potencial para o desenvolvimento socioeconômico das comunidades afetadas, gerando renda, emprego e construindo um novo cenário de qualidade de vida para esses atores.

As TS constituem-se práticas desenvolvidas em conjunto com as comunidades irão se apropriar delas. Nessa perspectiva, como tratado por Dagnino (2009), a parte mais sensível para a implementação de TS através de APL é a construção de uma relação positiva com os envolvidos. Dessa forma propõe-se algumas diretrizes consideradas fundamentais para a consolidação dessas práticas, a partir das propostas para os APLs da construção civil sugeridas por esse trabalho, onde incluem-se: estratégia de abordagem, identificação e formação dos multiplicadores, reuniões presenciais, produção e caracterização dos protótipos, transferência das tecnologias, implementação dos APLs e estabelecimento de ações para assessoria técnica.

5.3.1 Estratégia de abordagem e convocação dos multiplicadores

Segundo Garcia (2014), o primeiro passo para implementação de TS deve ser considerar o contexto socioeconômico, como foi realizado pelo mapeamento das comunidades e estabelecer a cooperação nos ambientes de produção, que nas discussões relativas a APLs é considerada a forma mais representativa das interações de um corpo social, já que “não pode ser mediada pelo mercado, é voluntária, exige discussão e, por isso, aprofunda as relações” (Pereira, et al., 2011).

Nessa perspectiva, para técnicas de abordagem, devem ser utilizadas estratégias que viabilizam a construção gradativa de um vínculo de confiança com os atores sociais, com a rede e o território no qual será desenvolvida a TS. O contato com as comunidades deve acontecer a partir de uma mobilização dos agentes para participação de reuniões presenciais que incluam multiplicadores, interessados e atores do setor público. Ações de divulgação motivadas pelas Secretarias de Assistência Social, Pastorais da Igreja Católica, Associações e multiplicadores são utilizadas como ferramentas essenciais. A partir desse conjunto de ações, o plano para implementação de TS se desenvolverá em conjunto com afetados, respeitando a singularidade e autonomia dos mesmos na reconstrução de cenário.

A metodologia para desenvolvimento dos APLs apoia-se nas propostas indicadas por Buarque (1999) para reconstrução de cenário e fundamenta-se em procedimentos para determinação de uma possibilidade de mudança para a realidade dos atores sociais, e inclui:

6. Determinar os principais obstáculos particulares para a mudança na dinâmica socioeconômicas de cada comunidade a partir do APL;

7. Determinar a capacidade e estratégias para superar os obstáculos para o desenvolvimento do APL;
8. Avaliar a projeção de faturamento do APL para as comunidades;
9. Avaliar a efetividade – continuidade – do projeto de TS após capacitação.

Nessa perspectiva, considera-se os aspectos de mudança de narrativa, onde os procedimentos apresentados, desenvolvidos em conjunto com os atores sociais permite dar significado ao fenômeno de mudança física e social, atuando como um dispositivo linguístico de empoderamento e inclusão social (Avelino, et al., 2019). Dessa forma, a determinação do cenário em que se apresentem hipóteses positivas para resultados efetivos que incluem capacitação, devem considerar proposição de alternativas para aplicação do RRV incorporado como matéria prima para o APL.

É importante ressaltar que em um contexto de impacto da mineração por acidentes com barragens, como é o caso proposto, a implementação de tecnologias que se utilizam do rejeito que foi responsável pelos problemas vivenciados pelos atores sociais, deve considerar a hipóteses para reconstrução de cenários muito mais minuciosas em relação aos atingidos, assegurando o verdadeiro interesse das comunidades no projeto e que, em nenhuma hipótese haverá, maior comprometimento do estado emocional dos participantes.

Para a efetividade das estratégias de implementação das ações relacionadas às transferências de tecnologias faz-se necessária a multiplicação de conhecimento entre os atores sociais. O projeto de TS desenvolvido pela Embrapa em conjunto com as comunidades da Amazônia inicialmente enfrentou problemas com o ordenamento das atividades e a pouca adesão dos grupos sociais, devido à dificuldade de encontrar horários alternativos para as reuniões com as comunidades, já que muitos atores sociais desenvolviam suas atividades laborais em dias de semana (Souza & Both, 2017). A solução encontrada partiu da tecnologia social nomeada Nures Aprender Fazendo: Formação de Multiplicadores Comunitários, certificada pelo Prêmio Fundação do Banco do Brasil de Tecnologia Social. A criação de um espaço comum de mobilização e integração das comunidades, viabilizou capacitação de multiplicadores comunitários, que se

apropriaram das tecnologias que foram disponibilizadas e assumiram o encargo de repassar o conhecimento e habilidade adquiridos para suas comunidades (Souza & Both, 2017).

Nessa perspectiva, é importante que a difusão do conhecimento conte com a mobilização de lideranças comunitárias. Os multiplicadores motivados às mudanças sociais, se tornam aliados no processo de inclusão e desenvolvimento social. Os multiplicadores tem o encargo de fazer a ponte necessária, traduzir as necessidades, habilidades e vocações dos grupos sociais, e também aumentar o alcance das TS em suas comunidades. O trabalho de seleção das cidades com potencial e aderência para implementação ou absorção das TS, deve ser sucedido pela identificação e convocação (agentes sociais e públicos) de multiplicadores para apresentação do projeto. A inclusão dos representantes locais servirá para garantir o marco para mobilização social e avanço dos trabalhos presenciais para que possam ser apresentadas estratégias para direcionamento da pesquisa e identificação efetiva das tecnologias adequadas, considerando a competência e habilidade destas comunidades.

Assim, a partir de reuniões presenciais e determinação das vocações em conjunto com as comunidades, devem ser apresentadas aos atores sociais as alternativas para a implementação do uso do RBMF como material para produção de artefatos que servirão de base tecnológica para o desenvolvimento dos produtos dos APLs. O resultado das discussões deve servir como elemento de calibração para que se possam realizar os ajustes necessários, considerando as ideias e as propostas das comunidades (AST), até que se chegue à melhor tecnologia em relação à aderência dos grupos, como proposto por Garrido (2011).

5.3.2. Produção de protótipos e capacitação dos multiplicadores

A sustentabilidade partiu do entendimento de que a oferta de produtos e serviços, encontra uma barreira natural, a limitação das fontes de matéria-prima e a grande geração de resíduos industriais (Prevedel, 2017). O reaproveitamento de RBMF para a produção de materiais de construção e na formação de APL constitui uma alternativa sustentável. Prevedel (2017) em sua pesquisa encontrou resultados positivos para a criação de um modelo de APL por uma rede de lojas de materiais de construção em Campina, e enfatizou que o desenvolvimento dessa estrutura acontece pela disponibilização de ferramentas para capital humano provenientes de instituições parceiras, criando um ambiente propício a ideias inovadoras. Nessa perspectiva, o envolvimento

da Universidade com as comunidades proposta por esse trabalho tem um papel importante na formação de recursos humanos.

Araújo et al. (2020) propôs em sua pesquisa uma nova metodologia de reuso do RBMF em um sistema de logística reversa, onde foram avaliados a viabilidade econômica (custos associados à aquisição, operação e manutenção) da utilização desse resíduo na construção civil, obtendo resultados positivos para os cenários estudados. Adicionalmente, a proposta desse trabalho em propor APLs da construção civil, além de promover o desenvolvimento social, colabora com o cumprimento das recomendações do Inquérito Civil Público 1.22.020.000246/2015-34 (Ministério Público Federal, 2016) publicado após o rompimento da barragem do Fundão em 2015, que exige que todas as mineradoras reaproveitem no mínimo 70% de seus rejeitos antes de 2025.

Nesse sentido, com a definição das tecnologias mais aderentes e qualificadas, devem ser formados os agentes multiplicadores, e se apropriar de eventos para produção de protótipos como ferramentas de aprendizado pode significar avanço, considerando evidentemente aqueles produtos mais compatíveis com o perfil de cada cidade, com traços e procedimentos orientados por trabalhos de referências e ajustados conforme as demandas em particular.

Para avaliação de desempenho dos materiais, os protótipos devem ser avaliados fisicamente e quanto a durabilidade, e esses resultados devem fazer parte da estratégia de formação e de acreditação para produtos e multiplicadores. Devem ainda serem produzidas matrizes com agregados convencionais, para que se possa criar ambiente de desmistificação para artefatos produzidos a partir de rejeitos. Todos os produtos obtidos devem ter seus resultados parametrizados por testemunhos produzidos com agregados naturais convencionalmente utilizados.

A estratégia de capacitação proposta inclui estratégias de formação prática e teórica, com cursos de formação presencial para capacitação dos multiplicadores relativamente a cada uma das técnicas possíveis e aderentes à sua comunidade em conjunto com adoção de manuais descritivos e de boas práticas que considerem todo o processo de produção. A formação destes atores pretende habilitá-los para dar continuidade ao treinamento, assistência técnica, e autogestão pós implementação do APL. O envolvimento dos multiplicadores torna-se mais efetivo e incrementa as chances de continuidade do projeto.

5.3.3. Estruturação dos APLs

Com a definição do produto/protótipo e sua respectiva aderência à comunidade, deve ser proposto um modelo de APL que considere as particularidades e competências locais, identificadas pelas etapas que antecedem a definição do modelo para o APL nas reuniões presenciais. Com as informações consolidadas, é possível projetar um APL que incluam as propostas elencadas para as 6 cidades selecionadas, induzindo a formação de uma rede produtiva colaborativa, não competitiva entre si, com vínculo definido entre diferentes linhas de produção.

O processo de estruturação do APL deve considerar disponibilização aos envolvidos, de serviço de assessoria técnica especializada e continuada. A metodologia para implementação de APLs apoia-se no Manual de Atuação de Arranjos Produtivos Locais – APLs (Sistema Fiesp, s.d.) e propõe contribuir com:

- Início das operações de produção;
- Elaboração do planejamento estratégico estruturação do fórum permanente de governança;
- Elaboração do plano descritivo.

Além disso, é necessário que seja oferecido suporte técnico para planejamento das plantas produtivas e operacional quanto a produção dos produtos (Cassiolo & Szapiro, 2002). A assessoria técnica deve incluir visitas técnicas e acompanhamento das atividades para o período necessário ao fortalecimento do APL e sua auto-gestão. O estabelecimento dos APLs permitirá otimizar a relação destes atores com o RBMF e intimizar a relação com as competências de cada comunidade.

As Figuras 24, 25, 26, 27, 28 e 29 ilustram as etapas supracitadas em forma de um guia didático ilustrativo com o passo a passo para implantação dos APLs.

1º PASSO Contato com a comunidade



Figura 24 – Primeiro passo para a formação de APLs da construção civil

2º PASSO Convocação dos multiplicadores

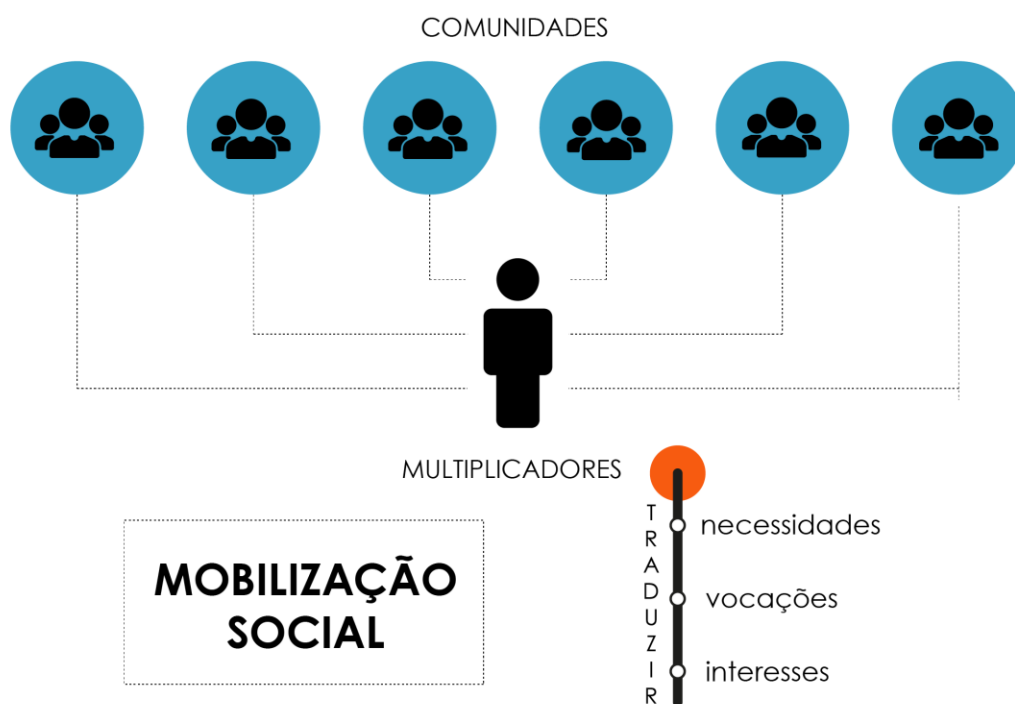


Figura 25 - Segundo passo para a formação de APLs da construção civil

3º PASSO Reuniões presenciais

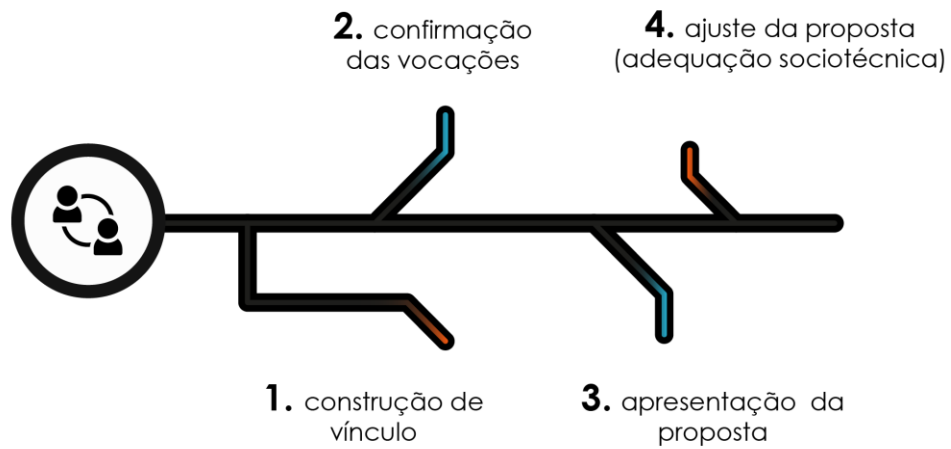


Figura 26 – Terceiro passo para a formação de APLs da construção civil

4º PASSO Produção e caracterização dos protótipos

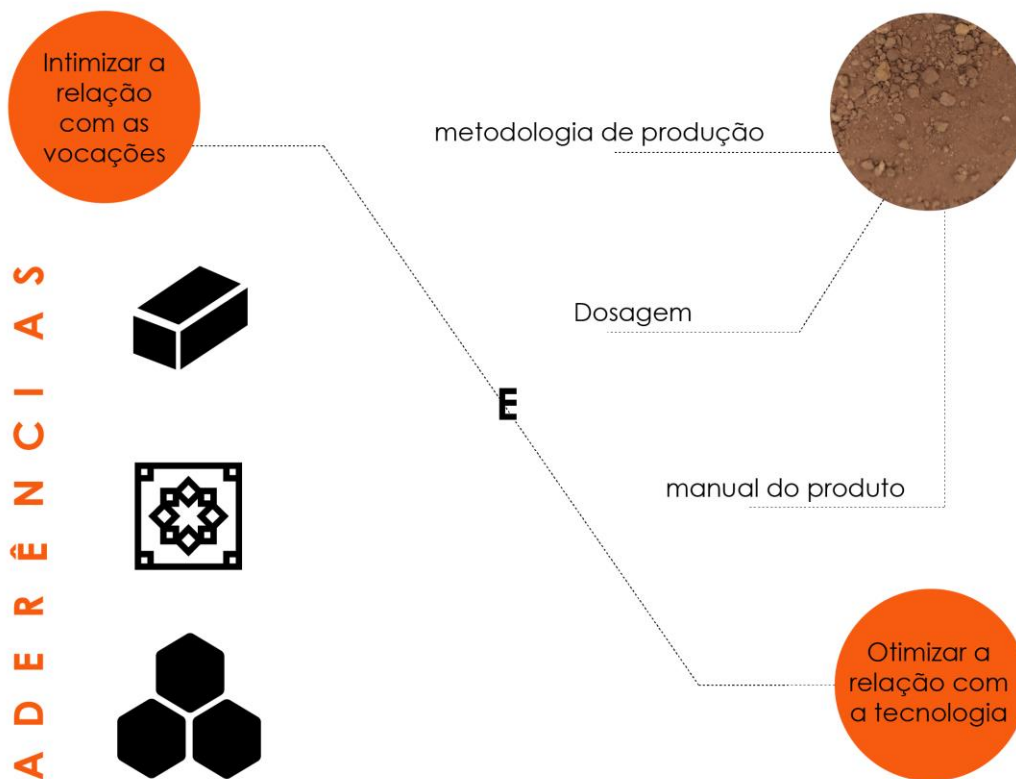


Figura 27 - Quarto passo para a formação de APLs da construção civil

5º PASSO Capacitação



Figura 28 – Quinto passo para a formação de APLs da construção civil

6º PASSO Implementação de uma rede de APLs e assessoria técnica

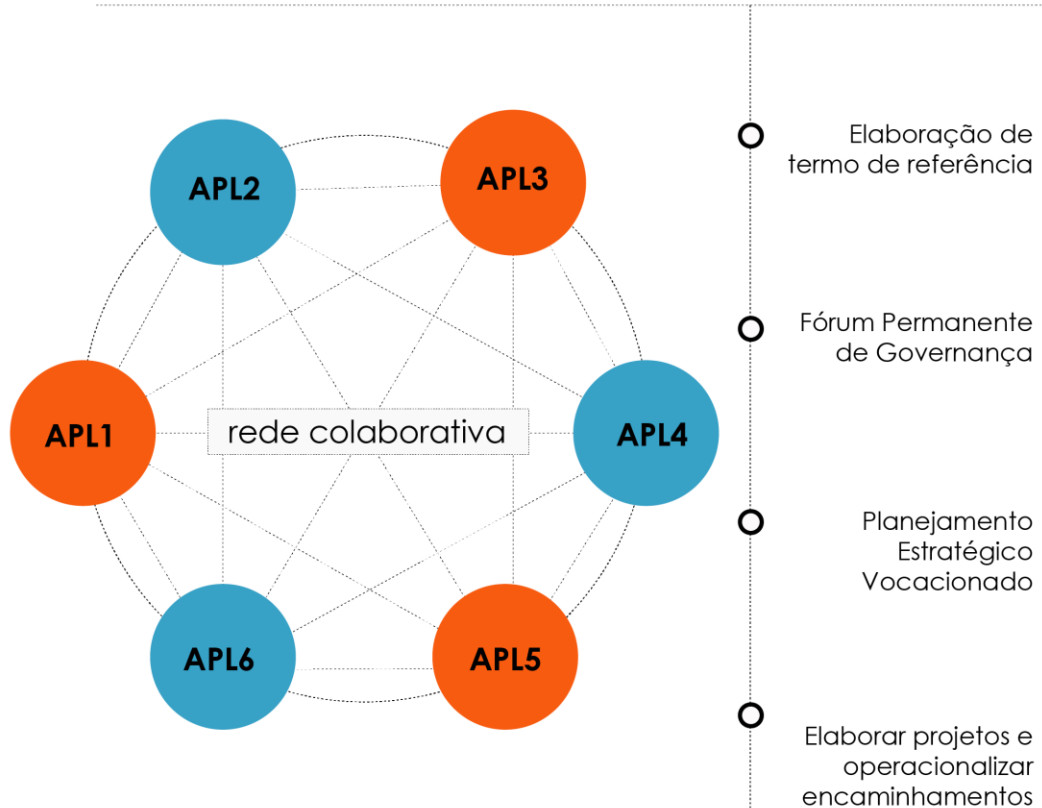


Figura 29 – Sexto passo para a formação de APLs da construção civil

6. CONCLUSÃO

O setor extrativo mineral tem causado grandes impactos socioambientais decorrentes do rompimento de barragens de rejeito. Esse trabalho, teve como objetivo explorar as possibilidades de mitigação desses impactos, através da implementação de TS como manutenção da qualidade de vida dos afetados. Evidencia-se pelos casos de sucesso, a possibilidade de promover TS por meio de transferências de tecnologias, sendo elas de interesse do grupo social que se apropria e alicerçada em aspectos como a vocação/competência, necessidade e capacitação de uma comunidade.

A metodologia do trabalho foi dividida em 3 etapas; mapeamento das comunidades, caracterização do rejeito disponibilizado pela Fundação Renova (RRV), e estratégias de abordagem e reconstrução de cenário através da implementação do APL.

A partir do mapeamento segundo critério do IBGE e questionário aplicado às Secretarias de Desenvolvimento e Assistência Social, observou-se que algumas cidades com maior demanda por mitigação dos impactos do rompimento da barragem de Fundão, sendo eles; Rio Doce, Naque, Periquito, Galiléia, Conselheiro Pena e Resplendor. Algumas possíveis aderências foram identificadas para cada comunidade. Como os parâmetros selecionados para identificar o cenário das cidades fundamentaram-se nas respostas inicialmente em conjunto com os indicadores das cidades, ainda não é possível afirmar que elas representem a totalidade das demandas das comunidades atingida. Para validação destas respostas, bem como identificação das vocações dos municípios, é necessário que sejam realizadas campanhas de campo que incluam contato presencial com as comunidades.

Os resultados obtidos na caracterização do RRV apontaram algumas divergências em relação ao RBMF, entretanto, suas características físicas e químicas indicam a possibilidade de reaproveitamento desse resíduo na construção civil. A caracterização mineralógica, apesar de identificar os minerais comumente encontrados no RBMF, requer maiores estudos incluindo análise quantitativa das fases identificadas. Notou-se que o rejeito é bem graduado e particularmente fino, com granulometria próxima aos rejeitos de mineração utilizados como de material cimentício suplementar para a produção de concreto, como agregado miúdo para a produção de pré-moldados e como pigmento para a produção de tintas.

Foram propostas diretrizes para estruturação e implementação de APLs para a produção de compósitos da construção civil. Notou-se a importância da construção gradativa de vínculo com as comunidades afetadas pelo rompimento, para efetividade das TS. Dos resultados apresentados, destacam-se a identificação de lideranças comunitárias, os multiplicadores, para levantamento e validação das necessidades e vocações dos atores sociais. Acredita-se que através de reuniões presenciais com as comunidades, cria-se possibilidades alinhamento de demandas e aderências das tecnologias e melhoria nas projeções das TS. Entende-se pelo resultado dessa pesquisa, que para a efetividade dos APLs é necessário fornecer suporte técnico e operacional no processo de implementação e planejamento das plantas produtivas. Através dessa metodologia, foi realizado um guia didático com o passo-a-passo para se desenvolver APLs para a produção de compósitos da construção civil.

Nessa perspectiva, os resultados obtidos por essa pesquisa permitiram identificar o potencial de comunidades atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão para a promoção de TS inovadoras. Acredita-se que através da capacitação para a implementação dos APLs e das competências das cidades selecionadas seja possível reconstruir de cenário socioeconômico desses municípios, bem como das comunidades circunvizinhas.

6.1. Trabalhos futuros

- Validar presencialmente as demandas e necessidades das comunidades.
- Produção e caracterização de protótipos dos compósitos da construção civil.
- Capacitação das comunidades.
- Estruturação dos APLs.

7. REFERÊNCIAS

Abiko, A. K. & Ornstein, S. W., 2002. *Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social*. v.1 a cura di São Paulo: Coletânea Habitare.

ABNT, 2003. *NBR NM 248:2003 - Agregados - Determinação da composição granulométrica*, Rio de Janeiro: s.n.

ABNT, 2003. *NBR 6118 – Projeto e execução de obras de concreto armado*, Rio de Janeiro: s.n.

ABNT, 2004. *NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação*. Rio de Janeiro : Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT, 2004. *NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação* , s.l.: s.n.

ABNT, 2006. *NBR NM 45 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios*, Rio de Janeiro : s.n.

ABNT, 2009. *NBR NM 52 - Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente*, Rio de Janeiro : s.n.

ABNT, 2010. *NBR 7211-Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis*, Rio de Janeiro: s.n.

ABNT, 2011. *Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio*, s.l.: ABNT.

ABNT, 2011. *NBR 15961: Alvenaria estrutural — Blocos de concreto*, s.l.: s.n.

ABNT, 2013. *NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio*, s.l.: ABNT.

ABRAMAT, 2018. *Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção - Perfil da Cadeia*, s.l.: FGV Projetos.

Abrão, P. C., 1987. *Sobre a Deposição de Rejeitos de Mineração no Brasil. Simpósio sobre Barragens de Rejeitos e Disposição de Resíduos Industriais e de Mineração*. Rio de Janeiro, REGEO'87.

ANA, 2017. *Agência Nacional de Águas-Relatório de Segurança de Barragens 2017* , Brasília: s.n.

ANA, 2019. *Agência Nacional das Águas - Relatório de Segurança de Barragens 2019*, Brasília : Ministério do Desenvolvimento Regional.

Andrade, L. C. R., 2014. *Caracterização de rejeitos de mineração de ferro, in natura e segregados, para aplicação como material de construção civil*, Universidade Federal de Viçosa: Doutorado.

ANM, 2019. *Relatório Anual de Segurança de Barragens de Mineração 2019*, Brasília : s.n.

Araújo , S. R., Rodrigues, L. F., Mendes , J. C. & Peixoto , R. A. F., 2020. Reverse logistics system applied to the reuse of iron ore tailings. *Waste Management & Research*, 00(0)(SAGE), pp. 1-9.

- Arocena, R., Göransson, B. & Sutz, J., 2018. *Developmental universities in inclusive innovation systems - Alternatives for Knowledge Democratization*. Palgrave Macmillan a cura di Cham: Springer Nature.
- Assessoria de Comunicação Social/CEFET-MG e Portal Fundação Banco do Brasil, 2007. *Projeto Construção Sustentável, que concorre a prêmio, alia questões ambientais e sociais*, Disponível em: <http://tecquimica.cefetmg.br/noticias/2007/09/noticia0009.html>: Acesso em: 12 de janeiro de 2021.
- ASTM, 2015. *Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units*, s.l.: ASTM.
- Avelino, F. et al., 2019. Transformative social innovation and (dis)empowerment. *Technological Forecasting and Social Change*, 145(Elsevier), pp. 195-206.
- Azevedo, I. P., 2020. *Impactos socioeconômicos da atividade mineradora*. Ouro Preto , Monografia - Departamento de Engenharia de Minas.
- Barboza, D. V. et al., 2019. Aplicação da Economia Circular no Civil. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 8(Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1102>. Acesso em: 15 de janeiro de 2021), p. e9871102.
- Barreto , M. L., 2001. *Mineração e desenvolvimento sustentável: Desafios para o Brasil*. CETEM/MCT a cura di Rio de Janeiro : s.n.
- Barreto, A. A., 1991. *A informação e a Comunicação em comunidades urbanas diferenciadas na cidade do Rio de Janeiro*. IBICT /CNPq a cura di Rio de Janeiro : ECOIUF RJ .
- Bastos , L. A. C., Silva, G. C., Mendes, J. C. & Peixoto, R. A. F., 2016. Using Iron Ore Tailings from Tailing Dams as Road Material. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 04016102(ASCE), pp. 1-9.
- Batista, J. O. et al., 2016. *Relatório Técnico: Utilização de Rejeito de Barragem de Minério de Ferro na Construção Civil*, Ouro Preto : Relatório para o Ministério Público Federal .
- Baumgarten, M., 2008. Ciência, tecnologia e desenvolvimento-redes e inovação social. *Parcerias estratégicas*, Volume v. 26, pp. p. 101-123.
- Bava, S. C., 2004. Tecnologia social e desenvolvimento local. In: *Tecnologia Social: uma estratégia para o desenvolvimento*. Brasília : Fundação Banco do Brasil , pp. 103-116.
- Bellandi, M., Donati, L. & Cataneo, A., 2021. Social innovation governance and the role of universities: Cases of quadruple helix partnerships in Italy. *Technological Forecasting & Social Change*, 164(Elsevier), p. 120518.
- Boisier, S., 2001. Desarrollo (local): ¿ de qué estamos hablando?. In: *Transformaciones globales, instituciones y políticas de desarrollo local*. Rosario: Homo Sapiens, p. 14.
- Bonilha, M. C. & Sachuk, M. I., 2011. Identidade e Tecnologia Social: Um estudo juntos às artesãs da vila rural da Esperança. *CADERNOS EBAPE.BR*, v. 9(Rio de Janeiro), pp. 412-437.
- Bozeman, B., 2000. Technology transfer and public policy: a review of research and theory. *Research Policy*, 29(Elsevier), pp. 627-655.

Braga, E., 2011. *Maior acidente ambiental de Minas Gerais ainda está impune*, Belo Horizonte, 30 de mar: O Estado de Minas - Disponível em: http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2011/03/30/interna_gerais,218533/mai%20or-acidente-ambiental-de-minas-gerais-ainda-esta-impune.shtml.

Buarque, S. C., 1999. *Metodologia de planejamento do desenvolvimento local sustentável*. Brasília: Projeto de Cooperação Técnica INCRA/IICA.

Cabral Junior, M., Motta, J. F. M. & Almeida, A. S., 2008. Argila para cerâmicas vermelhas . In: *Rochas Minerais Industriais: Usos e Especificações*. Rio de Janeiro : CETEM , p. 747 – 770.

Carrasco , E. V. M. et al., 2017. Characterization of mortars with iron ore tailings using destructive and nondestructive tests. *Construction and Building Materials*, 131(Elsevier), p. 31–38.

Carrasco, E. V. M. et al., s.d. Characterization of mortars with iron ore tailings using destructive and nondestructive tests.

Carvalho, J. M. F. et al., 2019. More eco-efficient concrete: An approach on optimization in the production and use of waste-based supplementary cementing materials. *Construction and Building Materials* , 206(Elsevier), pp. 397-409.

Cassiolato, J. E. & Szapiro, M., 2002. *Proposição de políticas para a promoção de sistemas produtivos locais de micro, pequenas e médias empresas - Arranjos e sistemas produtivos locais no Brasil*, Rio de Janeiro: IE/UFRJ.

Castels, M. & Borja, J., 1996. “*As cidades como atores políticos*” *Novos estudos CEBRAP*, s.l.: Dossiê Cidades.

Christófolli, J. L., 2010. *Estudo de argilas calcinadas para a produção de cimento portland pozolânico na região de Curitiba, Paraná -Brasil*, Universidade Federal do Paraná : Dissertação de Mestrado .

Condeiro , G. C. & Désir, J. M., 2010. Potential of kaolinitic clay from Campos dos Goytacazes, RJ, in the production of pozzolan for high-strength concrete. *Cerâmica*, 56 (337)(SciELO).

Costa, A. B. & Abreu, K. D. R., 2013. O Programa Água Doce: transformando uma tecnologia convencional em tecnologia social. In: A. Costa, a cura di *Tecnologia social & políticas públicas*. São Paulo: Instituto Pólis; Brasília: Fundação Banco do Brasil, pp. 153-.

Craig , G., 2007. Community capacity-building: something old, something new...?. *Critical Social Policy*, Volume 27 (3), pp. 335-359.

Dadnino, R. P., 2009. Tecnologia social: ferramenta para construir outra sociedade. In: Campinas, SP: Unicamp, pp. 5-16.

Dagnino, R., 2009. *Tecnologia Social: ferramenta para construir outra sociedade*. s.l.:s.n.

Dagnino, R., 2014. *Tecnologia Social: contribuições conceituais e metodológicas*. Scielo a cura di Campina Grande: EDUEPB.

Dagnino, R. P., 2009. Tecnologia social: ferramenta para construir outra sociedade. In: Campinas, SP: Unicamp, pp. 5-16.

- Dauce, P. D., Castro, G. B., Lima, M. M. F. & Lima, R. M. F., 2019. Characterisation and magnetic concentration of an iron ore tailings. *Journal of Materials Research and Technology*, 8 (1)(Elsevier), pp. 1052-1059.
- Defáveri, K. C. S. et al., 2019. Iron ore tailing-based goepolymer containing glass wool residue: A study of mechanical and microstructural properties. *Construction and Building Materials* , 220(Elsevier), pp. 375-385.
- Dick, R. W. et al., 2007. The Native Telehealth Outreach and Technical Assistance Program: a community-based approach to the development of multimedia-focused health care information. *Am Indian Alaska Native Ment Health Res*, 14 (2)(Spero M. Manson), pp. 49-66.
- Elkington, J., 2012. *Sustentabilidade: canibais com garfo e faca*. São Paulo : Makron Books.
- Escalante, K. N., Belmonte , S. & Gea, M. D., 2013. Determining factors in process of socio-technical adequacy of renewable energy in Andean Communities of Salta, Argentina. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22(Elsevier), pp. 275-288.
- Fabiani, P. et al., 2018. *Avaliação de Impacto Social metodologias e reflexões*. Disponível em: <<https://www.idis.org.br/avaliacao-de-impacto-social-metodologias-e-reflexoes>> Acesso em 15/10/2020 a cura di s.l.:Instituto para o Desenvolvimento e Investimento Social.
- Falcão , L. F. A., 2020. *A configuração do dano existencial sobre pessoas atingidas no município de barra longa em decorrência do rompimento da barragem de Fundão*, Monografia: Universidade Federal de Ouro Preto .
- Fazenda , J., 2005. *Paints and Varnishes: Science and Technology*, São Paulo : Edgard Blücher.
- FEAM, 2014. *Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais, Gestão de barragens*, s.l.: <http://www.feam.br/monitoramento/gestao-de-barragens>, acessado em 15 de out, 2020..
- Fernandes, F. R. C., Alamino, R. C. J. & Araújo, E., 2014. *Recursos minerais e comunidade: impactos humanos, socioambientais e econômicos*. CETEM/MCTI a cura di Rio de Janeiro: s.n.
- FIBRA, 2017. *Construção civil representa 6,2% do PIB Brasil*, Acessado: 14 de maio de 2021: Publicado: Terça, 14 Fevereiro 2017.
- Finkelievich, S., 1990. Innovative technologies for Latin American megacities. *Cities*, Issue Elsevier, pp. 65-71.
- Fontes, W. C., 2013. *Rejeito de barragem de minério de ferro como agregado reciclado para argamassas de revestimento e assentamento*. PROPEC a cura di Dissertação (Mestrado): Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
- Fontes, W. C. et al., 2018. Iron ore tailings in the production of cement tiles: a value analysis on building sustainability. *Ambiente Construído*, 18(Porto Alegre), pp. 395-412.
- Franco , L. C. et al., 2014. Aplicação de rejeitos de mineração como agregado paraa produção de concreto. *56º Congresso Brasileiro do Concreto (IBRACON)*, Natal, Rio Grande do Noirte Anais.

- Franks, D. M., Boger, D. V., Côte, C. M. & Mulligan, D. R., 2011. Sustainable development principles for the disposal of mining and mineral processing wastes. *Resources Policy*, 36(Elsevier), pp. 114-122.
- Freire, P., 1987. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- Fundação Banco do Brasil , 2004. *Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento*. Rio de Janeiro : s.n.
- G1, 2015. *Prefeito de Mariana diz que prejuízo com barragens é de R\$ 100 milhões*, Acesso em: 8 de agosto de 2020: Disponível em: <http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2015/11/prefeito-de-mariana-diz-que-prejuizo-com-barragens-e-de-r-100-milhoes.html>.
- G1, 2015. *ROMPIMENTO DE BARRAGEM EM MARIANA: PERGUNTAS E RESPOSTAS*, Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2015/11/rompimento-de-barragens-em-mariana-perguntas-e-respostas.html>>. Acesso em: 20 de setembro de 2020: Globo.
- Gaiser, L. I., Besson, M., Lara, F. & Sommer, I., 1999. *A Economia Solidária no RS: viabilidade e perspectivas*. Série Movimentos Sociais e Culturais, n° 15. a cura di São Leopoldo: Unisinos: Caderno CEDOPE.
- Galvão , J. L. B. et al., 2018. Reuse of iron ore tailings from tailings dams as pigment for sustainable paints. *Journal of Cleaner Production*, 200(Elsevier), pp. 412-422.
- Garcia, S., 2014. A tecnologia social como alternativa para a reorientação econômica. *Estudos Avançados* , 28, n° 82(SciELO), pp. 551-275.
- Garrido, S., Lalouf, A. & Thomas, H., 2011. Resistencia y adecuación socio-técnica en los procesos de implementación de tecnologías. Los dispositivos solares em el Secano de Laval. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 15(ASADES), pp. 12.01-12.10.
- Gennari, A. M., 2011. Globalização, Estado, neoliberalismo e desigualdade social no Brasil. In: *Gestão pública e sociedades: fundamentos e políticas de economia solidária*. São Paulo: Outras Expressões, pp. 21-46.
- Gomide , C. S. et al., 2018. *Dicionário crítico de mineração*. s.l.:iGuana.
- Grint, K. & Woolgar, S., 2013. *The Machine at Work: Technology, Work and Organization*. New york: John Wiley & Sons.
- Grupo Força-Tarefa, 2016. *Relatório: Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem do Fundão em Mariana-MG*, Belo Horizonte: Governo do Estado de Minas Gerais .
- Haddad, L. D., 2016. Análise da Influência da granulometria do agregado miúdo nas propriedades mecânicas e de durabilidade das argamassas de revestimento. *Ciência & Engenharia*, ISSN 1983-4071.
- Hernandez, C. A. O., Araújo, A. C., Valadão, G. E. S. & Amarantes , S. C., 2005. Pasting characteristics of hematite/quartz systems. *Mineral engineering*, 18(Elsevier), pp. 935-939.
- Hilson, G. & Murck, B., 2000. Sustainable development in the mining industry: clarifying the corporate perspective. *Resources Policy*, 26(Elsevier), pp. 227-238.

IBAMA, 2015. *Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - Rompimento da Barragem de Rejeito de Fundão Mariana/MG*, Brasília: s.n.

IBAMA, 2015. *INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - Laudo Técnico Preliminar - Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais*, Brasília: s.n.

IBGE, 2021. *Síntese de Indicadores Sociais*, Acessado em: 3 de janeiro de 2021: Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/9221-sintese-de-indicadores-sociais.html>.

IBRAM;, 2019. *Instituto Brasileiro de Mineração - Relatório Anual de atividades*, s.l.: Profissionais do Texto Ltda..

ITS, I. d. T. S., 2004. *Caderno de Debate - Tecnologia Social no Brasil*, s.l.: Editora Raiz.

ITS, I. d. T. S., 2007. *Conhecimento e cidadania 2 - Tecnologia Social e Desenvolvimento Participativo*, s.l.: s.n.

ITS, I. d. T. S., 2007. *Série de Conhecimento e cidadania1 - Tecnologia Social*, s.l.: s.n.

John, V. M. & Cavalcante, J. R., 1996. *Conclusões. In: Workshop Reciclagem de Resíduos como Materiais de Construção Civil*. São Paulo, ANTAC.

Junior, J. F. T., 2018. *Influência do empacotamento da areia no desempenho dos compósitos cimentícios*. Universidade Federal de Minas Gerais , Dissertação de mestrado.

Kapp, S. & Cardoso, A. L., 2013. Marco teórico da Rede Finep de Moradia e Tecnologia Social – Rede Morar T.S.. *Risco - Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo*, 17(IAU USP), pp. 94-120.

Khairul, M., Zanganeh, J. & Moghtaderi, B., 2019. The composition, recycling and utilisation of Bayer red mud. *Resources, Conservation & Recycling*, p. 483–498.

Kilbert, C. J., 1994. *“Principles of Sustainable Construction”*, *Proceedings of the First International Conference on Sustainable Construction*. Tampa, FL, EUA, s.n.

Klossowski, A., Freitas, C. C. G. & Freitas, F. P. M., 2016. O envolvimento da universidade pública em relação à tecnologia social (2001 a 2011). *Revista Tecnologia Social* , 12(Universidade Tecnológica Federal do Paraná), pp. 61-80.

Kossoff, D. et al., 2014. Mine tailings dams: Characteristics, failure, environmental impacts. *Applied Geochemistry* 51, pp. 229-245.

Kruss, G., 2012. Reconceptualising engagement: a conceptual framework for analysing university interaction with external social partners. *South African Review of Sociology*, 43 (2)(Taylor & Francis), pp. 5-26.

Kuranchie, F. A., Shukla, S. K., Habibi, D. & Mohyeddin, A., 2015. Utilisation of iron ore tailings as aggregates in concrete. *Cogent Engineering*, Issue Taylor & Francis, pp. 1-11.

Lana, Z. M. O., 2015. A atividade mineradora em Minas Gerais e em Ouro Preto: impactos socioambientais e intervenções para a sustentabilidade. *Sociedade e Território* , Volume 27(3), pp. 45 - 59.

- Luz, A. B., Sampaio, J. A. & Almeida, A. L. M., 2004. *Tratamento de minérios*, Rio de Janeiro: Centro Tecnológico Mineral .
- Magalhães, L. F. et al., 2020. Iron ore tailings as a supplementary cementitious material in the production of pigmented cements. *Journal of Cleaner Production*, 274(Elsevier), p. 123260.
- Mancini, L. & Sala, S., 2018. Avaliação de impacto social no setor de mineração: revisão e comparação de quadros de indicadores. *Política de Recursos*, 57(Elsevier), pp. 98-111.
- Mantilla, J. N. R., Miranda, D. N., Fuina, J. S. & Carrasco , E. V. N., 2017. Mechanical Characteristics of Pavers with Iron Ore Tailings. *Applied Mechanics and Materials* , 864(Trans Tech Publications), pp. 330-335.
- Matos , M. L. D., 2015. *O papel da comunicação no processo de transferência de tecnologia da Embrapa para a comunidade indígena Campo Alegre de Boa Vista, RR*, Universidade Estadual de São Paulo: Dissertação de Mestrado.
- Mechi, A. & Sanches, D. L., 2010. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. *Estudos Avançados*, 24 (68)(SciELO), pp. 209-220.
- Mendes , B. C., 2019. *Reaproveitamento do rejeito de minério de ferro, liberado no desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão (MG), na produção de blocos cerâmicos*. Universidade Federal de Viçosa a cura di Viçosa: Dissertação (mestrado).
- Mendes , B. C. et al., 2019. Technical and environmental assessment of the incorporation of iron ore tailings in construction clay bricks. *Construção e materiais de construção*, 227(Elsevier), p. 116669.
- Mendes , J. C. et al., 2019. On the relationship between morphology and thermal conductivity of cement-based composites. *Cement and Concrete Composites*, 104(Elsevier), p. 103365.
- Mendes , J. C. et al., 2020. Correlation Between Ultrasonic Pulse Velocity and Thermal Conductivity of Cement-Based Composites. *Journal of Nondestructive Evaluation*, 39(Springer), p. 36.
- Mendes, J. C. et al., 2020. Factors affecting the specific heat of conventional and residue-based mortars. *Construction and Building Materials*, 237(Elsevier), p. 117597.
- Mendes, L., Bonilha, M. C., Ichikawa, E. Y. & Sachuk, M. I., 2015. Tecnologias Sociais, Biopolíticas e Biopoder: Reflexões Críticas. *Caderno EBAPE.BR*, 13(Rio de Janeiro), pp. 687-700.
- Metaxas, T. & Karagiannis, D., 2016. Culinary tourism in Greece: can the past define the future? Dimensions of innovation, entrepreneurship and regional development. *Journal of Developmental Entrepreneurship*, Volume V. 21.
- Milanez, B. et al., 2018. Desafios para uma prática científica crítica diante do desastre na bacia do Rio Doce. In: *Desastre na Bacia do Rio Doce: desafios para a universidade e para instituições estatais*. Rio de Janeiro: Letra e Imagem, pp. 123-148.
- Milheiro , F. A. C., Freire, M. N., Silva , A. G. & Holanda, J. N., 2005. Densification behaviour of a red firing Brazilian kaolinitic clay. *Ceramics International*, 31 (5)(Elsevier), pp. 757-763.

- Ministério Público Federal , 2016. *Recomendação nº 014/2016-MPF-GAB/FT com base no Inquérito Civil Público nº 1.22.020.000246/2015-34*. Belo Horizonte: Ministério Público do Estado de Minas Gerais.
- Morais, C. F. et al., 2021. Thermal and mechanical analyses of colored mortars produced using Brazilian iron ore tailings. *Construction and Building Materials*, 268(Elsevier), p. 121073.
- Nery, M. A. C., 2010. Gestão de Recursos Minerais como Fator de Desenvolvimento. *Congresso Internacional de Direito Minerário*, 9 Junho.
- Novais , H. T. & Dias, R., 2009. *Contribuições ao marco analítico-conceitual da tecnologia social*. Unicamp a cura di Campinas: In: Dagnino, R . *Tecnologia social: ferramenta para construir outra sociedade*.
- ONU , 1997. *United Nations, Economic and Social Council - Operational Activities of the United Nations for International Development Cooperation: Follow-Up to Policy Recommendations of the General Assembly Addendum Capacity-Building*, Geneva : Report of the Secretary-General.
- Oritola , S., Saleh, A. L. & Mohd Sam, A. R., 2015. Performance of Iron Ore Tailings as Partial Replacement for Sand in Concrete. *Applied Mechanics and Materials*, 735(Trans Tech Publications), pp. 122-127.
- Passos, F. R. L., 2019. Este canto é nosso: festa e direito à apropriação nos territórios atingidos pelos rejeitos de minério do Fundão, em Mariana, Minas Gerais. *Indisciplinar*, 5 (2)(Recuperado de <https://periodicos.ufmg.br/index.php/indisciplinar/article/view/32865>), p. 262–285.
- Peixoto, R. A. F. et al., 2013. *Utilização de rejeitos de mineração na construção civil – Relatório Técnico Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico para Mineração MMX, TDPP/012-2013*, Belo Horizonte: FCM.
- Pereira , H. B. B., Freitas, M. C. & Sampaio, R. R., 2011. Fluxos de informações e conhecimentos para inovações no arranjo produtivo local de confecções em Salvador, Bahia. *Revista de Ciência da Informação*, 8 (4)(DataGramZero), pp. 1-20.
- Pessoa, F. F., 2008. *Comparação da cobertura jornalística de acidentes ambientais por veículos impressos em Minas Gerais e Rio de Janeiro*. Viçosa: Dissertação de Mestrado.
- Pontes , J. C., Farias, M. S. S. & Lima , V. L. A., 2013. Mineração e seus reflexos socioambientais: estudo de impacto de vizinhança (EIV) causado pelo desmonte de rochas com uso de explosivos. *Polemica* , 12 (1)(Labore), pp. 77-90.
- Pozzebon, M. & Fontenelle, I. A., 2018. Fostering the post-development debate: the Latin American concept of tecnologia social. *Third World Quarterly*, 39(Taylor & Francis), pp. 1750-1769.
- Presotti, E. S., 2002. *Influência do Teor de Ferro nos Parâmetros de Resistência de um Rejeito de Minério de Ferro*. Universidade Federal de Ouro Preto a cura di Ouro Preto: Dissertação de Mestrado .
- Prevedel , G. E., 2017. *Estudo dos fatores que possibilitam a formação de Arranjos Produtivos Locais de comércio na cidade de Campinas*. Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas a cura di Campinas : Dissertação de Mestrado.
- Protasio, F. N., Avillez, R. R., Letichevsky, S. & Silva, F. A., 2021. The use of iron ore tailings obtained from the Germano dam in the production of a sustainable concrete. *Journal of Cleaner Production* , 278(Elsevier), p. 239293.

Prysthon, C. & Schmidt, S., 2002. *Experiência do Leaal/UFPE na produção e Transferência de Tecnologia*. Brasília, Ci. Inf, p. 2002.

Ptáček, P., Kubátová, D., Havlica, J. & Brandstetr, J., 2010. Isothermal kinetic analysis of the thermal decomposition of kaolinite: The thermogravimetric study. *Thermochimica Acta*, 501(Elsevier), p. 24–29.

Rocha , M. I. A., Hunzicker, A. C. M. & Fantinel, L. M., 2020. O rompimento da barragem B1 da Mina Córrego do Feijão e os desafios para a educação. *Ciência e Cultura* , 72(2)(SciELO), pp. 17-21.

Rodrigues, I. & Barbieri, J. C., 2008. A emergência da tecnologia social: revisitando o movimento da tecnologia apropriada como estratégia de desenvolvimento sustentável. *Revista de Administração Pública*, 42(RAP-Rio de Janeiro), pp. 1069-94.

Sachs, J. & McArthur, J., 2002. *Technological Advancement and Long-Term Economic Growth in Asia*, Earth Institute: Columbia University.

Saedi, A., Jamshidi-Zanjani, A. & Darban, A. K., 2020. A review on different methods of activating tailings to improve their cementitious property as cemented paste and reusability. *Journal of Environmental Management*, 270(Elsevier), p. 110881.

Sánchez, L. E., 2010. *Comunidades podem defender seus direitos durante licenciamento ambiental*, Acessado em: 20 de abril de 2021: Disponível em: <http://www.mobilizadores.org.br/entrevistas/comunidades-podem-defender-seus-direitos-durante-licenciamento-ambiental/?eixo=>.

Sant’ana Filho, J. N. et al., 2017. Technical and Environmental Feasibility of Interlocking Concrete Pavers with Iron Ore Tailings from Tailings Dams. *Journal of Materials in Civil Engineering*.

Santos , D. H. et al., 2000. *Utilização de Rejeito de Mineração de Ferro para a Produção de Argamassas para a Construção Civil*, Universidade Federal de Ouro Preto : Laboratório de Materiais de Construção .

SEBRAE, 2014. *Arranjos Produtivos Locais - Série empreendimentos coletivos*, Brasília: Sebrae.

Segadães , A. M. & Devezas, T. C., 2003. Relação entre distribuição granulométrica, morfologia e empacotamento de partículas num sistema real: Alta-Alumina. *Anais do 47º Congresso Brasileiro de Cerâmica*, pp. 150-161.

Segnini, A. et al., 2008. Estudo comparativo de métodos para a determinação da concentração de carbono em solos com alto teor de Fe (Latosolos). *Química Nova* , 31 (1)(SciELO), pp. 94-97.

SEGUR, 2019. *Superintendência Regional do Trabalho em Minas Gerais - Relatório de Análise de Acidente de Trabalho: Rompimento da barragem B I da Vale S.A. em Brumadinho/MG em 25/01/2019*, s.l.: s.n.

Serafim, M. P. & Dias, R. B., 2013. Tecnologia social e tratamento de esgoto na área rural. In: A. Costa, a cura di *Tecnologia social & políticas públicas*. São Paulo: Instituto Pólis; Brasília: Fundação Banco do Brasil, pp. 184-206.

Shettima, A. U., Hussin, M. W., Ahmad, Y. & Mirza, J., 2016. Evaluation of iron ore tailings as replacement for fine aggregate in concrete. *Construction and Building Materials*, 120(Elsevier), p. 72–79.

Sistema Fiesp, s.d. *Manual de Atuação em Arranjos Produtivos Locais -APLs*. São Paulo : Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.

Sjostrom, E., 1996. Service life of the building. In: CIB, a cura di *Application of the performance concept in building*. s.l.:Tel Aviv, pp. p.6-1;6-11.

Soares, A. F. F., 2009. *Software especialista para dosagem de misturas cimentícias, 2009. (Monografia de conclusão de curso). Curso de Engenharia de Produção Civil*. Monografia a cura di Belo Horizonte.: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MT.

Soffner, R. K., 2014. Tecnologias sociais e práxis educativa. *Revista de Educação PUC-Campinas*, 19(Elvira Cristina Martins Tassoni), pp. 57-62.

Souza, V. B. & Both, J. P. C. L., 2017. Aprender Fazendo: Formação de Multiplicadores Comunitários com Uso de Tecnologia da Embrapa. In: *Sistematização de Experiências: Métodos de Transferência de Tecnologia, Intercâmbio e Construção do Conhecimento*. Brasília : Embrapa .

Tan, X. & Altrock, U., 2016. Struggling for an adaptive strategy? Discourse analysis of urban regeneration processes – A case study of Enning Road in Guangzhou City. *Habitat International*, 56(Elsevier), pp. 245-257.

The Interorganizational Committee on Principles and Guidelines for Social Impact Assessment, 2003. *Principles and guidelines for social impact assessment in the USA*. s.l., s.n.

Thomé, R. & Ribeiro, L. G. G., 2019. A descaracterização de barragens de rejeitos. *Veredas do Direito*, Volume 16(35), pp. 63-85.

Turker, D. & Vural, C., 2017. Embedding social innovation process into the institutional context: Voids or supports. *Technological Forecasting and Social Change*, 119(Elsevier), pp. 98-113.

UN General Assembly, 2015. *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*, New York: United Nations.

Vanclay, F., 2003. *International Principles for Social Impact Assessment*, s.l.: Impact Assessment & Project Appraisal.

Vieira, C. M. F. et al., 2006. Incorporation of fine steel sludge waste into red ceramic. *Materials Science and Engineering: A*, 427(1-2)(Elsevier), p. 142–147.

Walters, M. G., 1990. Innovations for the poor in New York City. *Cities*, Issue Elsevier, pp. 76-77.

Wang, D. et al., 2020. Characteristics of autoclaved lightweight aggregates with quartz tailings and its effect on the mechanical properties of concrete. *Construction and Building Materials*, 262(Elsevier), p. 120110.

Wolff, A. P., 2009. *WOLFF A. P., Caracterização de rejeitos de minério de ferro de minas da Vale*. Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP a cura di Ouro Preto: (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral.

Yi, Z., Sun, H. & Li, Y., 2009. Research on the influence of thermal activation for the cementitious activity of iron ore tailing. *Journal Wuhan Univ. Technol.*, 31 (12)(in Chinese), pp. 5-7.

Zille, H. R. B., Padula, F. R. G., Maia, N. S. & Peixoto, R. A. F., 2007. *O uso de escória de aciaria em pavimento rígido. In: Reunião de pavimentação urbana. Ribeirão Preto -SP, RPU.*

ANEXO I

QUESTIONÁRIO					
CIDADES	1. Sua cidade sofreu influência do rompimento da barragem de Fundão para o seu município? Se sim, qual?	2. Se sim, como a sua cidade lida com essas influências?	3. Houveram ações de assistência por parte dos agentes?	4. Quais as necessidades sociais observadas em sua cidade pós incidente?	5. Qual a atividade econômica mais importante para cidade?
Mariana	Sim. Economia e desalojamento de famílias.	Projeto da Renova com a prefeitura.	Sim	Estão solucionando	Mineração
Barra Longa	Sim. Em todos os aspectos.	Acompanhamento com as famílias.	Insuficiente	Geração de renda, reconstrução e assistência social.	Comércio
Rio Doce	Sim. Atividades de pesca, agropecuária e saúde mental.	Estão na justiça	Insuficiente	Geração de renda e capacitação.	Agropecuária
Ponte Nova	Sim, 6 famílias	Acompanhamento com as famílias.	Sim	Não há	Comércio
Santa Cruz do Escalvado	Sim. Atividades de pesca, consumo e lazer.	Projeto da Renova com a prefeitura irá começar.	Sim, porém só agora.	Não atingiu dentro da cidade, apenas pequenas famílias rurais.	Lavra e comércio
Rio Casca	Sim. Atividades de pesca e plantio.	Assistência social.	Insuficiente	Cursos de capacitação rural	Agropecuária
Sem-Peixe	Sim. Dessedentação animal, irrigação de plantações e economia.	Assistência social.	Sim, financeira	Geração de empregos.	Agricultura
Raul Soares	Sim, pouca	Assistência social.	Não	Tratamento de esgoto.	Agricultura
São José do Goiabal	Sim	Assistência social.	Sim	Geração de emprego e renda para a zona rural.	Comércio e Serviços
Nova Era	Não.	-	-	-	-
Antônio Dias	Não.	-	-	-	-
Timóteo	Sim. Fauna e flora.	Não há projeto de recuperação.	Renova fez cursos de capacitação em educação financeira.	Não há.	Indústria do aço
Ipatinga	Sim, 101 famílias. Pesca e agropecuária.	Projeto da Renova com a prefeitura.	Sim	Estão solucionando.	Siderurgia
Belo Oriente	Sim. Econômica e abastecimento de água.	Assistência social.	Sim, abastecimento de água e construção de praça.	Reativar as festas culturais.	Produção de celulose.
Naque	Sim. Abastecimento de água, pesca, economia e saúde mental.	Não consegue lidar, pois foram muito afetados.	Insuficiente	Geração de emprego, renda, alimentação e água potável.	Pesca e pequenos comércios.
Periquito	Sim. Abastecimento de água, saúde, pesca e lazer.	Assistência social.	Sim, Reuniões	Geração de emprego, renda, alimentação e água potável.	Pesca, agricultura familiar e comércio.
Governador Valadares	Sim. Abastecimento de água, economia.	Assistência social.	Sim, pouca	Qualificação profissional e água.	Comércio e serviços.

CIDADES	1.Sua cidade sofreu influência do rompimento da barragem de Fundão para o seu município? Se sim, qual?	2. Se sim, como a sua cidade lida com essas influências?	3. Houveram ações de assistência por parte dos agentes?	4. Quais as necessidades sociais observadas em sua cidade pós incidente?	5. Qual a atividade econômica mais importante pra cidade?
Galiléia	Sim. Abastecimento de água, economia, saúde mental.	Assistência social.	Sim. Distribuição de água mineral por força de decisão judicial, perfuração de poços artesianos.	Geração de emprego, renda, alimentação e água potável.	Agropecuária
Conselheiro Pena	Sim, pesca	Não há projeto de recuperação.	Não	Recuperação financeira.	Pecuária
Resplendor	Sim. Economia, saúde física e mental, abastecimento de água.	Assistência social.	Sim	Geração de emprego, renda, alimentação, água potável e assistência psicológica.	Agropecuária, pesca e turismo.

