



**ALINE FIGUEIREDO CAMPOS**

**DESAFIOS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS PARA  
CONFECÇÃO DE ADOBES UTILIZANDO OS RESÍDUOS  
DA MINERAÇÃO DE MARIANA-MG**

**LAVRAS-MG  
2019**

**ALINE FIGUEIREDO CAMPOS**

**DESAFIOS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS PARA CONFECCÃO DE ADOBES  
UTILIZANDO OS RESÍDUOS DA MINERAÇÃO DE MARIANA-MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Lourival Marin Mendes  
Orientador  
Elise Oliveira Schweig  
Coorientadora

**LAVRAS-MG  
2019**

Campos, Aline Figueiredo.

Desafios Técnicos e Científicos para Confecção de Adobes  
Utilizando os Resíduos da Mineração de Mariana-MG / Aline  
Figueiredo Campos. - 2019.

32 p.

Orientador(a): Lourival Marin Mendes.

Coorientador(a): Elise Oliveira Schweig.

TCC (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Sustentabilidade. 2. Propriedades. 3. Composição  
granulométrica. I. Mendes, Lourival Marin. II. Schweig, Elise  
Oliveira. III. Título.

**ALINE FIGUEIREDO CAMPOS**

**DESAFIOS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS PARA CONFEÇÃO DE ADOBES  
UTILIZANDO OS RESÍDUOS DA MINERAÇÃO DE MARIANA-MG**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do curso  
de Engenharia Florestal, para a obtenção do  
título de Bacharel.

APROVADA em 28 de novembro de 2019.

Prof. Dr. Lourival Marin Mendes UFLA

Dr. Thiago Moreira Cruz UFLA

Dr. Rômulo Marçal Gandia UFLA

Prof. Dr. Lourival Marin Mendes  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2019**

*Aos afetados pelo desastre de Mariana em 2015, e aos artesões que carregam consigo o  
saber popular.  
Dedico*

## AGRADECIMENTOS

À natureza, que nos oferece os seus tesouros.

Ao Professor Lourival Marin Mendes pela confiança, motivação e orientação na realização deste trabalho.

À Professora Andrea Corrêa por inspirar com sua dedicação e seus trabalhos voltados à construção de um mundo melhor.

À colega Elise, pela incrível participação, contribuição efetiva, atenção minuciosa e dedicação em todos os momentos.

Ao colega Rômulo, pela disposição imediata ao atendimento de necessidade das pesquisas realizadas neste trabalho.

Ao professor Lucas Amaral, pela amizade e excelente coordenação do curso.

À minha vó, Lilita por suas ideias “à frente do seu tempo” sempre em prol do amor e dos sonhos.

Ao meu pai, Carlos Henrique, pelo exemplo de bondade, pela compreensão e apoio nas dificuldades, e por me ensinar que é possível sonhar.

À minha mãe, Maria Raquel, pelo exemplo de honestidade, por todo amor incondicional e cuidado, por ser exemplo de fortaleza da mulher.

À minha irmã, Ana Luiza por ser exemplo de dedicação e trabalho pelas causas nobres, e que esteve essencialmente envolvida com a minha jornada até aqui, me ensinando “nunca dizer não a um desafio”.

Ao meu companheiro, Bruno cujo amor e apoio são maiores do que eu poderia jamais imaginar.

À minha filha amada, Flor que é a minha maior motivação. E que me ensina todos os dias sobre o amor.

Aos grandes amigos que fiz durante a faculdade, em especial Raul Assunção, Amanda Melo, Bia Cabral, Alissa Albuquerque, Raquel Teodoro, Letícia Nara, Júlia Fonseca, André França, Rafael Moura e Bruno Librelon, aos amigos da Refazenda, da Trem de Doido, da Baunilha e aos queridos amigos de Três Pontas, que me inspiram a viver, me ensinam sobre mim e sobre o mundo, e que dançaram e cantaram comigo ao longo do caminho.

## RESUMO

O Rejeito de Mineração (RM), oriundo do beneficiamento de minério vem sendo depositado na natureza, acarretando danos, como a contaminação dos solos e das águas, comprometendo o meio ambiente e à população. Considerado por muitos especialistas como o maior desastre ambiental da história do Brasil, o rompimento da Barragem do Fundão em Mariana – MG gerou cerca de 62 milhões de m<sup>3</sup> de lama. Uma alternativa para o destino adequado de RM, seria utilizá-lo como matéria prima na fabricação de materiais de construção. O adobe, “tijolo sem queima”, é uma técnica milenar de alvenaria que foi muito utilizada no Brasil colônia, e em muitos países. Atualmente é resgatada devido ao contexto econômico, socioambiental e a sustentabilidade. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade da utilização de rejeito de mineração na confecção de adobe. Foi realizado um levantamento bibliográfico, dos materiais componentes do adobe, e posteriormente caracterizados quanto as suas propriedades físicas e mecânicas. São apresentadas duas tabelas, sendo a primeira com classificação do rejeito de mineração, e a segunda detalhando o adobe ideal. Posteriormente foi comparado os materiais, avaliando a viabilidade e os desafios para a construção do compósito com a lama de Mariana na forma de tijolos de adobe. Conclui-se que o rejeito apresenta semelhança ao solo, e pode ser substituído para a confecção dos adobes após serem feitas as correções granulométricas para atender as condições adequadas exigidas.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade. Propriedades. Composição granulométrica.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo Geral</b>	<b>9</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Adobe</b>	<b>10</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Propriedades Físicas</b>	<b>10</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Propriedades Mecânicas</b>	<b>11</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Estabilizantes</b>	<b>12</b>
<b>3.1.3.1.</b>	<b>Estabilização química</b>	<b>12</b>
<b>3.1.3.2.</b>	<b>Estabilização por cimentação</b>	<b>13</b>
<b>3.1.3.3.</b>	<b>Estabilização armação ou reforço</b>	<b>14</b>
<b>3.1.3.4.</b>	<b>Estabilização por impermeabilização</b>	<b>15</b>
<b>3.2</b>	<b>Produção e Secagem do Adobe</b>	<b>15</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Solo</b>	<b>15</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Umidade</b>	<b>17</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Fôrmas</b>	<b>17</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Processo de Secagem</b>	<b>18</b>
<b>3.3</b>	<b>Impactos da Mineração no Estado de Minas Gerais</b>	<b>19</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Rejeitos Minerais</b>	<b>20</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Barragens de Rejeitos e o Acidente de Mariana</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>23</b>
<b>5.1</b>	<b>Caracterização do Rejeito de Mineração</b>	<b>23</b>
<b>5.2</b>	<b>Caracterização do adobe do ideal</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>SUGESTÕES</b>	<b>27</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>28</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O meio ambiente está estritamente relacionado à qualidade de vida das pessoas. Ao longo da história da humanidade, devido ao interesse restrito de crescimento econômico, o ser humano tem sofrido os impactos negativos em diversas variáveis por toda degradação desenfreada ao meio ambiente.

A mineração teve início no Brasil no chamado “Ciclo Econômico de Ouro” quando grupos de portugueses adentraram o país em busca de explorar metais preciosos como: ouro, prata, cobre e pedras preciosas. Desde então, a mineração tem grande importância para o setor financeiro e econômico do país.

No entanto, para que o minério seja comercializado, é preciso uma série de processos que vão desde a extração do minério do solo e rochas ao beneficiamento, onde são gerados os rejeitos que são depositados no meio ambiente, acarretando danos, como a contaminação de solos e águas, destruição de paisagens, comprometimento da fauna e flora e prejuízos imensuráveis às comunidades adjacentes.

De acordo com Fecomercio (2010), cerca de 40% a 75% dos recursos naturais existentes são consumidos na construção civil. A utilização do rejeito de mineração como matéria prima para fabricação de outros produtos, seria uma alternativa para o destino adequado do mesmo. Desta forma, faz-se o uso de um material sem valor econômico para a indústria e soluciona o problema do grande volume desse rejeito que está de forma indevida depositado na natureza.

A preocupação com sustentabilidade estimula a pesquisa por materiais de construção não convencionais. A escolha por construção com terra tem diversas justificativas: matéria prima abundante e renovável; possivelmente disponível no local evitando o uso do transporte e tornando o custo mais baixo; não polui; não é tóxica, conforto térmico; isolamento acústico; moldáveis; resistentes ao fogo.

O adobe teve seu protagonismo no Brasil colônia, muito das construções desta época tem hoje um valor histórico para o país. O município de Mariana- MG está localizado na rota turística da Estrada Real, por tanto a construção de adobes utilizando a lama do rompimento da barragem do Fundão vem de encontro à conservação do patrimônio histórico, bem como oportunidade de aumentar a renda familiar do entorno dos empreendimentos de mineração.

Desta forma uma vez que a ação mineradora vem causando a degradação do meio ambiente cada vez em maior escala, com a geração de rejeitos que estão sendo depositados indevidamente na natureza, este trabalho buscou avaliar o uso desse material como matéria prima para confecção de abobe.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade e os desafios de se produzir adobes utilizando os resíduos de mineração do desastre de Mariana- MG.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Especificamente, os objetivos foram os seguintes:

- a) compreender e discutir as características do adobe;
- b) compreender e discutir as características do resíduo de mineração de Mariana- MG;
- c) propor inferências sobre viabilidade e o comportamento da adição desse resíduo na confecção de abobes para construção civil.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Adobe**

O adobe é uma técnica tradicional de alvenaria, na qual a principal matéria prima é a terra crua, Oliveira (2003). Sua construção é feita de forma manual ou mecânica em formas tradicionalmente de madeira, podendo ser feitas de outros materiais. O processo de secagem à sombra, apesar de mais demorada, apresenta adobe com mais qualidade. A secagem se completa quando a massa atinge a umidade constante. Após seu ciclo de vida o adobe retorna seu estado original, em geral, dependendo dos estabilizantes utilizados, sem geração de resíduos ou impactos à natureza. A não utilização da queima e a produção básica de solo e água, explica a razão de ser considerado um material reciclável e de baixo custo energético (até 7,5 vezes menor) quando comparado aos materiais cerâmicos (GANDIA et al., 2018).

Está técnica é uma das mais antigas da humanidade e utilizadas nas mais variadas culturas e povos espalhados pelo mundo. De origem árabe, chegou à América através dos colonizadores espanhóis e portugueses sendo muito empregada no período de colonização. Atualmente, diante da preocupação com construções sustentáveis e ecológicas, o adobe vem sendo resgatado por apresentar um enorme potencial. Dentre suas qualidades estão o baixo custo, pela ampla disponibilidade da matéria prima; não requerer transporte e mão-de-obra especializada e baixo custo energético (CORRÊA et al., 2013).

No entanto, existe a necessidade de certas precauções para atingir os critérios mínimos de segurança segundo Silva (2000), a proteção da edificação contra chuva, a escolha correta do terreno, e a projeção mais próxima de um quadrado para garantir a estabilidade, são fatores predominantes. Além dos cuidados no processo de produção e secagem do adobe.

Para atingir os critérios mínimos de segurança segundo as características físicas e mecânicas do adobe, pode haver a necessidade de incorporar estabilizantes como: cal, fibras naturais e sintéticas (produtos e subprodutos). Os resíduos de mineração podem também ser uma nova alternativa para melhorar suas propriedades.

##### **3.1.1 Propriedades Físicas**

A condutibilidade térmica das paredes de adobe correspondem ambiente interno com temperatura constante (BUENO,1995 citado por SILVA, 2000). Em estudos Silva (2000) apresenta que “para se obter as mesmas condições de isolamento térmico de uma parede de barro com 9,5 cm de espessura é preciso uma parede de espessura de 19,8 cm de tijolo

cozido” que corresponde à metade da condutibilidade das paredes feitas de tijolo cozido. Outro aspecto relevante é consumo mínimo de energia que é inferior a 0,2 MJ/kg (GUPTA,2000). A boa reverberação do ambiente, ou seja, o conforto acústico, é devido à absorção do ar pelos poros das paredes de adobe. Estes poros, também proporcionam a passagem do ar nas casas de terra crua, cujas paredes não receberam tratamento selante, como revestimentos cerâmicos ou pintura, possibilitando uma renovação do ar (SILVA,2000).

A densidade aparente do adobe tem a tendência de diminuir com a utilização de fibras naturais e partículas lignocelulósicas que atuam como estabilizantes por armação. Já na estabilização química ocorre o contrário devido às propriedades de coesão (CORRÊA, 2013). A utilização de fibras sintéticas, além de apresentarem melhoras mecânicas e físicas, apresentam diminuição significativa da densidade aparente do adobe (GANDIA et al., 2019b).

A umidade é um desafio para a construção de terra em geral. No caso do adobe, estudos da absorção de água realizadas por Varum (2007) apresentam o aumento de peso entre 17% a 26% de cinco amostras de adobe serradas ao meio e imersos em água no período de 6 horas. A retração linear pode ser descrita em pesquisas por Faria (2002), utilizando macrófitas aquáticas em diferentes quantidades encontrou variação entre 24,88 e 31,76% na absorção de água. Yetgin (2008) afirma que quanto mais fibras naturais no adobe menor será a retração.

### **3.1.2 Propriedades Mecânicas**

A resistência à compressão de blocos de terra e terra compactada varia geralmente de 5 a 50 kg/cm<sup>2</sup> (MINKE, 1994). Este valor dependerá da quantidade e tipo de argilas do solo, assim como sua granulometria, quantidade de água adicionada, tipo de estabilização e a metodologia de produção e secagem (CORRÊA, 2013).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) de acordo com NBR 10836/2013, estabelece que o tijolo solo-cimento necessita de uma resistência mínima de 2 Mpa. A NTE (2000) determina que para tijolos de adobe a resistência à compressão deve ser de pelo menos 0,7MPa.

Para Corrêa et al. (2006) adobes de medidas (29x14x10)cm apresentam valores de resistência à compressão superiores a adobes de medida (29x14x14)cm , sugerindo que menores espessuras apresentam maiores resistências.

Segundo Santos (2018), o aumento do teor de fibras naturais, pode diminuir a resistência à compressão sendo necessário atentar-se às incorporações de aditivos ao adobe. O pesquisador notou que a presença do excremento bovino contribui de maneira significativa para a diminuição da resistência dos adobes, enquanto a seiva de palma teve pouca influência.

Gandia et al. (2019c) verificou que a utilização de lodo de estação de tratamento de água (ETA) é viável até 3% em relação as propriedades físicas, como a alta absorção de água e desintegração após essa concentração, porém o uso de até 7% em massa de lodo de ETA apontou estabilidade mecânica devido ao alto teor de argila no resíduo, proporcionando maior coesão no material.

A resistência à tração, em construções de terra, deve ser tratada com precaução, tendo em vista o fato do barro não ser resistente aos esforços de tração (MINKE, 1994), dependendo somente do tipo e da quantidade de argila.

### **3.1.3 Estabilizantes**

Segundo Houben e Guillaud (1994), a estabilização implica na modificação das propriedades solo-água, promovendo maior durabilidade. O principal objetivo da estabilização, é melhorar as propriedades físicas e mecânicas do adobe.

Existem procedimentos de estabilizações físicas feitas apenas com o solo para atingir a massa ideal do adobe, como a adição de areia e outros solos, sendo considerados como correção granulométrica. Uma vez que esta modificação na granulometria não é eficiente para atingir um bom resultado, são então realizadas outras formas de estabilização. Deve-se, entretanto, considerar que cada um dos diferentes processos de estabilização existentes não se restringe a uma determinada aplicação de estabilização do solo.

#### **3.1.3.1. Estabilização química**

A estabilização química é feita com a inserção de aditivos na massa do adobe com a finalidade de reduzir a expansão e retração da argila, assim como aumentar a coesão das partículas. O tipo e a quantidade de estabilizantes irão variar de acordo com as características do solo. Alguns aglomerantes podem ser citados, como: cal, baba de cupim sintética, resinas, pozolanas, soda cáustica, etc.

Uma pesquisa realizada pelo CINVESTAV (Centro de Investigación de Estudios Avanzados del INP) em Querétaro México, sobre estabilizante, onde foi construído um manual a partir de testes com emulsões branca (dodecilamina) e negra (emulsão asfáltica),

apontou o aumento da resistência à compressão de 1,2 para 2,2 MPa. Foram feitos testes que acrescentando areia, palha e cal. As conclusões dos pesquisadores foram que os estabilizantes como cal e cimento melhoram a impermeabilização, quando a adição destes ultrapassam 6%, aumentou-se a resistência à compressão. O tipo do solo influencia na interação com estabilizante, por exemplo solos mais argilosos têm maior afinidade com o cal, já os mais arenosos com o cimento (CORRÊA, 2013).

Corrêa et al., (2015) e Gandia et al. (2019a) verificam a utilização da baba de cupim sintética em adobes e observaram uma diminuição extremamente considerável da absorção de água no adobe devido ao poder coesivo e hidrofóbico do estabilizante, além de ser um estabilizante com origem vegetal e usado em baixíssima proporções.

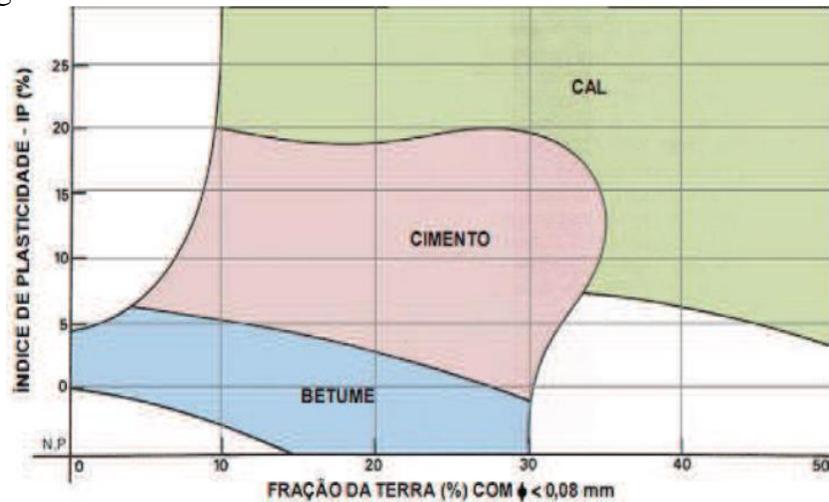
### **3.1.3.2. Estabilização por cimentação**

Em solos arenosos a substância adicionada irá unir os grãos de areia às partículas menores da mistura, aumentando a coesão entre os grãos e diminuindo os efeitos variáveis do volume da argila e absorção de água. Para os solos argilosos, o aditivo aglomera as partículas finas, e ela passa a exercer uma função similar ao da areia no desempenho do material. Os estabilizantes mais conhecidos são: cimento, cal, cal-cimento e cal-cinzas.

O cimento é um dos principais estabilizadores, melhora a impermeabilização, aumenta a resistência mecânica e aumenta a estabilidade dimensional. Os efeitos variam com o tipo de argila, umidade do solo e presença de matéria orgânica superior 1%.

O gráfico apresentado na Figura 1 compara o índice de plasticidade e a fração de finos sendo possível definir o tipo de estabilização (NEVES et al., 2005 adaptado de HOUBEN e GUILLAUD, 1995). O ideal para solos mais argilosos e plásticos é utilizar a estabilização com cal, e para solos mais arenosos a melhor opção é o cimento.

Figura 1 – Seleção do tipo de estabilizante, em função do Índice de Plasticidade (IP) e da granulometria da terra.



Fonte: Neves et al. (2005) adaptado de Houben e Guillaud (1995).

### 3.1.3.3. Estabilização armação ou reforço

A correção granulométrica do solo é realizada no acréscimo controlado de partículas diferentes do solo, alterando a textura do mesmo.

A utilização de fibras vegetais e resíduos lignocelulósicos, além de ser uma técnica muito antiga e aplicada em todo o mundo, é hoje utilizada em produções industriais de adobe no Novo México. De acordo com Houben e Guillaud (1994), o aumento da resistência à tração de compósito fibroso é a principal melhoria da estabilização no processo. Barbosa e Ghavani (2007) acrescentam os efeitos da distribuição de tensões em todo o material e a redução dos efeitos de retração durante o processo de secagem, promovendo um material mais resistente e duradouro com maior capacidade de absorver energia. Estudos mostram efeitos de melhoria na resistência à tração de até 15%.

A Norma Australiana AS 3700:2001 (STANDARDS AUSTRALIA, 2001) propõe que o solo ideal para estabilização com fibras vegetais deve ter um Índice de plasticidade (IP) entre 15 e 35 % e Limite de Liquidez (LL) entre 30 e 50 %.

Quanto ao uso das fibras naturais e resíduos agroindustriais (abundantes no Brasil), tem-se conhecimento de um amplo universo de pesquisas acadêmicas e experiências da prática em que os materiais e técnicas escolhidas atendem às necessidades locais interagindo com elementos da cultura local e promovendo autonomia para a comunidade (VEIGA,2018).

Vale ressaltar, neste contexto, mais uma vantagem sustentável para o adobe como material ecológico.

Um dos resíduos industriais de larga escala e baixa degradabilidade (até 300 anos) é o Polímero Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV). O trabalho de Gandia et al., (2019b) apontou que 10% da adição do resíduo de PRFV em adobe aumentou a resistência à compressão em até 45%, além de aumentar consideravelmente a absorção de energia devido a armação das fibras no adobe.

#### **3.1.3.4. Estabilização por impermeabilização**

Consiste em envolver as partículas de argila por uma camada impermeável, tornando-a mais estável e resistentes a ação da água. Este procedimento diminui a plasticidade. O material mais conhecido para este fim é o asfalto (ou betume), outros materiais como: óleo de coco, seiva de plantas oleaginosas, látex, podem ser utilizados.

### **3.2 Produção e Secagem do Adobe**

#### **3.2.1 Solo**

O solo é constituído basicamente por partículas que se agrupam de acordo com sua granulometria, ou seja, a dimensão dos grãos. Sendo estas, denominada de pedregulhos (de 60 a 2mm), areia (de 2 a 0,06mm) silte (de 0,06 a 0.002mm) e argila (abaixo de 0.002mm) de acordo com a NBR 6502 (ABNT, 1995). Cada uma destas categorias de dimensão do solo apresenta suas próprias características, o que explica o comportamento variado do solo como material de construção.

No âmbito das construções, o solo é chamado simplesmente por “terra” (FARIA, 2002). Terra é classificado por Souza (1997), como material cerâmico seco ao ar, sem a necessidade do aquecimento para evaporação da água de constituição. De acordo com vários autores, o solo ideal para construção de terra deve ter partículas abaixo de 2mm, por tanto ser composto apenas de areia, silte e argilas (AGUIAR JR., 2013).

Gandia (2019b) comentou que a argila é constituída por estrutura cristalina podendo ser forte ou fraca, e classifica-se de acordo com a origem mineralógica em caulinitas, ilitas e montmorilonitas. Sendo a primeira, com ligações mais fortes e hidrofóbicas e muito pouco expansivas. A segunda com uma força de ligação inferior a caulinita, sem estabilidade em contato com a água e um pouco expansiva. A terceira apresenta uma fraca força de ligação,

muito expansiva, portanto, apresentam muitas trincas e fissuras na secagem e não devem ser utilizadas para fabricação de adobe.

Segundo Fratini et al. (2011) a quantidade das diferentes partículas do solo se relacionam diretamente com a resistência mecânica. Desta forma concluíram que a argila deve atingir no máximo 30% e no mínimo 20% para diminuir a possibilidade de contração e fissuração durante a secagem, e melhorar as propriedades do adobe. Donat et al. (1979) afirma que, para a construção de adobe é recomendado entre 55% e 75% de areia, 10% e 28% de silte, 15% e 18% de argila, e menos de 3% de matéria orgânica.

Segundo Corrêa et al. (2006) a composição granulométrica ideal da mistura de solo para adobe varia com autores: como na Tabela 1.

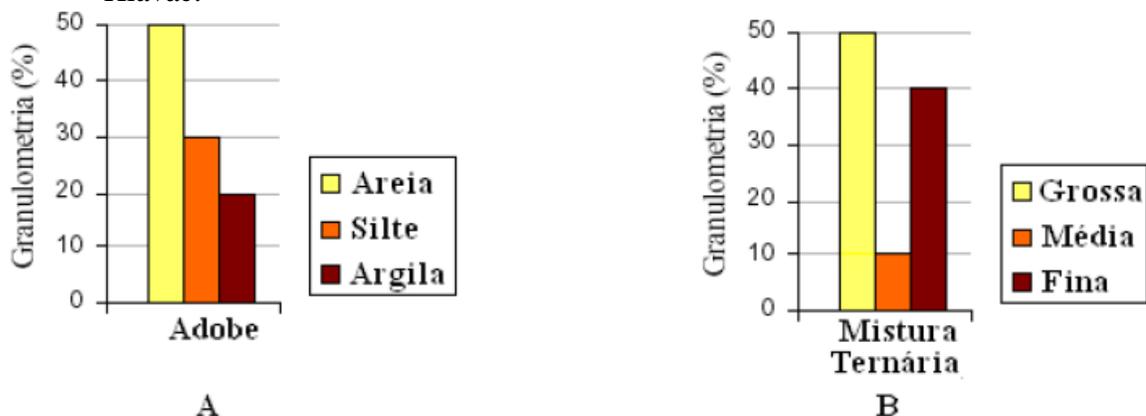
Tabela 1 – Composição granulométrica de acordo com autores.

Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Referências Bibliográfica
	9 e 3	9 e 3	Veloso et al. (1985)
40 a 55		20	Martinez (1979)
>45		< 20	Alves (1985)
50	30	20	Milanez (1958)

Fonte: Corrêa (2006).

Corrêa et al. (2006) se referencia na porcentagem ideal para adobes de Milanez (1958), com 50% de areia, 30% de silte e 20% de argila. Hlavác (1983) considera ideal para mistura, dois tamanhos de partículas, considerando 70% de fração grossa e 30% de fração fina. Com três tamanhos de partículas as frações são 50% de partículas grossas, 10% médias e 40% finas.

Figura 2 – (A) Composição granulométrica do adobe para Milanez e (B) mistura ternária para Hlavác.



Fonte: Veiga (2008).

### 3.2.2 Umidade

A umidade ideal vai depender do tipo de solo e estabilizantes utilizados na produção do adobe, cada mistura de solo requer uma quantidade de água específica, por tanto não é possível padronizar umidade para confecção do adobe. Pode-se dizer que a “umidade ideal” se encontra entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade (quando não utilizado fibras ou outros aditivos). O excesso da água irá reduzir a resistência mecânica, e a falta desta tornará o processo de manuseio mais difícil, podendo não preencher o molde por completo, ocupando todo o seu volume (cantos e arestas), sem ocorrer a deformação do adobe, ao ser desmoldado (CORRÊA, 2013).

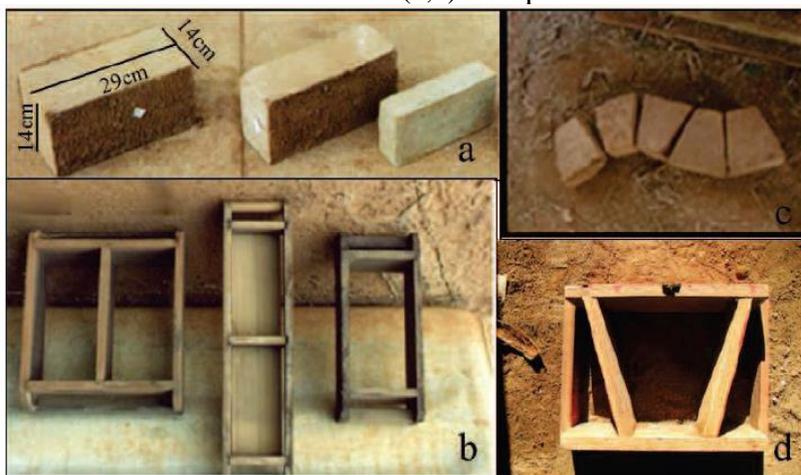
Em geral solos mais argilosos terão um maior consumo de água na sua produção, devido à maior área superficial da argila que lhe confere mais higroscópico; enquanto os solos mais arenosos necessitam de uma menor quantidade de água. Este teor está entre os limites de plasticidade e liquidez do solo (NEVES et al., 2005). No conhecimento popular, profissionais conhecidos como “adobeiros” definem que a umidade ideal se dá de forma intuitiva, adquirida na prática. Um dos testes práticos consiste em tomar uma porção da mistura umedecida, e comprimi-la na mão, o bolo deve manter os sinais dos dedos e ao ser jogado ao chão, desagregar-se. No caso da não formação do “bolo” nas mãos, a umidade é insuficiente. E caso o “bolo” ao cair mantenha-se coeso, a umidade é excessiva.

A umidade ótima segundo Souza (1993 citado por CORRÊA et al., 2013), é de 23, 5% enquanto Huben e Guillaud (1989) e Babosa e Ghavami (2007) adotam a umidade entre 30% e 50%.

### 3.2.3 Formas

Atualmente são utilizados moldes (de madeira, plástico ou metal) com vários compartimentos, permitindo a obtenção de várias peças. Alguns cuidados devem ser tomados para assegurar a qualidade da peça, como: os moldes devem ser molhados previamente ou lubrificados com óleos desmoldantes e “salpicados” com areia.

Figura 3 – Adobes de diversas dimensões (a,c) e respectivas fôrmas de madeira (b,d).



Fonte: Côrrea (2013)

As dimensões das fôrmas variam muito devido à regionalidade como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2 – Dimensões das fôrmas de acordo com autores.

Dimensões/cm <sup>3</sup>	Local	Referência Bibliográfica
29 x 9 x 9 e 30 x 15 x 15	Benin (África)	Ortega (1983)
38 x 38 x 8; 39 x 18 x 18 e 40 x 20 x 15	México (América Central)	Williams-Elis e Eastwick- Field (1950)
15 x 15 x 15	Turquia (Europa)	Binici et al. (2004)
25 x 15 x 6	Egito (África)	Binici et al. (2004)
40 x 20 x 10 com 12,5kg e 25 x 12 x 8 com 2,5kg	-	Milanez (1958)
23 x 11 x 7 e 23 x 11 x 10	CEPLAC (Centro de Pesquisa do Cacau Itabuna), Bahia- Brasil (América do Sul)	Lavinski et al. (1998)
30 x 15 x 15	Brasil (América do Sul)	Rodrigues (1980)
24 x 14 x 14; 24 x 14 x 10 e 23 x 11 x 5,5	Universidade Federal de Lavras	Corrêa et al. (2006)
26 x 13 x 8	Instituto Kairós – São Sebastião das Águas Clara – MG	Levantamento para esta pesquisa

Fonte: Veiga (2008)

### 3.2.4 Processo de Secagem

O processo de secagem consiste na remoção da água presente no adobe. Na medida em que a peça seca, ela apresenta retrações do volume, sendo por tanto fundamental o controle da saída da água para garantir a qualidade do adobe. A saída de água interna de um

corpo é realizada através da capilaridade, ao chegar na superfície ocorre a evaporação. É necessário que ocorra um gradiente no processo de secagem interno e externo para evitar possíveis fissuras e trincas. Desta forma, as condições de temperatura e umidade devem ser controladas (KINGERY, 1976 citado por CALLISTER, 2002).

Outro fator que podem influenciar durante a secagem, de acordo com Kingery (1976 citado por CALLISTER, 2002) é a espessura do adobe, podendo ocasionar uma retração de volume não uniforme e a pronúncia de defeitos.

Após ensaios com adobes secados em galpão coberto, cômodo fechado e ao tempo, Corrêa et al (2006), relata que o primeiro local apresenta melhores resultados.

### **3.3 Impactos da Mineração no Estado de Minas Gerais**

A história de Minas Gerais com a mineração vem desde os primórdios, com a chegada de aventureiros membros da corte portuguesa a procura de ouro em meados do século XVII (SOBREIRA; FONSECA, 2001), ainda hoje o estado é o que mais produz minérios do país. De acordo com (FREIRE, 2012), as reservas mundiais totalizam cerca de 180 bilhões de toneladas, nas quais 11,3% estão localizadas no Brasil, e 63,1% se encontra no estado de Minas Gerais.

A maior parte dos minerais em Minas Gerais se encontra na região do Quadrilátero Ferrífero, uma área geológica cuja forma se assemelha a um quadrado que se estende a uma área de aproximadamente 7.000km<sup>2</sup>, abrangendo as cidades de Ouro Preto a sudeste, e Belo Horizonte, a noroeste (ROESER, H.; ROESER, P., 2010). Atualmente, além da extração de ferro e ouro, o Quadrilátero Ferrífero abriga minerações que exploram outros tipos de minerais como topázio e bauxita (MARENT et al., 2011).

De acordo com Bitar (1997) a mineração gera diversidade de efeitos não desejados, nos quais os maiores impactos seriam: alterações ambientais, conflitos de uso do solo, depreciação de imóveis do entorno, áreas degradadas, transtorno ao tráfego urbano. Os conflitos são potencializados com a comunidade, devido a negligência do empreendimento com as necessidades da população.

A atividade exploratória é agressiva e atinge a sociedade de forma nociva com a emissão de ruídos e a poeira que são provenientes do uso de explosivos, a poluição das águas com lama e com a poluição química causada pelo tratamento do minério; sendo necessário a construção de barragens para o controle da contaminação.

### **3.3.1 Rejeitos Minerais**

Espósito (2000) conceituou rejeitos como “resíduos resultantes de processo de beneficiamento, a que são submetidos os minérios visando extrair os elementos de interesse econômico (produto final)”. Segundo Araújo (2006) os rejeitos podem variar de matérias arenosas constituídos de areias finas e médias até solos de granulometria fina (lama), constituída de silte e argilas com alta plasticidade, difícil sedimentação e alta compressibilidade.

Segundo Sarsby (2000), os rejeitos derivados de rochas duras são denominados por areias, já os de rocha hospedeira esmagada, são denominados como lodo, caracterizado por argilas fosfáticas, resíduos de bauxita, rejeitos finos de taconita e lamas de areias betuminosas.

### **3.3.2 Barragens de Rejeitos e o Acidente de Mariana**

Segundo Ávila e Sawaya, (2011), a geração de rejeitos aumentou significativamente com a introdução da força a vapor, logo o aumento da capacidade de processamento dos minerais de interesse econômico, de forma que os rejeitos eram encaminhados para os rios ou cursos d’água. Os autores citam ainda que as barragens de rejeitos no Brasil surgiram antes da corrida do ouro norte-americano.

A partir de conflitos entre agricultores e mineradores no início do século XX, inicia-se as primeiras legislações referentes ao controle e gerenciamento dos rejeitos oriundos das atividades minerárias (DUARTE 2008; ÁVILA; SAWAYA, 2011).

No Brasil, existiu um desenvolvimento lento da legislação voltada a barragens e o avanço em alguns aspectos das normas e leis se deu após o rompimento da barragem do Fundão. No dia 05 de novembro de 2015 a barragem de rejeito localizada no subdistrito de Bento Rodrigues, no Município de Mariana-MG, se rompeu ocasionando a destruição do subdistrito, deixando 18 mortos, e mais de 1200 desabrigados. De acordo com o Ministério Público e a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) de Minas Gerais, 62 milhões de m<sup>3</sup> de lama vazaram, afetando os rios desde a barragem até a foz do Rio Doce em Regência-ES, percorrendo um distância total de 879km (PRUDENTE, 2016).

Considerado por especialistas como o maior desastre ambiental da mineração no mundo, acredita-se que os efeitos do “desastre de Mariana” serão sentidos por décadas e gerações (LOPES, 2016).

Figura 3 – Imagens aéreas após o rompimento da barragem em Mariana - MG



Fonte: Basso(2016)

Figura 4 – Imagem aérea de carros e destroços de casas após o rompimento da barragem de rejeitos da mineradora Samarco no Distrito de Bento Rodrigues, no interior de Minas Gerais.



Fonte: Simon (2015).

#### 4 METODOLOGIA

Foi realizado um levantamento bibliográfico de artigos, teses e livros recentes como referência para o tema, a pesquisa foi feita no Google acadêmico. Após a seleção dos trabalhos, foi feita a leitura sistemática dos textos focando em aspectos diretamente relacionados à confecção do adobe e suas propriedades e também relacionado as características do rejeito de Mariana-MG.

Figura 5 – Fluxograma da metodologia adotada.



Fonte: Da Autora (2019)

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Caracterização do Rejeito de Mineração

A caracterização do rejeito de mineração que será utilizado para análise neste trabalho, foi realizada por Salgado (2018). Segundo a autora o rejeito foi doado pela empresa Samarco S/A, onde foram realizadas também análises químicas para determinação de sua composição mineralógica, indicando os teores de óxido de alumínio ( $Al_2O_3$ ), ferro (Fe) e óxido de manganês ( $MnO$ ) por um espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES). Os teores de Fe foram determinados por dicromatometria. E os teores de dióxido de silício ( $SiO_2$ ) por diferença.

O rejeito foi seco em estufa a  $70^\circ C$  por 24 horas e logo após pesado e armazenado em sacos plásticos. Para análise granulométrica foram utilizadas peneiras com aberturas de  $297\mu m$ ,  $210\mu m$ ,  $149\mu m$ ,  $105\mu m$ ,  $74\mu m$ ,  $53\mu m$ ,  $44\mu m$ , e  $37\mu m$ . Em seguida foi realizada uma análise de superfície específica seguindo o método de Blaine sendo obtida por medição de permeâmetro de Blaine e utilizando a densidade do material obtido em análise em picnômetro de hélio. A caracterização do agregado miúdo, areia, foi realizada seguindo a norma NBR NM (2003), onde foram determinados parâmetros de massa unitária, massa específica e granulometria.

Na Tabela 3 estão apresentados os valores das propriedades físico-químicas do rejeito de mineração.

Tabela 3 - Propriedades físico-químicas do rejeito de mineração.

Propriedades	Valores
Ph	6,8
Argila (dag/Kg)	52
Silte (dag/Kg)	16
Areia (dag/Kg)	32
Fe	13,63
$SiO_2$	79,60
P	0,011
$Al_2O_3$	0,20
LOI	0,43

Fonte: Salgado (2018).

### 5.2 Caracterização do adobe do ideal

A partir do que foi apresentado sobre o adobe, são feitas as considerações seguintes, com a finalidade de elucidar os caminhos que levarão às conclusões:

- a) o processo de produção do adobe é artesanal, sem a necessidade da queima;

- b) o solo é o seu principal componente, portanto fazem-se necessários a análise granulométrica e estudo do nível de expansão argila, sendo esta determinante para a escolha de estabilizações;
- c) a quantidade de água acrescentada na mistura é em função do tipo de solo a ser utilizado. Quanto mais argiloso, maior a necessidade de água;
- d) a produção em galpão coberto possibilita a perda de água gradual resultando em adobe com maior qualidade.

Segundo Fratini et al. (2011), existe uma relação direta entre a proporção de argila e silte e resistência mecânica. Concluíram que esta soma não deve exceder a 55%, sendo a argila no máximo 30%, uma maior quantidade poderia reduzir a resistência mecânica, devido as contrações que ocorrem durante a secagem. Adobes com solos arenosos apresentam menores deformações, e são menos coesos. A argila é responsável em promover a coesão do adobe e melhorar suas propriedades, uma vez que estejam nas proporções corretas. Pesquisadores sugerem granulometrias ideais para o adobe com ou sem estabilizantes, como na tabela a seguir.

Tabela 4– Composição granulométrica (%) do adobe segundo autores.

Referência Bibliográfica	Argila (%)**	Silte (%)	Areia (%)
Martinez (1979)	20	25 a 40	40 a 55
Alves (1985)	<20	-	>45
Ruiz e Luna (1983)	20	40	40
NTE E.080 (NTE,2000)	10 a 20	15 a 25	55 a 70*
CRATerre (1979)	15 a 35	10 a 45	45 a 75*
Milanez (1958)	20	30	50

\*para solos estabilizados com aglomerante

\*\*mínimo de 15%

Fonte: Milanez (1958) adaptado por Corrêa (2013).

Para discussão e análise do presente trabalho, foi tomada como referência a porcentagem ideal de Milanez (1958) citado por Corrêa et.al (2006) para adobes, com 50% de areia, 30% de silte e 20% argila. Mediante das análises comparativas o rejeito de mineração foi caracterizado como argiloso, sendo verificado as porcentagens de 32% de areia, 16% silte e 52% argila. Observa-se que esta composição granulométrica difere amplamente dos valores encontrados na literatura nos quais os adobes apresentam propriedades mecânicas satisfatória. Portanto, faz-se necessária a correção granulométrica para que o RM de Mariana apresente condições adequadas para produzir adobes. A correção granulométrica do solo é realizada no acréscimo controlado de partículas diferentes do solo,

alterando a textura do mesmo até atingir a massa ideal do adobe. Este procedimento é conhecido como estabilização física.

Segundo Salgado (2018), em estudos da incorporação do Rejeito de Mineração na confecção de blocos de concreto, a presença em proporção significativa de Fe e  $Al_2O_3$  na composição de rejeito são importantes quando relacionadas com cimento, que tem em sua composição ferro aluminato tetracálcio (C4AF), aumentando as chances do RM apresentar boa interação com a matriz cimentícia. A autora ainda afirma que o  $SiO_2$  componente químico encontrado em maior porcentagem no rejeito, caracteriza o resíduo como material potencial para ser incorporado em matrizes cimentícias, uma vez que silicato de cálcio são as matérias primas mais importantes encontradas no cimento Portland.

Uma vez que o cimento é um dos estabilizantes mais utilizados para produção de adobes ou também conhecidos por tijolo solo-cimento, pode-se inferir que a presença dos elementos Fe,  $Al_2O_3$  e  $SiO_2$  na composição do rejeito de mineração, não irão prejudicar à confecção do adobe.

De acordo com Gandia (2019c), em estudos com adobes que foram estabilizados com Lodo de Estação de Tratamento (ETA), após análise feita desde resíduo detectou altos teores de ferro, manganês, magnésio entre outros elementos. O autor afirma que a existência do ferro na composição do lodo, aumenta a densidade aparente do adobe.

## 6 CONCLUSÃO

O ambiente construído pelo homem vem se impondo sobre a natureza, sendo em grande parte o causador de mudanças climáticas e desastres naturais. À medida que os problemas se agravam, geram-se muitos questionamentos, cujas respostas são urgentes. Ainda não se tem soluções exatas, mas já se tem a consciência que o desenvolvimento sustentável é a direção viável.

O setor da construção civil demanda um alto gasto energético, além de ser responsável pela maior parte da exploração dos recursos naturais e, por tanto um dos maiores contribuintes da degradação ambiental. Faz-se necessário a busca por alternativas que associem construção e sustentabilidade.

Desta forma destaca-se o potencial do adobe, considerando que apresenta vantagens significativas em relação aos demais materiais cerâmicos. Um vez que não se utiliza a queima consequentemente esta alta demanda energética diminuirá.

Estudos utilizando o Rejeito de Mineração na construção civil foram realizados e os resultados mostraram-se satisfatório em virtudes da semelhança do rejeito ao solo, podendo ser substituído totalmente, passando a ser uma opção para destinação adequada e agregação de valor ao resíduo de mineração. A utilização do resíduo de mineração de Mariana RM visa diminuir ainda mais os impactos socioambientais, deixados após o rompimento da barragem do Fundão, em 05 de novembro de 2015.

A análise das propriedades do adobe e do rejeito de mineração, são necessárias para fazer inferências que procuram atender as condições exigidas pelas normas técnicas de segurança e habitação. A partir do estudo realizado pode-se concluir que com a correção granulométrica a lama de Mariana apresenta-se viável para a construção de adobes. Sendo de grande validade para setor construtivo, meio ambiente e para a comunidade local.

## **7 SUGESTÕES**

Têm-se como sugestões para trabalhos futuros, a realização do estudo dos tipos argilas que compõe o RM de Mariana. De acordo com Galán-Marin, Rivera-Gómez e Petric (2010), a argila é o principal aglutinante em adobe tradicional.

Além disso, também há a possibilidade de se utilizar outras estabilizações a fim de melhorar as propriedades físicas e mecânicas do adobe. A estabilização química, por exemplo, feita com a inserção de aditivos na massa do adobe, tem a finalidade de reduzir a expansão e retração da argila, assim como aumentar a coesão entre as partículas.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR JR, A. L.; FURTINI, M. B. **Utilização de capim-santo na fabricação de tijolos de solo cimento em Bom Jesus-PI**. In: XXII Seminário de Iniciação científica de UFPI, 2013.
- ARAÚJO, C. B. **Contribuição ao Estudo do Comportamento de Barragens de Rejeito de Mineração de Ferro**. 2006. 133p. Dissertação (Mestrado em Engenharia)– Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR7181**. Solo - Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 1988.
- ÁVILA, J. P. e SAWAYA, M. As barragens de rejeitos no Brasil: Sua evolução nos últimos anos. In: DE MELLO, F. M.; PIASENTIN, C. (Orgs.). **História das barragens do Brasil**: Séc. XIX, Séc. XX e Séc. XXI. 1ª ed. Rio de Janeiro: CDBD, 2011. p.369-395.
- BARBOSA, N, P.; GHAVAMI, K. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. In: ISAIÁ, G. C. (Ed.). **Terra crua para edificações**. São Paulo: Ibracon, 2007, v. 2, p. 1505-1557.
- BASSO, G. **desastre-mariana-519258232**. 2016. 1 fotografia. Disponível em: <<https://www.shutterstock.com/pt/image-photo/mariana-nov-4th-2016-samarco-building-519258232?src=80e5fe60-62d4-48f9-b45f-da371beb7f16-1-5>>. Acesso em: 23 de Setembro de 2019.
- BITAR, O.Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo**.1997. 185p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- CALLISTER JR, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais**: uma introdução. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.
- CORRÊA, A. A. R. Incorporação de partículas lignocelulósicas e “baba de cupim sintética” no adobe. 2013. 201 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

CORRÊA, A.A.R et al. Incorporation of bamboo particles and “synthetic termite saliva” in adobes. **Construction and Building Materials**, v.98,p. 250-256, 2015.

CORRÊA, A.A. R.et al. **Avaliação das propriedades físicas e mecânicas do adobe(tijolo de terra crua)**. 2003. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

DUARTE, A. P. **Classificação das barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais no estado de minas gerais em relação ao potencial de risco**. 2008. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008

ESPÓSITO, T. J. **Metodologia probabilística e observacional aplicada a barragens de rejeito construídas por aterro hidráulico**. 2000. 363 p. Tese de Doutorado - Universidade de Brasília. Brasília, Distrito Federal, 2000.

FARIA, O. B. **Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso no reservatório de Salto Grande**. Tese (Doutorado em Ciências de Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2002.

FEDERAÇÃO, DO COMERCIO DE BENS, SERVIÇOS E TURISMO DE SÃO PAULO (FECOMERCIO). São Paulo. 2010. Disponível em: <<http://www.fecomercio.com.br>>. Acesso em: 02 de Agosto de 2019.

FRATINI, F. et al. The Earth in the architecture of the historical centre of LameziaTerme(Italy): characterization for restoration. **Applied Clay Science**. Amsterdam, v. 53, p. 509-516, 2011.

FREIRE, C. B. **Utilização de resíduos da exploração do itabirito em pavimentos intertravados**. 2012. 189 p. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2012.

GALÁN-MARÍN, C.; RIVERA-GÓMEZ C.; PETRIC J. Claybased composite stabilized with natural polymer and fibre. **Construction and Building Materials**. V. 24, n. 8, p. 1462-1468, 2010

GANDIA, R. M. et al. Physical, mechanical and thermal behavior of adobe stabilized with “synthetic termite saliva”. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. 2, p.139-149, 2019a.

GANDIA, R. M et al. Energy costs comparison of masonry made from diferente materials. **Theoretical and Applied Engineering**.v.2, n. 1, 2018.

GANDIA, R.M.et al. Physical, mechanical and thermal behavior of adobe stabilized with glass fiber reinforced polymer waste. **Construction and Building Materials**, v. 222, p.168-182, 2019b.

GANDIA, R. M. et al. Physical, mechanical and thermal behaviour of adobe stabilized with the sludge of wastewater treatment plants. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. 6, p. 127-140, 2019c.

GUPTA T.N.Materials for the human habitat.**MRS Bulletin**.Pittsburgh, v.25, n. 4, p. 60-63,2000.

HOUBEN, H.; GUILLAUD, H. Earth construction – A comprehensive guide **.Intermediate Technology Publications**. London, 1994.

LOPES, L. M. N. **O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais**. Sinapse Múltipla, v. 5, n. 1, p. 1 – 14, 2016. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/sinapsemultipla>>. Acesso em: 30 de Julho de 2019 .

MARENT, B.R.; LAMOUNIER, W.L; GONTIJO, B.M. Conflitos ambientais na Serra do Gandarela, Quadrilátero Ferrífero - MG: mineração x preservação. **Revista Geografias**, v.7, n.1, p. 99-113, 2011.

MILECH, F. B. et al. Avaliação térmica de uma estufa para secagem de Tabaco. In: **CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**. Pelotas: Anais. Pelotas, UEPPEL, 2011.

MINKE, G. **Manual de Construcción em tierra: latierra como material de construcción y suaplicación em laarquitecturaactual**. 2ª ed. Montevideo: Fin de Siglo, 2005.

MOREIRA, A. M. Materiais de construção: Terra Crua. **Instituto politécnico de Tomar**. 2008.

OLIVEIRA, L.B. **Arquitetura e Sustentabilidade**: perspectivas, dificuldades e propostas. 2003. 200 p. Tese de Doutorado; Dissertação de Mestrado. Brasília: Universidade de Brasília, 2003.

PRUDENTE, T. A. Os processos de alteamento da barragem de rejeitos de fundão da mineradora Samarco em Mariana (MG) foram os responsáveis pelo rompimento? In: **IV CONGRESSO BAIANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**. Cruz das Almas, Bahia, 2016.

ROSER, H. M.P.; ROSER, P. A. O quadrilátero ferrífero- MG, Brasil: aspectos sobre sua história, seus recursos minerais e problemas ambientais relacionados. **Geonomos**, v.18,n.1,p.33-37,2010.

SARSBY, R. **Enviromental Geotechnics**. London: Thomas Telford, 600p, 2000.

SILVA, C.G.T. **Conceitos e Preconceitos relativos às Construções em Terra Crua**. Dissertação de Mestrado. Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. 2000.

SIMON, C. **brazil-australia-mining-accident\_christophe\_simon\_afp-3.jpg**. 2015. 1 fotografia. Disponível em:  
<[http://s2.glbimg.com/mshkN9SrxmCaugIJ0NFjLcBkFo=/620x465/s.glbimg-.com/jo/g1/f/original/2015/11/06/brazil-australia-mining-accident\\_christophe\\_simon\\_afp-3.jpg](http://s2.glbimg.com/mshkN9SrxmCaugIJ0NFjLcBkFo=/620x465/s.glbimg-.com/jo/g1/f/original/2015/11/06/brazil-australia-mining-accident_christophe_simon_afp-3.jpg)>. Acesso em: 23 de Setembro de 2019.

SOBREIRA, F. G.; FONSECA, M. A. Impactos físicos e sociais de antigas atividades de mineração em Ouro Preto, Brasil. **Revista Geotecnia**, n. 92, p.5-27, 2011.

SOUZA, J. L. M. **Manual de construções Rurais**. Curitiba: DETR/SCA/UFPR, 165p. 1997.

VARUM, H. et al. Caracterização dos solos e adobes usados na construção losCamabatela, Angola. Lisboa:**Argumentum**, p. 94 – 96, 2007.

NEVES, C. M.M.et al. **Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra:** prática de campo. PROTERRA. 2010 Disponível em: <[http://www. redproterra.org](http://www.redproterra.org)>.Acesso em: 03 de Agosto de 2019.

YETGIN, Ş.; ÖZLEM Ç.;AHMET C. The effects of the fiber contents on the mechanic properties of the adobes.**Construction and Building Materials**, v. 22, n. 3, p. 222-227, 2008.