



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS



LUANA FERREIRA DE CARVALHO

INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE PEDRA-SABÃO UTILIZADOS COMO
ADSORVENTES DE ÓLEOS VEGETAIS EM MATERIAL CERÂMICO

OURO PRETO

2018

LUANA FERREIRA DE CARVALHO

INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE PEDRA-SABÃO UTILIZADOS COMO
ADSORVENTES DE ÓLEOS VEGETAIS EM MATERIAL CERÂMICO

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Minas.

Área de concentração: Tratamento de minérios.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. ÉRICA LINHARES REIS

OURO PRETO

2018

C331i Carvalho, Luana Ferreira de.
Incorporação de resíduos de pedra-sabão utilizados como adsorventes de óleos vegetais em material cerâmico [manuscrito] / Luana Ferreira de Carvalho. - 2018.

56f. : il. : color; graf; tabs.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Érica Linhares Reis.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia de Minas.

1. Pedra-sabão. 2. Cerâmica. 3. Resíduos. I. Reis, Érica Linhares. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 622.79



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas - Departamento de Engenharia de Minas

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 26 dias do mês de outubro de 2018, às 15h30min, no auditório do Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas - DEMIN/EM, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Minas requisito da disciplina MIN-491 – Trabalho de Conclusão de Curso II, intitulado ***“INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE PEDRA-SABÃO UTILIZADOS COMO ADSORVENTES DE ÓLEOS VEGETAIS EM MATERIAL CERÂMICO”***, pela aluna Luana Ferreira de Carvalho, sendo a comissão avaliadora formada por Prof^o. Dr^a. Érica Linhares Reis (orientadora), Eng^o. de Minas Mariana Caroline Andrade Silva e M.Sc. Flávio Luiz Martins.

Após arguição sobre o trabalho, a comissão avaliadora deliberou por unanimidade pela ~~aprovação~~ *aprovação* da candidata, com a nota 9,5 concedendo-lhe o prazo de 15 dias para incorporar no texto final da monografia as alterações determinadas/sugeridas pela banca.

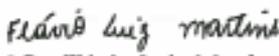
A aluna fará jus aos créditos e conceito de aprovação na disciplina MIN-491 – Trabalho de Conclusão de Curso II após a entrega dos exemplares definitivos (Cd e cópia impressa) da versão final da monografia defendida, conforme modelo do CEMIN-2009, no Colegiado do Curso de Engenharia de Minas – CEMIN.

Para fins de registro, foi lavrada a presente ata que, depois de lida e aprovada é assinada pelos membros da comissão avaliadora e pelo discente.

Ouro Preto, 26 de outubro de 2018.


Prof^o. Dr^a. Érica Linhares Reis
Presidente da Comissão Avaliadora e Professora Orientadora


Eng^o. de Minas Mariana Caroline Andrade Silva
Membro da Comissão Avaliadora


M.Sc. Flávio Luiz Martins
Membro da Comissão Avaliadora


Luana Ferreira de Carvalho


Prof. M.Sc. José Fernando Miranda
Professor responsável pela Disciplina Min 491 – Trabalho de Conclusão de Curso

Aos meus amados pais, família, amigos e mestres do DEMIN.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pelas oportunidades por ele concedidas, por me guiar, mostrando sempre o melhor caminho;

Aos meus pais e irmão, que se fizeram presentes durante cada etapa desta jornada, não me deixando nunca desanimar;

À minha orientadora, Érica Linhares Reis, pelas oportunidades e apoio ao longo do curso, além de toda a atenção dedicada a este trabalho;

À Heloísa Neves de Souza e Leonardo Oliveira Brasil, que se dedicaram junto a mim a este trabalho, permitindo assim que ele fosse possível;

Aos colegas e mestres do DEMIN por dividirem comigo seus conhecimentos;

Ao meu gestor, Aurélio Manço Garcia, pelos ensinamentos e estímulos profissionais e pessoais;

Aos meus amigos e colegas de curso.

“Descobrir consiste em olhar para o que todo mundo está vendo e pensar uma coisa diferente.”

Roger Von Oech

RESUMO

No Brasil existem vários problemas ambientais como consequência da grande geração de resíduos do setor de mineração. Como exemplo, podem ser citados os processos de extração e beneficiamento de rochas ornamentais. Logo, o desenvolvimento de novas técnicas de reciclagem e reutilização de resíduos do setor, é de grande utilidade para minimizar os impactos gerados por essas atividades. Este trabalho teve como objetivo incorporar resíduos de pedra-sabão de oficinas de artesanato como matéria prima na fabricação de corpos de prova cerâmicos. Os corpos de prova foram preparados somente com a massa argilosa (S), com substituição de 15% da massa de solo por finos de pedra-sabão (SP) e finos de pedra sabão anteriormente utilizados como adsorventes de um óleo vegetal (SPO). Foram produzidos corpos de prova compactados a uma pressão de 21MPa e temperatura de queima de 1000°C por 180 min. Para cada mistura, foram medidas as propriedades de retração linear de secagem (RLS), retração linear de queima (RLQ), perda de massa por secagem (PMS), perda de massa por queima (PMQ), densidade aparente após a queima (DA_{queima}), resistência a compressão simples (RCS), absorção de água e cor de queima. Os resultados indicaram que a diferença entre os valores de retração linear de secagem e de queima nas diferentes composições foi insignificante. A perda de massa por secagem representa a perda de água dos corpos de provas e foi menor na mistura SP. A perda de massa por queima foi maior nos corpos SPO, resultado da decomposição dos componentes do óleo vegetal. Não ocorreu variação de cor para as diferentes composições, prevalecendo coloração avermelhada. Os valores de resistência à compressão e absorção de água foram: 50,9MPa e 27% para os corpos de prova moldados com S, de 65,4MPa e 24% para os corpos de prova com substituição por SP e de 67MPa e 25% para os corpos de prova com substituição por SPO. Todos os parâmetros analisados estão dentro das especificações para produção de alguns tipos de materiais cerâmicos estruturantes.

Palavras-chave: Pedra-Sabão; Cerâmica; Aproveitamento de Rejeitos.

ABSTRACT

There are several environmental problems in Brazil due to the production of waste from mining industry. For instance, the extraction and ornamental rocks processing. Therefore, the development of new recycling techniques and waste reuse on the sector would be great usefulness to minimize the impacts created by those activities. The incorporation of soap stone waste on the creation of handicraft as raw material on the creation of ceramic proof bodies are the goal of this study. The compositions were prepared only as clayey mass (S) and with the substitution of 15% of the soil mass by fine grains of soap stone (SP) and fine grains of soap stone previously used to adsorbents of a vegetal oil (SPO). The proof bodies produced were compacted at a pressure of 21MPa and burned at a temperature of 1000°C for 180 minutes. For each mixture, linear retraction of drying (RLS), linear retraction of burning (RLQ), loss of mass by drying (PMS), loss of mass by burning (PMQ), apparent density after the burning (DA_{burning}), simple compression resistance (RCS), water absorption and burning color were measured. The difference between the dryness linear retraction and burning one on the different compositions was insignificant. The loss of mass by drying represents the loss of water from the test bodies and was lower in SP mixture. The loss of mass by burning was higher in SPO bodies, as a result of the decomposition of the vegetable oil components. There was no variation of color for the different compositions, with the reddish color prevailing. The resistance to compression and water absorption values were 50.9MPa and 27% for the proof bodies molded with S; 65.4MPa and 24% for the proof bodies with substitution for SP; and 67MPa and 25% for SPO. All parameters analyzed are in accordance with the specifications for the production of some kinds of structural ceramic materials.

Keywords: Soap Stone; Ceramic; Waste Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da feira de souvenirs em Ouro Preto – MG.....	15
Figura 2: Feira de Souvenirs em Ouro Preto – MG	15
Figura 3: Destino dos Rejeitos	16
Figura 4: Estrutura cristalográfica do talco	17
Figura 5: Consequências do descarte incorreto do óleo de cozinha	19
Figura 6: Resíduo de esteatito	28
Figura 7: Amostra do solo argiloso	28
Figura 8: Esteatito com óleo vegetal adsorvido.....	31
Figura 9: Gráfico da adsorção de óleo diesel em resíduo de esteatito em tempos distintos de escoamento, para diferentes tempos de contato.....	32
Figura 10: Fluxograma da construção dos corpos de prova cerâmicos com diferentes composições	33
Figura 11: Prensa hidráulica SOLOCAP, modelo CI 100Tf.	38
Figura 12: Comparação das distribuições granulométricas do solo argiloso.....	39
Figura 14: Corpo de prova SP após queima	45
Figura 15: Corpos de prova S após queima.....	45
Figura 16: Corpos de prova SPO após queima.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos sorventes	21
Tabela 2: Adsorção de azeite de oliva e óleo de soja pela Sepiolita, Montmorilonita e Talco.	22
Tabela 3: Composição Granulométrica dos produtos de cerâmica vermelha	24
Tabela 4: Classificação da cerâmica.....	24
Tabela 5: Parâmetros para Cerâmica Vermelha	25
Tabela 6: Composição química da amostra do resíduo de pedra sabão	27
Tabela 7: Caracterização física e mineralógica do resíduo de pedra sabão.....	27
Tabela 8: Caracterização física e mineralógica da amostra de solo do Morro do Caxambu. ..	29
Tabela 9: Composição química da amostra de solo do Morro do Caxambu.....	29
Tabela 10: Composição granulométrica da amostra de solo do Morro do Caxambu.....	29
Tabela 11: Adsorção do óleo diesel pelo esteatito em função do tempo.....	31
Tabela 12: Composição granulométrica do solo	40
Tabela 13: Retração linear de secagem	41
Tabela 14: Retração linear de queima	41
Tabela 15: Perda de massa por secagem	42
Tabela 16: Perda de massa por queima	42
Tabela 17: Densidade aparente dos corpos de prova.....	43
Tabela 18: Absorção de água dos corpos de prova	43
Tabela 19: Resistência a compressão simples	44

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Adsorção de Óleo.....	32
Equação 2: Massa específica da mistura.....	33
Equação 3: Massa inicial para confecção do corpo de prova.....	33
Equação 4: Retração linear de secagem.....	35
Equação 5: Retração linear de queima.....	36
Equação 6: Perda de massa por secagem.....	36
Equação 7: Perda de massa por queima.....	37
Equação 8: Densidade aparente após a queima.....	37
Equação 9: Absorção de água.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Absorção de Água
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CP	Corpos de Prova
DA _{queima}	Densidade aparente após a queima
DEMIN	Departamento de Engenharia de Minas
PMS	Perda de Massa por secagem
PMQ	Perda de Massa por queima
RCS	Resistência a compressão simples
RLQ	Relação linear de queima
RLS	Retração linear de secagem
S	Corpos de prova confeccionados com massa argilosa
SP	Corpos de prova confeccionados com massa argilosa com substituição de 15% da massa de solo por finos de pedra-sabão
SPO	Corpos de prova confeccionados com massa argilosa com substituição de 15% da massa de solo por finos de pedra sabão anteriormente utilizados como adsorventes de óleo vegetal

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1. Objetivos específicos	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1. Finos de Pedra-Sabão Gerados na Fabricação de Artesanato em Santa Rita de Ouro Preto.....	14
3.2. O mineral Talco	16
3.3. Contaminação Gerada por Óleos Vegetais.....	17
3.4. Processo de Adsorção de Óleos.....	20
3.4.1. Argilominerais Utilizados na Adsorção de Óleo Vegetal	22
3.5. Incorporação de Resíduos na Cerâmica	23
4. MATERIAIS E MÉTODOS	27
4.1. Resíduo de Pedra-Sabão (Esteatito).....	27
4.2. Solo Utilizado na Confecção dos Corpos de Prova Cerâmicos	28
4.3. Cominuição e Análise Granulométrica da Amostra de Solo	29
4.4. Ensaio de Adsorção de Óleo Vegetal em Resíduo de Pedra Sabão (esteatito)..	30
4.5. Confecção dos Corpos de Prova Cerâmicos	33
4.5.1. Etapas da Produção dos Corpos de Prova Cerâmicos	34
4.5.2. Ensaio Tecnológico para cerâmica	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
5.1. Caracterização granulométrica do solo	39
5.2. Ensaio de Adsorção de Óleo Vegetal em Resíduo de Esteatito	40
5.3. Ensaio para Avaliação dos Corpos de Prova Cerâmicos.....	40
5.3.1. Retração Linear de Secagem (RLS).....	40
5.3.2. Retração Linear de Queima (RLQ)	41
5.3.3. Perda de Massa por Secagem (PMS)	41

5.3.4.	Perda de Massa por Queima (PMQ).....	42
5.3.5.	Densidade Aparente após Queima (DAqueima)	42
5.3.6.	Absorção de Água (AA)	43
5.3.7.	Resistência a compressão simples (RCS).....	43
5.3.8.	Cor	44
6.	CONCLUSÕES.....	47
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1. INTRODUÇÃO

Desde a década de 1970, a pedra-sabão é amplamente utilizada na confecção de artesanatos na região de Ouro Preto (ALMEIDA, 2006). Esta atividade apresenta uma importante alternativa econômica para a população de Santa Rita de Ouro Preto, constituindo a base da economia local, ao passo que, requer baixos investimentos, mão de obra não especializada e pequenas áreas para a montagem da oficina (TORRES, 2007).

De acordo com Almeida (2006), apesar da atividade artesanal envolvendo o esteatito ser interessante sob a perspectiva econômica, social e cultural, ela é insustentável ambientalmente, uma vez que somente 10% da matéria prima é utilizada e o restante descartado, nem sempre com uma destinação ecologicamente correta, constituindo um sério problema de disposição de rejeito. Dessa maneira, estudar o aproveitamento de rejeitos da mineração, visando obter subprodutos de valor econômico e matéria prima para outros setores industriais é de suma importância.

O emprego de resíduos da mineração na indústria cerâmica tem tomado espaço no Brasil e no mundo (RIBEIRO, 2013). Esse procedimento, é responsável por diminuir o desperdício, possibilitar uma nobre utilização e reduzir o impacto ambiental causado pela disposição inadequada desses resíduos (MORI *et al.*, 2011).

A pedra-sabão é constituída especialmente por talco, um mineral com aplicação nas indústrias de cosméticos, tintas, borrachas, cerâmica, papel e inseticidas. Sua ampla aplicabilidade é devido às suas propriedades tecnológicas, como: leveza, baixo teor de umidade, baixa condutibilidade elétrica e térmica, além da alta capacidade de absorção de óleos e graxas (RODRIGUES, 2010).

Segundo Castellanelli (2008), o óleo vegetal é amplamente utilizado em atividades domésticas, industriais e em diversos estabelecimentos do ramo alimentício, principalmente na fritura de alimentos. Inúmeras vezes esse óleo é descartado de maneira inadequada, como em pias e ralos, ocasionando obstrução de dutos, dificuldade e encarecimento do tratamento de esgoto, além da poluição das águas. De acordo com Waelkens (2010), os métodos para tratar óleos se baseiam na separação física, adsorção, oxidação química ou decomposição biológica.

Motivada pelo elevado volume de resíduo gerado pela atividade artesanal de esteatito, as propriedades do talco e os desastres ambientais causados por derramamento de óleos, Souza (2016), analisou a adsorção de óleo diesel em resíduo de pedra-sabão e sua incorporação na cerâmica.

Este trabalho foi desenvolvido em paralelo ao de Souza (2016), e teve como objetivo avaliar a viabilidade da incorporação de resíduos de pedra-sabão utilizados como adsorventes de óleo vegetal em material cerâmico, através das características obtidas por ensaios tecnológicos.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi verificar a viabilidade da incorporação de finos de pedra-sabão e finos de pedra-sabão com óleos vegetais adsorvidos para a confecção de corpos de prova maciços cerâmicos.

2.1. Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram:

- I. Realizar a adsorção de óleo vegetal em resíduo de esteatito;
- II. Confeccionar corpos de prova cerâmicos com diferentes traços: argila, argila com finos de pedra-sabão e argila com finos de pedra-sabão com óleos vegetais adsorvidos, nos casos em que há substituição da argila, esta é de 15%;
- III. Realizar a queima dos tijolos maciços cerâmicos preparados com os diferentes traços em uma temperatura e tempo constantes (1000°C à 180min);
- IV. Avaliar a eficiência dos resíduos sem o óleo adsorvido e com o óleo adsorvido na fabricação de cerâmica vermelha, através de ensaios tecnológicos: Retração linear de secagem, retração linear de queima, perda de massa por secagem, perda de massa por queima, absorção de água, densidade aparente de queima e resistência à compressão simples.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão baseada na literatura, contextualizando os temas relevantes para este trabalho.

3.1. Finos de Pedra-Sabão Gerados na Fabricação de Artesanato em Santa Rita de Ouro Preto

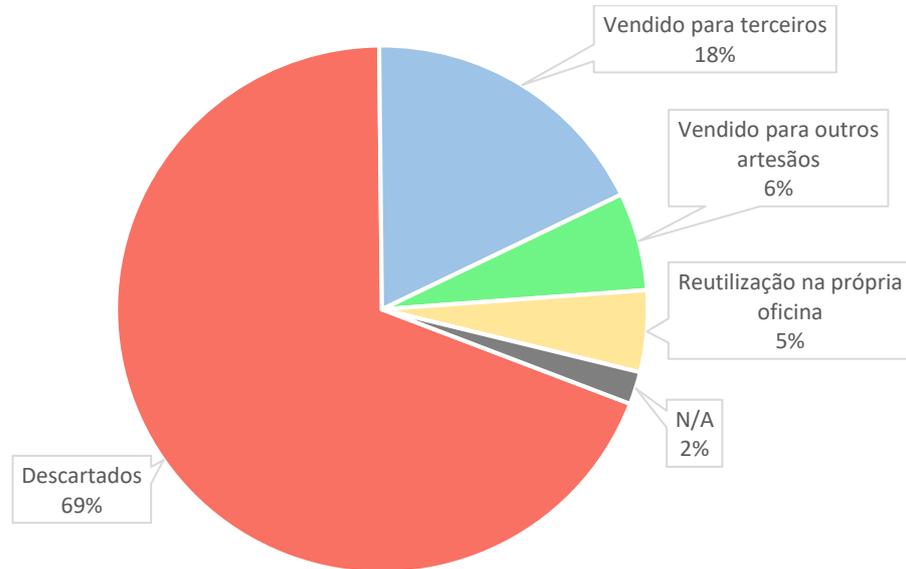
O esteatito, popularmente conhecido como Pedra-Sabão, é composto pelos minerais talco, clorita, serpentinita, magnesita, antigorita, quartzo e pirita. É uma rocha metamórfica compacta que apresenta comportamento plástico, baixa dureza e uma granulometria fina (PINHEIRO, 1973). Uma das características importantes é a elevada capacidade de suportar extremos de temperaturas, desde muito abaixo de zero, até acima de 1000°C (SANTOS, 2009).

Esta rocha, de utilidade ornamental, está presente em diversas cidades como Ouro Preto, Mariana, Piranga, Catas Altas da Noruega, Itaverava, Diogo de Vasconcelos e Ouro Branco. Cada município gera um produto característico, resultante da qualidade da pedra e da imaginação do artesão (SANTOS, 2009).

O esteatito é utilizado na região de Ouro Preto desde o século XVIII, quando era amplamente usado na ornamentação de igrejas barrocas e chafarizes, e na produção artesanal de utensílios domésticos (BEZERRA, 2002). A extração dessa rocha nos arredores de Ouro Preto e Mariana, pode ser realizada utilizando máquinas de corte de fio diamantado, tratores, escavadeiras de médio a grande porte, caminhões de grande porte e até explosivos, no entanto, também pode ser encontrada na forma rudimentar, fazendo o uso de retroescavadeiras de pequeno porte, cunhas, marretas, pás, picaretas e técnicas de corte com fio helicoidal (ALMEIDA, 2006).

A pedra-sabão, extraída em Ouro Preto, tem como principais utilizações: artesanato, fabricação de fornos, lareiras e panelas (SANTOS, 2009). A produção desses objetos normalmente ocorre em oficinas e pequenos galpões nos “quintais” da residência dos artesãos (PROTI, 2010). Essas peças, produzidas artesanalmente, podem ser encontradas e compradas em uma feira de souvenirs localizada no Largo de Coimbra, em Ouro Preto, como mostram as Figuras 1 e 2.

Figura 3: Destino dos Rejeitos



Fonte: Almeida (2006)

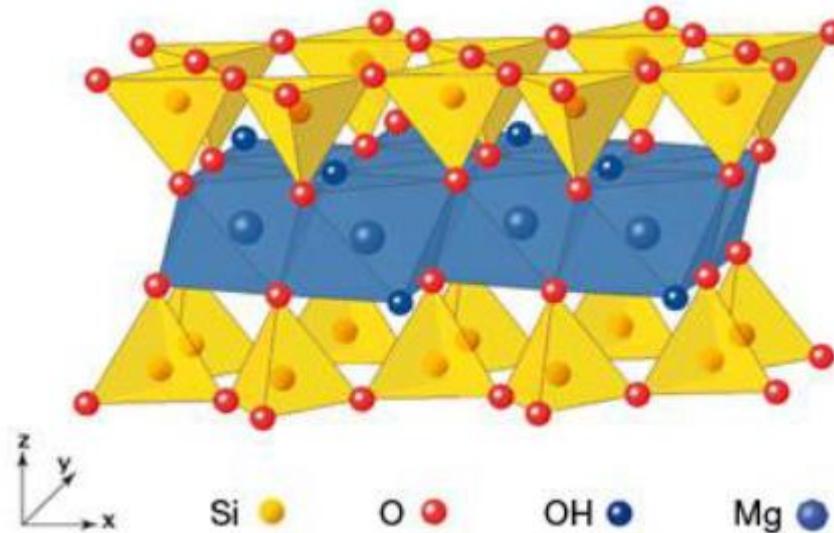
Como pode ser observado na Figura 3, 69% dos rejeitos são descartados, sendo que 29,1% destes são depositados na área da própria oficina, 27,9% em terrenos abandonados, 20,9% nas redondezas, 10,5% é retomado pela prefeitura, 5,8% é descartado em encostas adjacentes, 2,3% nas plantações e 3,5% não há informação (ALMEIDA, 2006).

De acordo com Takenaka *et al.* (2013) a logística reversa consiste em reaproveitar e reutilizar os produtos descartados, sejam eles devido a algum defeito ou pelo fim de sua vida útil, isto é, o objetivo é reciclar de maneira a permitir que estes produtos retornem ao ciclo produtivo, garantindo um uso mais nobre das matérias primas.

3.2. O mineral Talco

O talco ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$), principal constituinte da pedra-sabão, apresenta em sua forma pura 31,7% de MgO, 63,5% de SiO_2 e 4,8% de H_2O . Seus átomos se organizam de maneira similar a um sanduíche, no qual uma estrutura octaédrica composta por Mg e OH fica compreendida entre duas estruturas tetraédricas de Si e O, como apresentado na Figura 4. Estas estruturas são interligadas por forças de atração do tipo van der Waals, fazendo com que este mineral apresente propriedades hidrofóbicas, aspecto oleoso ao tato e capacidade de adsorver óleos e gorduras (LUZ & LINS, 2005).

Figura 4: Estrutura cristalográfica do talco



Fonte: Imerys Performance Additives Division.
Disponível em: www.imerystalc.com.

De acordo com Rodrigues (2010) e Pinheiro (1973), a versatilidade do talco na indústria é consequência de uma gama de características tecnológicas, como: leveza, baixa dureza na escala Mohs (dureza 1, em uma escala de 1 a 10), baixa umidade, baixa condutibilidade elétrica e térmica, elevada capacidade de lubrificação e deslizamento, além da hidrofobicidade e da capacidade de adsorção de óleos e gorduras, como mencionado anteriormente. Essas características possibilitam sua utilização nos ramos de cosméticos, tintas, borrachas, papel, alimentos, cerâmica, têxteis e defensivos agrícolas.

A propriedade hidrofóbica do talco possibilita sua utilização em alguns ramos específicos, como na adsorção e imobilização de óleos contaminantes de processos, uma vez que, esta característica é responsável por garantir uma maior afinidade por substâncias apolares, como óleos e gorduras (SOUZA, 2016).

3.3. Contaminação Gerada por Óleos Vegetais

Óleos e gorduras são compostos orgânicos hidrofóbicos, de origem animal, vegetal ou mineral, prevalecendo em sua composição, os triglicerídeos. É possível distinguir óleos e gorduras através da saturação das cadeias carbônicas encontradas nos triglicerídeos. Os óleos apresentam

cadeias insaturadas, o que os torna líquidos à 20°C, enquanto que as cadeias saturadas garantem às gorduras o aspecto sólido, à mesma temperatura (KUNZLER & SCHIRMANN, 2011).

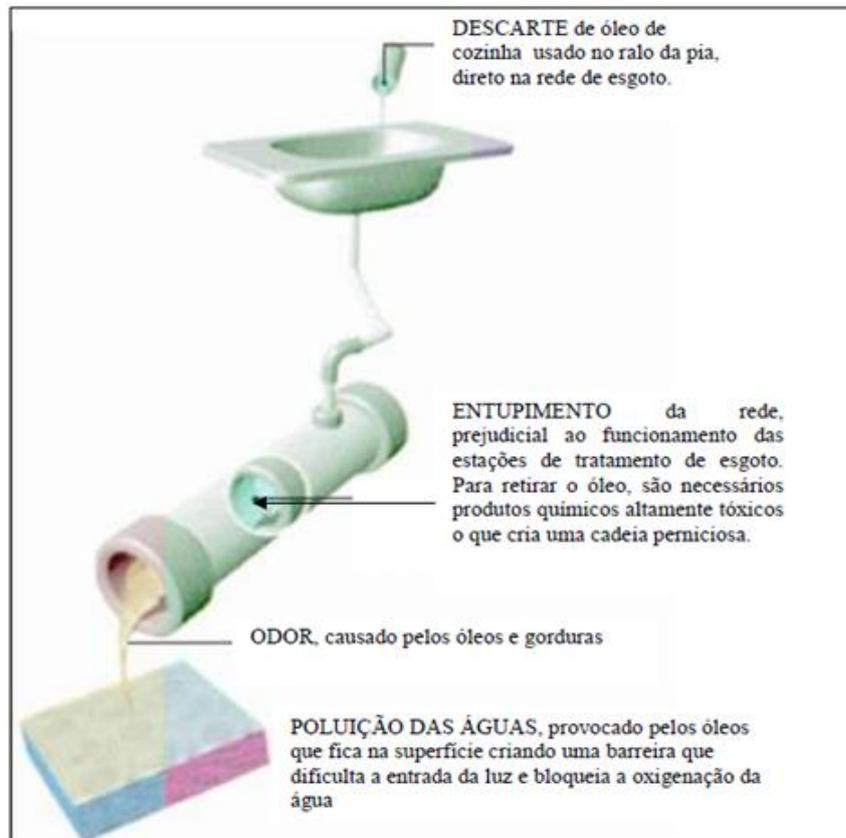
Segundo Salles (2010), os óleos vegetais são originados de plantas, em sua maior parte das sementes. Eles apresentam utilidade não somente como óleo de cozinha, bem como em cosméticos, lubrificantes, na produção de tintas, combustíveis, etc.

De acordo com Costa *et al.* (2011), Gomes (2013) e Victor (2012), a fritura, além de apresentar baixo custo, é considerada uma das maneiras mais rápidas e fáceis para preparar alguns alimentos, propiciando ainda um sabor agradável a eles. Dessa maneira, é possível constatar um crescente aumento no consumo de alimentos fritos nos últimos anos, devido ao novo estilo de vida experimentado pela sociedade, que exige que o tempo gasto com refeições seja cada vez menor. Como consequência, há uma maior geração de óleos residuais, sendo eles provenientes do uso doméstico, industrial ou de estabelecimentos do ramo de alimentação.

O óleo vegetal utilizado em frituras por imersão pode ser reaproveitado por algumas vezes, no entanto, devido a presença de água nos alimentos, oxigênio do ar e altas temperaturas, ele sofre oxidação, tornando-se escuro e viscoso, além de apresentar maior acidez e cheiro desagradável. Ao perder sua utilidade, ele deve ser descartado (VICTOR, 2012; STEEL, 2002).

Como consequência da ausência de informação, ou até mesmo devido à baixa disseminação de ideias ambientalmente corretas, inúmeras vezes esses óleos residuais são descartados de maneira errônea, em pias, vasos sanitários, aterros, rios, etc., além de haver também o óleo resultante da lavagem de utensílios utilizados na fritura. Por se tratar de uma substância não biodegradável, sua duração no ambiente de descarte é longa e pode gerar impactos sociais, econômicos e ambientais. Uma vez descartado em pias e vasos, compromete as tubulações, sendo necessário a utilização de elementos tóxicos para realizar a remoção, no solo pode impactar a fertilidade, afetar a fauna e flora, causar mau cheiro, além de alcançar o lençol freático e poluir as águas. Já o óleo presente nos rios é responsável por gerar uma camada que bloqueia a passagem de luz e diminui a oxigenação da água, afetando a fauna e flora aquática. Dadas as circunstâncias, é notória a necessidade de reaproveitar ou reciclar esse resíduo, dando uma destinação correta para o mesmo (GOMES, 2013; COSTA *et al.*, 2011; BORTOLUZZI, 2011). A Figura 5 esquematiza alguns problemas gerados pelo descarte incorreto do óleo de cozinha.

Figura 5: Consequências do descarte incorreto do óleo de cozinha



Fonte: Rabelo & Ferreira (2008).

De acordo com Victor (2012), a reciclagem não é um processo caro e nem requer mão de obra experiente, basta que haja uma mobilização da sociedade, através de projetos que conscientizem e estimulem a população. Reaproveitar, tratar ou encontrar a destinação correta para os resíduos urbanos é uma responsabilidade social (CASTELLANELLI, 2008).

Castellanelli (2008), estudou a viabilidade da reutilização de óleos residuais para fins energéticos, mais precisamente, a sua transformação em biodiesel, na cidade de Santa Maria – RS. Estudos anteriores haviam demonstrado que quando utilizado em ônibus, o biodiesel apresenta desempenho semelhante ao óleo diesel, além de apresentar vantagens ambientais, devido a menor emissão de gases poluentes.

Costa *et al.* (2011), explorou o fenômeno da logística reversa para o óleo vegetal residual. Apontou como possíveis maneiras de reutilização: a produção de sabão (reação de saponificação), produção de farinha a ser utilizada na fabricação de ração animal, a constituição de massa de vidraceiro, produção de factis para borracha e produção de biodiesel.

3.4. Processo de Adsorção de Óleos

Atualmente existem diversas maneiras utilizadas para mitigar os impactos ambientais ocasionados pelo derramamento de óleo diesel ou pela destinação incorreta de óleo de cozinha, como: separação gravimétrica, centrifugação, floculação e coagulação. Entretanto, esses métodos nem sempre são eficientes. Dessa maneira, faz-se necessária a utilização de materiais sorventes para auxiliar na retirada do óleo derramado (ARAUJO *et al.*, 2015).

De acordo com Waelkens (2010), para garantir um bom tratamento do resíduo oleoso é necessário conhecer sua origem (mineral, vegetal, sintético), a maneira em que se encontra (em suspensão ou emulsificado) e onde ocorre.

Materiais sorventes são aqueles que apresentam capacidade de se encharcar de líquido. Eles podem agir por adsorção ou, menos comumente, por absorção. Na adsorção, o óleo é preferencialmente atraído pela superfície do material, enquanto que na absorção o óleo, ou outro líquido a ser recuperado, penetra pela sua estrutura (ARAUJO *et al.*, 2015/ ITOPF, 2014).

Moreira (2004), define *adsorvato* como sendo a substância ou material que fica retido numa superfície e *adsorvente* é a superfície sólida onde o adsorvato fica concentrado. Há algumas características que influenciam diretamente no processo de adsorção, sendo: coesão do óleo, adesão entre o óleo e o sólido, capacidade do óleo em molhar o sólido, espalhamento do óleo sobre a superfície do sólido, ação de capilaridade, temperatura e viscosidade do óleo. A influência de cada uma delas está descrita abaixo (ITOPF, 2014):

- O óleo irá molhar o sólido se sua tensão superficial for menor que a tensão superficial crítica do sólido;
- A taxa de penetração do óleo na estrutura sólida é maior, quanto menor for sua viscosidade e maior o diâmetro do poro;
- O óleo e o sólido devem apresentar uma boa adesão, além de que, o óleo deve ser coeso o suficiente para se manter retido na superfície do sólido uma vez que foi adsorvido;
- Quanto maior a área superficial específica, maior a intensidade da adsorção.

De acordo com Souza (2016), um sorvente ideal para óleos deve possuir uma boa afinidade por ele, boiar na água e não ser um bom sorvente para ela, maximizando assim, a adsorção do óleo e possibilitando sua separação. É de suma importância que haja um destino ambientalmente correto para o sólido com óleo adsorvido. Esse material pode ser reciclado, queimado ou até

mesmo reutilizado para outros fins, basta que sejam feitas as corretas preparações. A Tabela 1 classifica os diferentes tipos de adsorventes.

Tabela 1: Classificação dos sorventes

ASPECTO CLASSIFICADOR	CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
APRESENTAÇÃO DO SORVENTE	TIPO I	<ul style="list-style-type: none"> Filmes, placas, esponjas Largura e comprimento muito maiores que a altura
	TIPO II	<ul style="list-style-type: none"> O sólido apresenta-se desagregado, com partículas não consolidadas São manejados por pás e conchas
	TIPO III	<ul style="list-style-type: none"> Almofadas e barras Material desagregado confinado em malha ou rede de permeabilidade externa
	TIPO IV	<ul style="list-style-type: none"> Adsorventes de estrutura aberta que permitem a intrusão de óleos mais viscosos
COMPOSIÇÃO DO SORVENTE	Material Orgânico Natural	<ul style="list-style-type: none"> Sorventes derivados de animais e vegetais, como penas, espigas de milho, turfas, serragem, palha, feno, entre outros Capacidade de absorção = 3 a 15g/g Baixa seletividade com água
	Material Inorgânico Natural	<ul style="list-style-type: none"> Adsorventes inorgânicos Principais representantes: argilominerais, como a vermiculita e bentonita Absorção = 4 a 20g/g Não são biodegradáveis Necessitam hidrofobização da superfície
	Material Orgânico Sintético	<ul style="list-style-type: none"> Polímeros orgânicos como poliuretano, polietileno, polipropileno, fibras de nylon e espumas de ureia e formaldeído Absorção = até 40g/g Baixa capacidade de retenção do óleo
AMBIENTE DE APLICAÇÃO	S/A	<ul style="list-style-type: none"> Sorventes recomendados para derramamentos em solo ou água
	S	<ul style="list-style-type: none"> Sorventes recomendados para derramamentos em solo
	A	<ul style="list-style-type: none"> Sorventes recomendados para derramamentos em água
	I	<ul style="list-style-type: none"> Sorventes recomendados para derramamentos em ambientes industriais onde haja presença de reagentes químicos agressivos

Fonte: Souza (2016)

3.4.1. Argilominerais Utilizados na Adsorção de Óleo Vegetal

Os argilomineirais são considerados sorventes eficientes e baratos devido à sua estabilidade química e mecânica, alta área superficial e propriedades estruturais. Dessa maneira, Zadaka-Amir *et al.* (2012), testaram alguns minerais argilosos como adsorventes de óleos comestíveis (azeite de oliva e óleo de soja), os resultados obtidos estão registrados na Tabela 2. É possível notar que o talco apresentou uma elevada porcentagem de adsorção para ambos os óleos, como consequência do elevado recobrimento do talco pelo óleo, motivo atribuído à ausência de cargas residuais em sua superfície e a sua baixa hidratação.

Tabela 2: Adsorção de azeite de oliva e óleo de soja pela Sepiolita, Montmorilonita e Talco.

Sorvente	Óleo	Taxa de adsorção (g óleo/g mineral)	Recobrimento do talco pelo óleo (mg/m ²)	Adsorção (%)
Sepiolita	Azeite de Oliva	0,36	1,4	100
	Soja	0,37	1,43	100
Montmorilonita	Azeite de Oliva	0,16	0,21	46
	Soja	0,14	0,18	40
Talco	Azeite de Oliva	0,19	11,2	54
	Soja	0,23	13,5	66

Fonte: Zadaka-Amir *et al.* (2012)

Casanova *et al.* (2007) analisaram a adsorção de óleo de linhaça, disperso em solução não aquosa, pelo talco. De acordo com o estudo, o tamanho da partícula do talco e a sua área superficial específica são inversamente proporcionais. Dessa maneira, quanto menor o tamanho da partícula, maior será sua área superficial e, conseqüentemente, maior a adsorção do óleo pelo talco. Para uma área superficial específica do talco de 35m²/g, mediu-se uma taxa de adsorção de 0,41 g óleo/g talco, enquanto que para uma área de 7m²/g, a adsorção obtida foi de 0,28g/g. O fenômeno da adsorção é um processo de superfície, dessa maneira, a área superficial específica do mineral é de suma importância na determinação de sua capacidade de adsorção. No entanto, a estrutura mineral também possui influência. As partículas de talco podem se organizar na forma de blocos ou placas, sendo que, a adsorção das partículas em blocos será sempre menor do que nas partículas em placas, independentemente de suas áreas superficiais específicas. Além disso, a capacidade de adsorção do talco é influenciada pela sua composição

mineralógica, sendo que ao apresentar minerais contaminantes, como magnesita, dolomita ou clorita, sua adsorção é diminuída (MONDO MINERALS, 2018).

3.5. Incorporação de Resíduos na Cerâmica

A palavra cerâmica possui origem no termo grego “KERAMEIKOS”, que significa “feito da terra”, “coisa queimada”. No entanto, é chamado de cerâmica qualquer produto resultante dos processos de modelamento e queima de um misto de matérias-primas minerais. Este setor é amplo e se divide em: cerâmica vermelha, materiais para revestimento, refratários, louças, isoladores elétricos de porcelana, cerâmica artística, filtros cerâmicos para água e isolantes térmicos. Essa divisão ocorre com base nas principais características dos grupos. A cerâmica branca é constituída por produtos que se mantêm esbranquiçados após a etapa de queima, como azulejos, porcelanas e louças; a cerâmica esmaltada são os materiais que quando queimados passam pelo processo de esmaltação; enquanto que a cerâmica vermelha são aqueles materiais de coloração avermelhada, devido à presença de ferro, sendo eles: tijolos, telhas, lajotas, elementos vazados, vasos ornamentais, entre outros. As empresas no setor de cerâmica vermelha são normalmente de pequeno porte. Sua produção é simples, no entanto, constituído por diversas etapas como a retirada de argila, beneficiamento, adequação, conformação, secagem e queima (BACELLI JR., 2010).

Na confecção de produtos cerâmicos a granulometria da matéria-prima é de suma importância, pois afeta diretamente na plasticidade das partículas. A medida que se diminui a granulometria, observa-se um aumento na plasticidade, no entanto, para que isso ocorra é necessária uma grande quantidade de água. Com a menor granulometria o grau de compactação aumenta, de modo que durante a etapa de secagem, a saída de água é dificultada, o que pode ocasionar trincas e deformações (PRACIDELLI e MELCHIADES, 1997).

Na Tabela 3 há as faixas granulométricas adequadas para cada tipo de produto cerâmico. Enquanto que a Tabela 4 apresenta as diferentes classes de cerâmica, bem como a propriedade que a difere.

Tabela 3: Composição Granulométrica dos produtos de cerâmica vermelha

Produto	Composição Granulométrica (%)		
	< 2 μm	2 a 20 μm	> 20 μm
Materiais de Qualidade com dificuldade de produção	40 a 50	20 a 40	20 a 30
Telhas, capas	30 a 40	20 a 50	20 a 40
Tijolos furados	20 a 30	20 a 55	20 a 50
Tijolos maciços	15 a 20	2 a 55	25 a 55

Fonte: Pracidelli e Melchiades (1997)

Tabela 4: Classificação da cerâmica

Classe	Descrição	Propriedade Classificadora
Cerâmica Vermelha	Cerâmicas argilosas de porosidade média	Absorção de água entre 4-20%. Apresenta cor avermelhada devido à presença de ferro na composição
Grés	Cerâmica feita de uma única argila ou de uma mistura de argila com outros minerais (incluindo sílica) queimados para produzir produtos mais resistentes e duráveis	Absorção de água entre 0-5%. Apresenta coloração acinzentada devido à presença de ferro e minerais não argilosos
Porcelana	Porcelana rígida; Porcelana vítrea; Porcelana elétrica; Porcelana odontológica.	Os produtos podem ser compostos por quartzo e feldspato (componente que promove características vítreas). Pode conter outros minerais para reforçar a resistência (como o óxido de alumínio)
Porcelana Elétrica	Cerâmica esteatito; Cerâmica elétrica.	Cerâmica esteatito contém o mineral talco que reforça a performance do produto em aplicações elétricas de alta frequência. Cerâmicas elétricas geralmente são porcelanas de alto teor de óxido de alumínio
Cerâmica Tecnológica branca	Engloba diversas cerâmicas de baixa absorção de água para aplicação estrutural e química	A composição é alterada para que inclua óxido de alumínio, zircão e outros minerais para se obter propriedades específicas

Fonte: Kogel *et al.* (2006)

Na fabricação da cerâmica, o processo de secagem deve ser realizado antes da queima, evitando assim que hajam fraturas ou deformações decorrentes da rápida saída de água. A secagem deve ocorrer da maneira mais homogênea possível, evitando ambientes muito quentes ou muito úmidos. Para a etapa de queima, a temperatura deverá ser superior a 600°C, nesta etapa a peça sofre alterações físicas e químicas. Sua função é proporcionar ao produto cerâmico durabilidade, resistência e impermeabilidade, além de alterar suas cores e texturas. Posteriormente o produto deve ser resfriado, também de maneira lenta, garantindo sua integridade (RODRIGUES, 2011 e LaCAD, sem data).

Na Tabela 5 encontra-se os valores dos parâmetros que devem ser atendidos para blocos e tijolos maciços, uma vez que por serem utilizados em obras de construção civil devem garantir sempre a segurança.

De acordo com Souza (2016), há um crescente estudo em relação a substituição de matérias-primas na cerâmica, de modo a alcançar uma melhor qualidade do produto e ainda possibilitar aos resíduos uma nobre utilização.

Tabela 5: Parâmetros para Cerâmica Vermelha

Produto	Parâmetro		
	Absorção de Água	Resistência à Compressão Simples	Norma Regente
Tijolo Maciço (Alvenaria)	(Não Especificado)	1,5 MPa - 4,0 MPa	NBR 7170 - ABNT (1983)
Bloco Vedação	8% < A.A < 22%	1,5 MPa - 3,0 MPa	NBR 15270 - 1 - ABNT (2005)
Bloco Estrutural	8% < A.A < 22%	3,0 MPa	NBR 15270 - 2 - ABNT (2005)

Fonte: Souza (2016)

As rochas conhecidas como “ornamentais” são aquelas utilizadas na decoração de ambientes e revestimentos, de acordo com sua composição se dividem em: granitos, mármore e calcários quartzitos, ardósias, serpentinitos, pedra-sabão e talco (RIBEIRO, 2013).

A produção de rochas ornamentais envolve as etapas de extração (exploração das jazidas), beneficiamento, armazenamento e transporte. O grande problema é a quantidade de resíduos gerada em cada uma dessas etapas. Na maioria das vezes o material residual é despejado em locais inadequados, onde fica depositado por certo tempo, formando uma lama (AGUIAR, 2012).

Uma maneira de reduzir os impactos ambientais causados pelo processo de beneficiamento de rochas ornamentais é através da incorporação dos resíduos em outros materiais, como exemplo: produção de produtos cerâmicos, cimento, argamassa, vidro, concreto, porcelanatos, revestimento e piso (AGUIAR, 2012).

Ferreira (2013) confeccionou tijolos solo-cal com substituição da cal por finos de esteatito. Foram realizados ensaios com diferentes porcentagens de substituição, sendo elas: 25, 50 e 75%, com um tempo de cura de 28 e 60 dias. Os resultados mais satisfatórios foram para substituições de 25% da cal por resíduo de pedra-sabão e tempo de cura de 60 dias. Nestas condições, o ensaio apresentou valores de resistência a compressão simples e absorção de água dentro do permitido pela norma para este tipo de bloco estrutural.

Vieira e Monteiro (2006) utilizaram um resíduo oleoso advindo do setor petrolífero, constituindo-se de uma borra pastosa, anteriormente submetida a inertização por bentonita, em massa de cerâmica vermelha. Foram preparadas composições com incorporações de 0, 1, 3, 5 e 10% em peso de resíduo oleoso. Os corpos de prova foram submetidos a uma prensagem uniaxial de 20 MPa, com umidade de 8%, secos à 110°C e queimados a 900°C. Como resultado obtiveram a melhoria da densidade aparente a seco e de queima com a adição do resíduo em questão, reduzindo a absorção de água e aumentando a resistência mecânica.

Souza (2016) aplicou finos de esteatito, provenientes de oficinas de artesanato da região de Ouro Preto – MG, como agente sorvente de óleo diesel e utilizou os resíduos da adsorção de óleo para a fabricação de materiais cerâmicos. Os testes de adsorção de óleo diesel em resíduo de esteatito na presença de água evidenciaram a não eficiência do adsorvente para derramamentos de óleo em água. Foram confeccionados corpos de prova apenas com argila, argila com substituição de 15% em massa por esteatito e argila com substituição de 15% em massa por esteatito com óleo diesel adsorvido. Para todas as composições analisadas percebeu-se uma expansão durante a secagem. Já a retração linear de queima apresentou comportamento crescente com o aumento da temperatura e pressão de compactação. Em relação a absorção de água, provou-se que os diferentes corpos não são adequados quando utilizados como blocos de vedação e estruturais. Enquanto a resistência a compressão cresceu conforme a temperatura de queima e pressão de compactação aumentaram.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Resíduo de Pedra-Sabão (Esteatito)

O resíduo de pedra-sabão empregado no estudo teve origem nas oficinas de artesanato de Santa Rita de Ouro Preto, distrito de Ouro Preto, Minas Gerais. O resíduo (Figura 6) foi anteriormente qualificado por Rodrigues (2010) e Ferreira (2013), e as quantificações das medidas são exibidas nas Tabelas 6 e 7:

Tabela 6: Composição química da amostra do resíduo de pedra sabão

Teor								
%					PPM			
Al ₂ O ₃	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	As	Cu	Mn	Pb
2,30	27,80	0,07	4,99	58,91	2,32	16,30	298	25,82

Fonte: Rodrigues (2010)

Tabela 7: Caracterização física e mineralógica do resíduo de pedra sabão

Parâmetro	Resíduo de Pedra Sabão
Área Superficial (m^2/g)	3,43
Densidade (g/cm^3)	2,96
Porosidade (%)	0,2
Umidade (%)	0,34
D_{80} (μm)	719
Composição Mineralógica	Talco ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$); Clorita ($(Mg,Al,Fe)_{12}(Si, Al)_8O_{20}(OH)_{16}$)

Fonte: Rodrigues (2010) e Ferreira (2013).

Figura 6: Resíduo de esteatito



Fonte: Ferreira (2013)

4.2. Solo Utilizado na Confeção dos Corpos de Prova Cerâmicos

O solo empregado na confecção dos corpos de prova cerâmicos é proveniente do Morro do Caxambu a aproximadamente 5 km de Cachoeira do Campo – Minas Gerais. O solo (Figura 7) foi caracterizado por Ferreira (2013). Nas Tabelas 8, 9 e 10 estão apresentados os valores obtidos para cada parâmetro:

Figura 7: Amostra do solo argiloso



Fonte: Foto tirada pelo autor

Tabela 8: Caracterização física e mineralógica da amostra de solo do Morro do Caxambu.

Parâmetro	Amostra de Solo
Área Superficial (m^2/g)	32,414
Densidade (g/cm^3)	2,593
Porosidade (%)	1,6
Umidade (%)	12,53
D_{80} (μm)	700
Composição Mineralógica	Quartzo (SiO_2); Caulinita ($SiO_2Al_2O_5(OH)_4$); Muscovita ($KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$).

Fonte: Ferreira (2013)

Tabela 9: Composição química da amostra de solo do Morro do Caxambu.

Teor										
%									ppm	
Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	SO_3	CaO	TiO_2	K_2O	SiO_2	As	Zn
28,91	5,96	-	0,143	-	-	1,48	0,64	62,62	5,38	36,70

Fonte: Ferreira (2013)

Tabela 10: Composição granulométrica da amostra de solo do Morro do Caxambu.

Composição Granulométrica	
Tamanho (μm)	%
< 2	6,25
2 a 20	16,25
> 20	77,5

Fonte: Ferreira (2013)

De acordo com as Tabelas 3 e 10, pode-se notar que a composição granulométrica da amostra de solo utilizada não se encontra dentro do padrão de confecção de cerâmica vermelha adotada por Pracidelli e Melchiades (1997), dessa maneira, cominuiu-se a amostra em moinho de bolas até que o padrão fosse alcançado.

4.3. Cominuição e Análise Granulométrica da Amostra de Solo

A amostra de solo foi cominuída por 30 minutos utilizando o moinho de bolas do Laboratório de Materiais Cerâmicos do DEMIN/UFOP. Foram necessários 750g de corpo moedor de 1

polegada e 250g de corpo moedor de 0,5 polegada para realizar a cominuição de 1200g da amostra de solo. Foi criado um processo cíclico. A amostra do solo cominuído foi passada na peneira de 74 μ m e o material retido retornado ao processo de cominuição. O processo se repetiu até que aproximadamente 60% do total da amostra estivesse com granulometria abaixo de 74 μ m.

Após cominuição, a amostra foi homogeneizada e quarteada até se obter 300g para a caracterização granulométrica por peneiramento a úmido. Utilizou-se a série de peneiras Tyler 300 μ m a 38 μ m. O material passante na peneira de 38 μ m foi seco em estufa, pesado e posteriormente dirigido ao Laboratório de Propriedades Interfaciais (DEMIN/UFOP), onde foi realizada a análise granulométrica pelo granulômetro a *laser* Cilas 1064.

4.4. Ensaios de Adsorção de Óleo Vegetal em Resíduo de Pedra Sabão (esteatito)

Uma massa de resíduo de pedra sabão foi uniformemente espalhada pela área de uma peneira de cozinha adaptada com malha de aço de 38 μ m de abertura, utilizada como anteparo, e posteriormente mergulhada em óleo vegetal em uma placa de petri, como pode ser visto na Figura 8. O tempo de contato foi de 2 horas. Decorrido este tempo, a peneira com o material foi colocada sobre um béquer por 5 minutos, para que o óleo pudesse escoar sob efeito da gravidade. Os tempos de contato e escoamento utilizados neste estudo foram os melhores resultados obtidos por Souza (2016).

Souza (2016) realizou testes de adsorção de óleo diesel em resíduo de esteatito (Figura 8), com diferentes tempos de contato (30s, 1min, 5min, 30min, 2h e 24h) e diferentes tempos de escoamento (30s, 1min, 2min, 5min, 30min e 1h). Os resultados mostraram que após duas horas de contato houve a estabilização da adsorção, uma vez que, após esse tempo a adsorção foi insignificante, como pode ser observado na Tabela 11. Para o escoamento a estabilização ocorre após 5 minutos. Durante os primeiros segundos de descanso do conjunto óleo/resíduo/peneira, o óleo não adsorvido é liberado, sendo perceptível o maior escoamento nestes instantes. No gráfico da Figura 9, está representada a adsorção do óleo diesel por tempo de escoamento em tempos de contatos distintos, tornando possível a percepção do comportamento da adsorção e da dinâmica do óleo com o passar do tempo.

Figura 8: Esteatito com óleo vegetal adsorvido



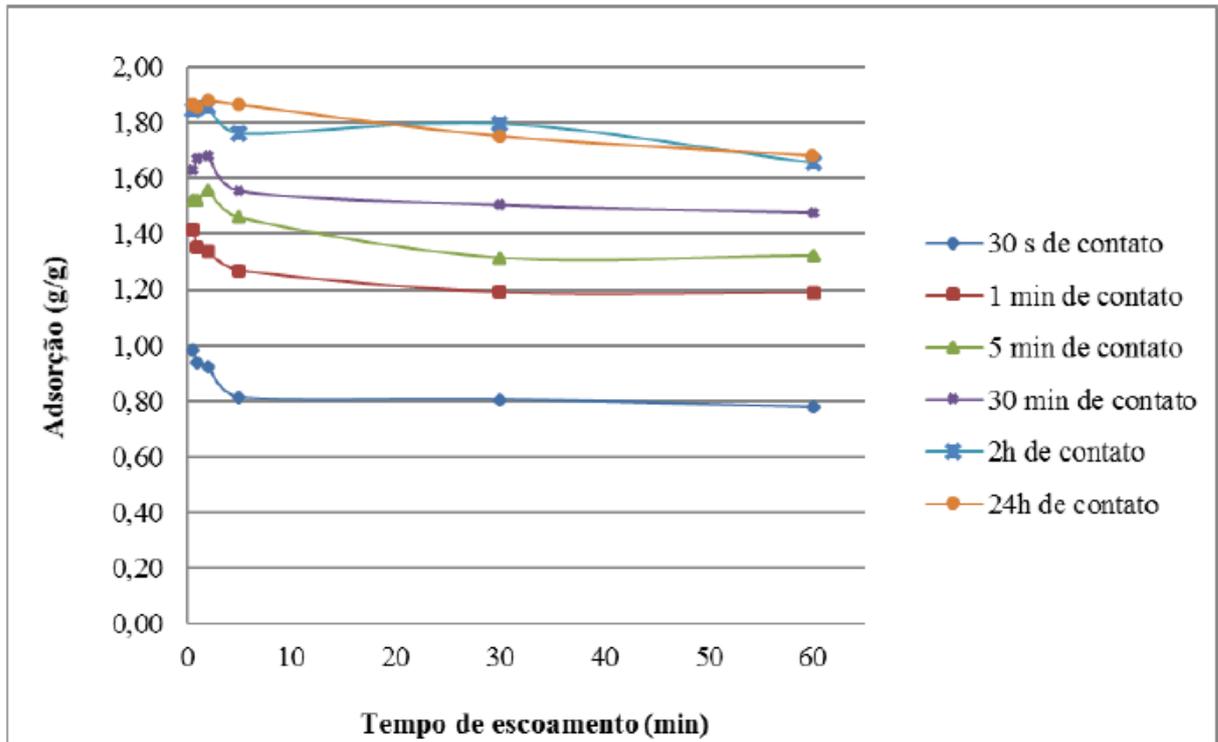
Fonte: Foto tirada pelo autor

Tabela 11: Adsorção do óleo diesel pelo esteatito em função do tempo.

Tempo de contato (min)	Óleo Diesel Adsorvido (g/g)					
	Tempo de Escoamento (min)					
	0,5	1	2	5	30	60
0,5	0,9851	0,9385	0,9232	0,8132	0,8051	0,7759
1	1,4167	1,3525	1,3350	1,2698	1,1908	1,1894
5	1,5206	1,5203	1,5588	1,4607	1,3137	1,3224
30	1,6312	1,6701	1,6813	1,5555	1,5046	1,4768
120	1,8456	1,8581	1,8544	1,7618	1,7969	1,6585
1440	1,8687	1,8546	1,8794	1,8640	1,7506	1,6803

Fonte: Souza (2016)

Figura 9: Gráfico da adsorção de óleo diesel em resíduo de esteatito em tempos distintos de escoamento, para diferentes tempos de contato



Fonte: Souza (2016)

Para o cálculo da adsorção também foi necessário medir a capacidade de retenção de óleo pela peneira. Submergiu-se a peneira em óleo por 15 minutos, após este tempo a mesma foi colocada sobre o béquer por 5 minutos para que o óleo escoasse e posteriormente anotada a massa do conjunto.

A Equação 1 abaixo foi utilizada para calcular a adsorção de óleo pelo resíduo de esteatito:

$$Adsorção = \frac{M - m}{0,5} \quad (1)$$

Na qual:

M = massa do conjunto óleo, resíduo e peneira (g)

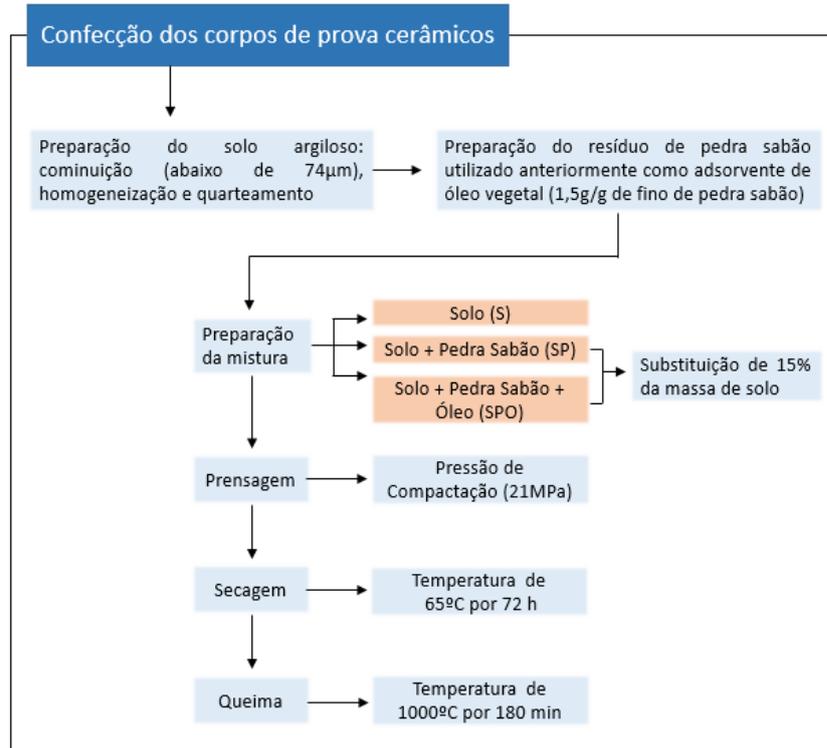
m = massa do conjunto óleo e peneira (g)

Adsorção (g/g)

4.5. Confeção dos Corpos de Prova Cerâmicos

Os corpos de prova cerâmicos foram produzidos no Laboratório de Materiais Cerâmicos (DEMIN/UFOP), de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 10:

Figura 10: Fluxograma da construção dos corpos de prova cerâmicos com diferentes composições



Para a confecção dos corpos de prova (CP) foi utilizada uma matriz retangular metálica com as dimensões 7x2x1cm. O tamanho da matriz foi utilizado para calcular a massa de material necessária para a preparação dos corpos de prova, conforme as Equações 2 e 3:

$$ME_{mistura} = \left(\frac{100 - x}{100}\right) D + \left(\frac{x}{100}\right) d \quad (2)$$

$$M_i = (7 \times 2 \times 1) \text{ cm} * ME_{mistura} \quad (3)$$

Na qual:

$ME_{mistura}$ = massa específica da mistura “y” (g/cm³)

$x = 15$, fração a ser substituída

D = massa específica do solo (g/cm^3)

d = massa específica do material de substituição (g/cm^3)

M_i = Massa inicial para confecção do corpo de prova “y” (g)

4.5.1. Etapas da Produção dos Corpos de Prova Cerâmicos

- **Preparação das massas iniciais**

Para a preparação das massas foi utilizada uma balança de precisão Marte-AY220. A partir da obtenção do valor da massa inicial para a confecção dos corpos de prova, foi possível realizar as misturas. Foram preparadas três diferentes composições, a primeira apenas com o solo argiloso, a segunda com solo argiloso e substituição de 15% da massa de solo pelo resíduo de pedra sabão e, por último, o solo argiloso com substituição de 15% da massa de solo pelo resíduo de pedra sabão anteriormente utilizado como adsorvente de óleo vegetal. O valor de 15% de substituição da massa de argila encontra-se em conformidade com a Associação Portuguesa da Indústria Cerâmica (2000) (apud Mendes, 2013), que afirma que para tijolos maciços o volume de argila cozido não deve ser inferior a 85% do seu volume total.

A massa inicial da mistura foi homogeneizada e posteriormente teve sua umidade avaliada por uma balança analítica por infravermelho Marte-ID200. De acordo com o Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo (1986) (apud Paschoal, 2003), a umidade para prensagem deve estar entre 5 e 15%, de modo a evitar trincas, empenamentos e falhas no preenchimento do molde. Dessa maneira, adotou-se como aceitável uma umidade entre 8 e 10%, caso a umidade natural não estivesse em conformidade com o estabelecido, eram feitas correções através dos processos de secagem ou adição de água.

- **Prensagem**

Após a homogeneização e adequação da umidade, o material foi colocado uniformemente dentro da matriz retangular metálica e prensado a uma pressão de compactação de 21MPa, em uma prensa hidráulica da marca SOLOCAP, modelo CI100.

- **Secagem**

Após a etapa de prensagem os corpos de prova foram submetidos a secagem, ocorrendo a uma temperatura de 65°C por 72h, em uma estufa da marca Heraus. Posterior a etapa de secagem os corpos eram levados ao dessecador por aproximadamente uma hora. A umidade era novamente calculada e não foram aceitas umidades residuais superiores a 2% (PASCHOAL, 2003). Utilizou-se um paquímetro para medir as dimensões do CP e calcular a Retração Linear de secagem (RLS) e uma balança de precisão para realizar sua pesagem e conferir a perda de massa ocorrida durante o processo.

- **Queima**

A queima, realizada em forno tipo mufla Linn Elektro Therm CC405, ocorreu após a etapa de secagem, utilizando os CP's que apresentavam umidade inferior a 2%. Estes corpos foram levados ao forno a uma temperatura ambiente e submetidos a um aquecimento com rampa de aquecimento de 5°C/min, até alcançar 1000°C. Ao se atingir a temperatura desejada (1000°C) esta foi mantida constante por 3 horas. Dado o término da queima, o forno foi desligado e somente ao alcançar a temperatura ambiente os corpos foram retirados. Posteriormente, se repetia o processo realizado na etapa de secagem, no qual os corpos eram medidos e pesados para a determinação da perda de massa e retração linear (RLQ) da etapa de queima.

4.5.2. Ensaio Tecnológico para cerâmica

Foram realizados ensaios tecnológicos de modo a garantir que as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para cerâmica vermelha fossem atendidas.

- **Retração Linear de Secagem (RLS)**

Para se obter a RLS é necessário aferir a medida do comprimento do corpo de prova anterior e posterior a secagem. O cálculo da retração linear de secagem segue a Equação 4:

$$RLS = \frac{L_i - L_f}{L_i} \times 100 \quad (4)$$

Na qual:

RLS = retração linear de secagem (%)

L_i = comprimento inicial do corpo de prova (cm)

L_f = comprimento final do corpo de prova – após secagem (cm)

- **Retração Linear de Queima (RLQ)**

Para se obter a RLQ é necessário aferir a medida do comprimento do corpo de prova anterior e posterior a queima. O cálculo da retração linear de queima segue a Equação 5:

$$RLQ = \frac{(L'_i - L'_f)}{L'_i} \times 100 \quad (5)$$

Na qual:

RLQ = retração linear de queima (%)

L'_i = comprimento inicial do corpo de prova – após secagem (cm)

L'_f = comprimento final do corpo de prova – após queima (cm)

- **Perda de Massa por Secagem (PMS)**

Para calcular a PMS é necessário pesar a massa inicial do corpo de prova e a massa após a etapa de secagem. A Equação 6 apresenta o cálculo realizado para se obter a perda de massa por secagem:

$$PMS = \frac{M_i - M_s}{M_i} \quad (6)$$

Na qual:

PMS = perda de massa por secagem (%)

M_i = massa inicial do corpo de prova (g)

M_s = massa do corpo de prova após a secagem (g)

- **Perda de Massa por Queima (PMQ)**

Para calcular a PMQ é necessário pesar a massa do corpo de prova após a secagem e a massa após a etapa de queima. A Equação 7 apresenta o cálculo realizado para se obter a perda de massa por queima:

$$PMQ = \frac{(M_s - M_q)}{M_s} \quad (7)$$

Na qual:

PMQ = perda de massa por queima (%)

M_s = massa do corpo de prova após secagem (g)

M_q = massa do corpo de prova após queima (g)

- **Densidade Aparente após Queima (DA_{queima})**

A DA_{queima} do corpo de prova foi calculada pela razão entre a massa do corpo e volume após a etapa de queima. A Equação 8 exemplifica este cálculo:

$$DA_{queima} = \frac{M_q}{V_q} \quad (8)$$

Na qual:

DA_{queima} = densidade aparente após queima (g/cm³)

M_q = massa do corpo de prova após a queima (g)

V_q = volume do corpo de prova após a queima (cm³)

- **Absorção de Água (AA)**

O teste de AA foi executado em triplicata. O CP queimado foi levado a estufa aquecida a 65°C, por 24 horas, para que a água presente no corpo sofresse uma lenta evaporação. Após a secagem, o corpo tinha sua massa medida e posteriormente era colocado em uma panela de alumínio, contendo aproximadamente 4L de água fervente e bolas de vidro maciço em seu fundo. Passadas 3 horas, o corpo era retirado da água e tinha sua superfície secada por papel toalha, posteriormente, realizava-se uma nova pesagem. A Equação 9 foi utilizada para o cálculo da adsorção de água:

$$AA = \frac{M_u - M_s}{M_s} \times 100 \quad (9)$$

Na qual:

AA = absorção de água

M_u = massa do corpo de prova úmido (g)

M_s = massa do corpo de prova seco (g)

- **Resistência à Compressão Simples (RCS)**

O teste de resistência à compressão simples foi realizado em uma prensa hidráulica da marca SOLOCAP modelo CI 100 Tf, que pode ser vista na Figura 11. O CP foi colocado no centro da base da prensa e então a placa de compressão abaixada até que ficasse em contato com a amostra. A prensa foi ligada e observou-se a crescente pressão de compressão até o momento da ruptura, o valor responsável pela quebra foi registrado.

Figura 11: Prensa hidráulica SOLOCAP, modelo CI 100Tf.



Fonte: Catálogo de Concretos e Agregados - Solocap

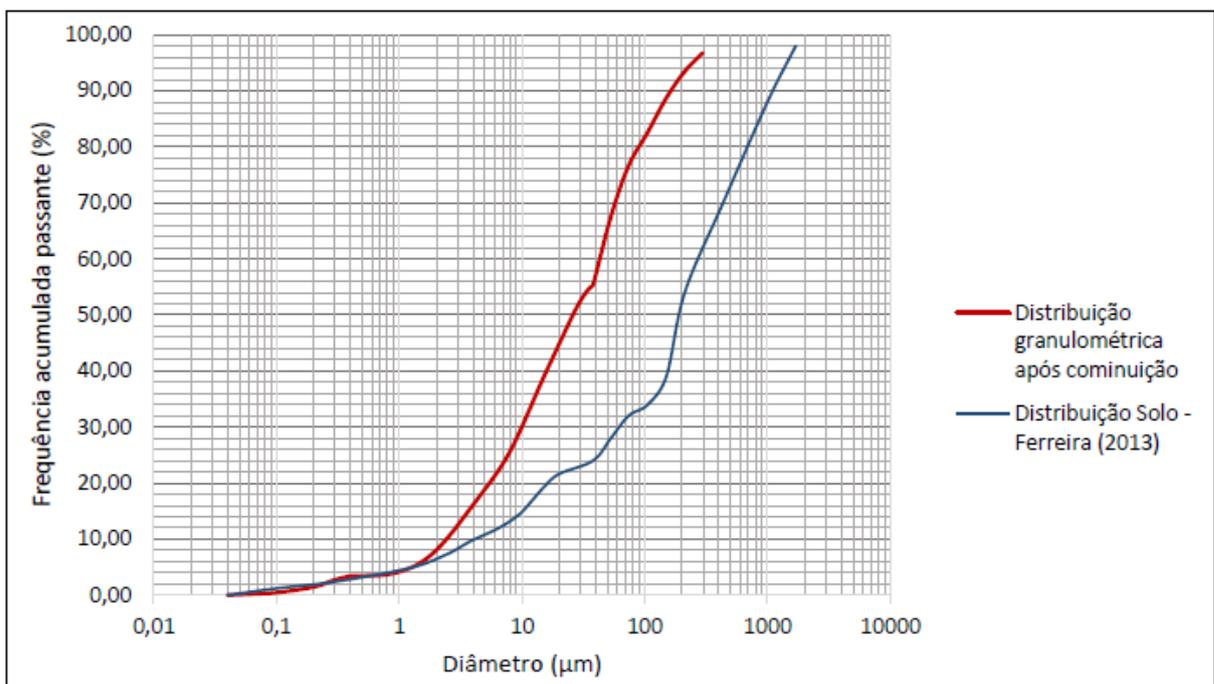
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo foi feita a análise e discussão dos resultados obtidos nesse estudo.

5.1. Caracterização granulométrica do solo

Observada a análise granulométrica do solo argiloso previamente realizada por Ferreira (2013), notou-se que de acordo com Pradicelli e Melchiades (1997), esta não se encontrava adequada para a utilização em cerâmica vermelha. Dessa maneira, o solo foi cominuído até atender às especificações. Para fins comparativos, temos na Figura 12 as duas curvas granulométricas:

Figura 12: Comparação das distribuição granulométricas do solo argiloso



Fonte: Souza (2016)

A Tabela 12 abaixo mostra que a quantidade de material contida entre as faixas $2\mu\text{m}$ e $20\mu\text{m}$ e maiores que $20\mu\text{m}$, estão de acordo com o padrão para tijolos maciços cerâmicos (PRADICELLI & MELCHIADES, 1997). Porém, nota-se que mesmo após a cominuição, a quantidade de finos menores que $2\mu\text{m}$ não atinge o esperado de 15%, o que pode resultar em uma baixa plasticidade da massa cerâmica.

Tabela 12: Composição granulométrica do solo

Composição Granulométrica (%)			
	Pracidelli & Melchiades	Solo inicial	Solo após cominuição
Abaixo de 2μm	15 a 20	6,2	8
Entre 2 e 20μm	20 a 55	16,3	36,7
Acima de 20μm	25 a 55	77,5	55,3

Uma vez que o processo de cominuição envolve um grande gasto energético, este se torna oneroso. Como este estudo tem como objetivo o reaproveitamento de resíduos, não é interessante que haja aumento no custo de preparação da matéria prima. Dessa maneira, a cominuição se deu por encerrada mesmo com esta composição granulométrica.

5.2. Ensaios de Adsorção de Óleo Vegetal em Resíduo de Esteatito

Com base nos resultados do estudo realizado por Souza (2016), realizou-se o ensaio de adsorção de óleo vegetal em resíduo de esteatito com tempo de contato de 2 horas e tempo de escoamento de 5 minutos. Como resultado tivemos uma adsorção de 1,50g/g de fino de pedra sabão.

5.3. Ensaios para Avaliação dos Corpos de Prova Cerâmicos

5.3.1. Retração Linear de Secagem (RLS)

Na Tabela 13 abaixo é possível observar que para as três diferentes composições (S, SP e SPO), a retração linear de secagem é negativa, o que indica expansão dos corpos de prova. Isso ocorre quando os corpos de prova apresentam umidade muito baixa e continuam a se expandir de maneira lenta, após sua retirada do molde. No entanto, como esses valores são menores que 1%, se tornam irrelevantes na determinação das dimensões finais dos corpos. (MELCHIADES *et al.*, 2001).

Tabela 13: Retração linear de secagem

Corpo de Prova	Retração Linear de Secagem (%)
S	-0,12
SP	-0,35
SPO	-0,37

5.3.2. Retração Linear de Queima (RLQ)

Observa-se pela Tabela 14 que não houve grande variação da retração linear de queima para as três composições (S, SP, SPO). De acordo com Santos (1989) (apud Souza, 2016), existem restrições de RLQ para cerâmicas vermelhas, sendo menor ou igual a 5% para telhas e menor ou igual a 6% para tijolos furados, não havendo especificações para tijolos de alvenaria. Dessa maneira, as RLQ's obtidas para as diferentes composições estão em conformidade com o esperado.

A retração linear de queima ocorre principalmente pela eliminação dos poros, que resultam na diminuição de volume do CP e pelo processo de formação de fases líquidas no interior do corpo, no qual alguns componentes se fundem e ocupam os espaços livres entre as partículas, atraindo as partículas sólidas, resultando na redução de volume dos poros e consequentemente na diminuição do volume do CP (MELCHIADES *et al.*, 2001).

Tabela 14: Retração linear de queima

Corpo de Prova	Retração Linear de Queima (%)
S	2,960
SP	2,821
SPO	2,820

5.3.3. Perda de Massa por Secagem (PMS)

De acordo com Vieira *et al.* (2003), a água existente na massa argilosa é responsável por garantir sua plasticidade, necessária para a confecção do corpo de prova. O processo de secagem é responsável pela evaporação dessa água, ou seja, toda a perda de massa do CP nesta etapa corresponde à massa de água perdida. Como pode ser observado na Tabela 15, a menor perda de massa ocorre no corpo de prova SP. Isso se justifica devido à quantidade de água presente

nos corpos de prova S ser maior que nos corpos SP, e nos corpos SPO poder haver a perda de outros constituintes do óleo, além da água.

Tabela 15: Perda de massa por secagem

Corpo de Prova	Perda de Massa por Secagem (%)
S	8,980
SP	6,169
SPO	9,410

5.3.4. Perda de Massa por Queima (PMQ)

Ainda de acordo com Souza (2016), entre 100°C e 1000°C há diferentes faixas de temperaturas, cada uma responsável por parcela da perda de massa. Temperaturas entre 100°C e 500°C são responsáveis pela eliminação da água presente entre as redes cristalinas e pela perda de matéria orgânica. Até 600°C há a desidroxilação (desidratação) da caulinita (presente no solo argiloso) e da clorita (presente no esteatito). Na faixa entre 600°C e 1000°C pode haver a desidroxilação da muscovita presente no solo e do talco presente na pedra sabão, além da transformação de fase da clorita e do talco. Observando a Tabela 16, podemos notar que a PMQ é próxima para os corpos S e SP e maior para o SPO, esse aumento ocorre provavelmente devido à decomposição dos componentes do óleo vegetal, sendo liberados na forma de gases.

Tabela 16: Perda de massa por queima

Corpo de Prova	Perda de Massa por Queima (%)
S	10,913
SP	10,083
SPO	13,059

5.3.5. Densidade Aparente após Queima (DA_{queima})

De acordo com Melchiades *et al.* (2001), o aumento da densidade dos CP's ocorre como consequência da eliminação ou fechamento dos poros, o que está diretamente relacionado com a maior RLQ. Este fato pode ser comprovado relacionando as Tabelas 14 e 17, onde observa-se uma maior DA_{queima} e RLQ nos corpos confeccionados apenas com solo.

Tabela 17: Densidade aparente dos corpos de prova

Corpo de Prova	Densidade aparente após queima (g/cm ³)
S	1,567
SP	1,384
SPO	1,553

5.3.6. Absorção de Água (AA)

De acordo com os resultados obtidos por Souza (2016), quanto menor a temperatura de queima e menor pressão de compactação, maior a absorção de água. Isso se deve ao fato de que, em menores temperaturas não há formação de fases líquidas que são responsáveis por preencher os espaços vazios e a baixa pressão ocasionar uma menor compactação, o que gera os poros.

Dessa maneira, era esperado que os valores de densidade aparente após a queima e absorção de água fossem inversamente proporcionais, uma vez que, a absorção de água ocorre devido à presença de poros no corpo de prova. Contudo, como pode ser observado na Tabela 18, os testes mostraram valores muito próximos para os parâmetros de DA_{queima} e AA, não foi possível estabelecer uma comparação.

Segundo a norma técnica para blocos de vedação e blocos estruturais, ABNT/NBR 15270-1, os valores de absorção de água para as três composições estão acima do recomendado (máximo de 22%), no entanto, podem ser empregados em paredes internas (alvenaria), por exemplo.

Tabela 18: Absorção de água dos corpos de prova

Corpo de Prova	Absorção (%)
S	27,03
SP	27,00
SPO	24,54

5.3.7. Resistência a compressão simples (RCS)

A resistência a compressão simples apresenta relação direta com o aumento da pressão de compactação e temperatura de queima, isso porque a resistência do corpo de prova está relacionada à quantidade de poros existentes (SOUZA, 2016).

Isso pode ser comprovado observando os dados das Tabelas 18 e 19, nas quais é possível observar que os corpos SPO apresentam a menor absorção de água e ao mesmo tempo, a maior resistência à compressão.

Tabela 19: Resistência a compressão simples

Corpo de Prova	RCS (MPa)
S	50,90
SP	65,40
SPO	67,00

Segundo a norma ABNT/NBR 15270-1, as três composições apresentam valores de RCS acima do esperado para blocos cerâmicos de vedação ($\geq 1,5$ MPa para blocos usados com furos na horizontal e $\geq 3,0$ MPa para blocos usados com furos na vertical).

5.3.8. Cor

Não há referências normativas para a cor dos corpos de prova, uma vez que esta análise é subjetiva. No entanto, como os tijolos podem ser utilizados como revestimento, a cor passa a ter uma importância significativa. Nas Figuras 13, 14 e 15 abaixo pode-se observar que nas três diferentes composições permanece a cor marrom-avermelhada. Nos corpos de prova SP é visível a presença de pontos brancos, consequência da aglomeração do esteatito devido a umidade.

Figura 13: Corpo de prova SP após queima



Figura 14: Corpos de prova S após queima



Figura 15: Corpos de prova SPO após queima



6. CONCLUSÕES

Através deste estudo, mostrou-se viável a confecção de corpos de prova cerâmicos com a adição de resíduos de esteatito e resíduos de esteatito anteriormente utilizados como adsorventes de óleos vegetais, uma vez que, após estudos tecnológicos, os valores dos parâmetros obtidos para as diferentes composições se encontraram de acordo com a norma da ABNT NBR 15270-1, que trata de blocos cerâmicos para alvenaria de vedação.

As conclusões para cada teste se encontram abaixo:

- A adsorção do óleo vegetal pelo esteatito foi realizada com 2 horas de contato e 30 minutos de escoamento, apresentando uma taxa de adsorção de 1,5g/g de fino de pedra-sabão.
- Os corpos de prova com as três diferentes composições apresentaram uma pequena expansão durante a etapa de secagem, todas menores que 1%, considerada insignificativa no cálculo do volume.
- As retrações lineares de queima para todas as composições foram de aproximadamente 3% e estão de acordo com os limites para cerâmica vermelha.
- A perda de massa por queima variou em 10% para os corpos compostos por solo e solo com esteatito, e em 13% para corpos com solo, esteatito e óleo.
- A absorção de água foi acima do recomendado pela norma para blocos de vedação e estruturais (22%) para os três diferentes corpos de prova, no entanto, estes ainda podem ser utilizados como alvenaria.
- A resistência a compressão simples dos três corpos foi bem maior que o esperado para cerâmica vermelha ($\geq 1,5$ MPa para blocos usados com furos na horizontal e $\geq 3,0$ MPa para blocos usados com furos na vertical).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M. C. **Utilização de Resíduo de Serragem de Rocha Ornamental com Tecnologia de Fio Diamantado em Cerâmica Vermelha.** 133 p. Dissertação (Mestre em Engenharia e Ciências de Materiais). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campo dos Goytacazes, 2012.

ALMEIDA, S. **Lavra, Artesanato e Mercado do Esteatito de Santa Rita de Ouro Preto, Minas Gerais.** 123 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006.

ARAUJO, M. J. F., MULLINARI, D. R., ARAUJO, M. V. F., **Sorção de Óleo Diesel a Partir da Reutilização de Garrafas PET.** Cadernos UniFOA, Volta Redonda, n.29, p. 21-31, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7170: Tijolo Maciço Cerâmico para Alvenaria.** 1983.

----- **NBR 15270-1: Componentes Cerâmicos. Parte 1: Blocos Cerâmicos para Alvenaria de Vedação – Terminologia e Requisitos.** 2005.

----- **NBR 15270-2: Componentes Cerâmicos. Parte 2: Blocos Cerâmicos para Alvenaria Estrutural – Terminologia e Requisitos.** 2005.

BACELLI JR. , G. **Avaliação do Processo Industrial da Cerâmica Vermelha na região do Seridó – RN.** 199 p. Tese (Doutorado em Tecnologia dos Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

BEZERRA, O. M. P. A. **Condições de Vida, Produção e Saúde em uma Comunidade de Mineiros e Artesãos em Pedra-Sabão em Ouro Preto, Minas Gerais: Uma Abordagem a partir da Ocorrência de Pneumoconioses.** 86 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária: Medicina Veterinária Preventiva e Epidemiologia. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

BORTOLUZZI, O. R. S. **A poluição dos solos e águas pelos resíduos de óleo de cozinha.** 24 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas). Universidade de Brasília e Universidade Estadual de Goiás, Formosa, 2011.

CASANOVA, H., ORREGO, J. A., ZAPATA, J. **Oil Absorption of Talc Minerals and Dispersant Demand of Talc Mineral Non-Aqueous Dispersions as a Function of Talc Content: A Surface Chemistry Approach.** p. 38-43. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects. Medellín, 2007.

CASTELLANELLI, C. A. **Estudo da Viabilidade de Produção do Biodiesel, Obtido Através do Óleo de Fritura Usado, na Cidade de Santa Maria – RS.** 111 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) – Área de Concentração em Qualidade e Produtividade. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

COSTA, L. C. A., LUCENA, A. D., ADISSI, P. J., VASCONCELOS, P. E. de M. **Diagnóstico do Fluxo de Reaproveitamento do Óleo Vegetal Residual no Município de João Pessoa**. 12 p. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Belo Horizonte, 2011.

FERREIRA, W. L. **Adição de Resíduos do Setor Mineiro-Metalúrgico na Fabricação de Tijolos Solo-Cal**. 67 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

GOMES, A. P. **A Questão do Descarte de Óleos e Gorduras Vegetais Hidrogenadas Residuais em Indústrias Alimentícias**. 14 p. XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador, 2013.

GURI ESTRADEIRO. **Ouro Preto – MG – Brasil**. Disponível em: http://guriestradeiro.blogspot.com/2014_03_02_archive.html. Acesso em: 29 de junho de 2018.

ITOPF. **Use of sorbents Materials in Oil Spill Response**. Technical Information Paper. 2014. Disponível em: <http://www.itopf.org/knowledge-resources/documents-guides/document/tip-08-use-of-sorbent-materials-in-oil-spill-response/>. Acesso em: 22 de agosto de 2018.

KUNZLER, A. A., SCHIRMAN, A. **Proposta de Reciclagem para Óleos Residuais de Cozinha a partir da Fabricação de Sabão**. 34 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011.

KOGEL, J. E., TRIVEDI, N.C. BARKER, J.M., KRUKOEWSKI, S.T. **Industrial Minerals & Rocks: Commodities, Markets and Uses**. 7ª edição. SME. p. 3-133. Littleton (USA), 2006. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=zNicdkuulE4C&oi=fnd&pg=PR9&dq=Industrial+Minerals+and+Rocks:+commodities,+markets+and+uses.&ots=NkqeB_A5v9&sig=1i7i7TjOV_dLJZ3LPDF2M-mBniE#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 12 de setembro de 2018.

Laboratório de Cerâmica Artística à Distância (LaCAD). **Técnicas Secagem**. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/lacad/secagem.html>. Acesso em: 12 de setembro de 2018.

Laboratório de Cerâmica Artística à Distância (LaCAD). **Técnicas Queimas Cerâmicas**. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/lacad/queima.html>. Acesso em: 12 de setembro de 2018.

LUZ, A. B., LINS, F. A. **Rochas & Minerais Industriais**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. 867 p.

MELCHIADES, F.G., ROVERI, C. D., SOTÉRIO, J., SILVA, L. L., BOSCHI, A. O. **Controle Dimensional e do Formato de Revestimentos Cerâmicos. Parte I: Dimensões**. Cerâmica Industrial, v.6, (5), p. 27-33. São Carlos, 2001.

MENDES, T. R. S. **Estudo da Exploração da Argila para Material Cerâmico na Construção Civil no Município de Limoeiro do Norte – CE**. 44 p. Trabalho de Conclusão

de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2013.

MONDO MINERALS. **Technical Bulletin 1206: Low Oil Absorption Talc for High Solids Coatings.** Disponível em: http://www.mondominerals.com/uploads/media/Mondo_TB1206.pdf . Acesso em: 03 de setembro de 2018.

MOREIRA, C. S. **Adsorção Competitiva de Cádmio, Cobre, Níquel e Zinco em Solos.** 108 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MORI, F. A., COVEZZI, M. M., MORI, C. L. S. O. **Utilização da Serragem de *Eucalyptus* spp. para a Produção de Tijolo Maciço Cerâmico.** Revista FLORESTA, v. 41, n. 3, p. 641-654. Curitiba, 2011.

PASCHOAL, J. A. A. **Estudos de Parâmetros de Qualidade para Cerâmica Estrutural Vermelha.** 188 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

PINHEIRO, J. C. F. **Perfil Analítico do Talco.** Boletim M.M.E/DNPM. n.22, p. 26-27. Rio de Janeiro, 1973.

PROTI, R. S. C. **Estudo do Material Particulado Atmosférico Proveniente da Extração e Manufatura de Pedra-Sabão nos Municípios de Ouro Preto e Mariana, MG.** 101 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais – Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

PRACIDELLI, S., MELCHIADES, F. G. **Importância da Composição Granulométrica de Massas para a Cerâmica Vermelha.** Cerâmica Industrial, v.2, (01/02), p. 31-35. São Carlos, 1997.

RABELO, R. A., FERREIRA, O. M. **Coleta Seletiva de Óleo Residual de Fritura para Aproveitamento Industrial.** 21 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia. Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2008.

RIBEIRO, S. V. **Reutilização de Resíduos de Rocha Ornamental na Produção de Tijolo Solo-Cimento.** 80 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências dos Materiais) – Centro de Ciência e Tecnologia. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2013.

RODRIGUES, M. L. M. **Caracterização Tecnológica de Resíduos de Oficinas de Artesanato de Pedra Sabão da Região de Ouro Preto.** 120 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

RODRIGUES, M. R. *et al.* **Cerâmica.** 108 p. UFES, Núcleo de Educação Aberta e a Distância, Vitória, 2011.

SALLES, F. S. F. **Impacto Ambiental Causado por Óleo Vegetal**. 30 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Gestão Ambiental). Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 2010.

SANTOS, R. C. P. **Análise dos Entraves para a Criação de um Arranjo Produtivo Local (APL) de Base Mineral da Pedra-Sabão na Região de Ouro Preto, Minas Gerais**. 82 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

SOLOCAP. **Catálogo de Concretos e Agregados**. Disponível em: <http://www.solocap.com.br/catalogo2012-concretos.pdf>. Acesso em: 15 de junho de 2018.

SOUZA, H. N. **Adsorção de Óleo Diesel em Resíduo de Esteatito e sua Incorporação em Cerâmica**. 69 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

STEEL, C. J. **Gorduras Vegetais Hidrogenadas: Produtos da Termoxidação e Ação Antioxidante dos Tocoferóis**. 334 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos. UNICAMP, Campinas, 2002

TAKENAKA, E. M. M., ARANA, A. R. A., NOGUEIRA, I. C. R. F. **Logística Reversa e a Competitividade no Ambiente Empresarial**. IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, São Paulo, v. 9, n. 10, p. 10-17, 2013.

TALC THROUGH THE MICROSCOPE. Disponível em: http://www.imerystalc.com/contet/corporate/Abouttalc/Talc_the_mineral/Mineralogy_&_morphology/. Acesso em: 09 de julho de 2018.

TORRES, H. S. S. **Caracterização do Refugo do Esteatito das Indústrias e Oficinas Artesanais da Região de Congonhas, Conselheiro Lafaiete, Mariana e Ouro Preto**. 118 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais da REDEMAT. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007.

TURISMO OURO PRETO. **Mapa de Ouro Preto**. Disponível em: <http://www.turismoouropreto.com/portfolio/mapa-de-ouro-preto>. Acesso em: 29 de junho de 2018.

VICTOR, P. V. **Quantificação e Destinação do Óleo Comestível Utilizado em São Pedro – JF**. 45p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

VIEIRA, C. M. F., FEITOSA, H. S., MONTEIRO, S.N. **Avaliação da Secagem de Cerâmica Vermelha Através da Curva de Bigot**. Cerâmica Industrial, v.8, (1), p. 42-46. Campos dos Goytacazes, 2003.

VIEIRA, C. M. F., MONTEIRO, S. N. **Cerâmica Argilosa Incorporada com Resíduo Oleoso Proveniente do Setor Petrolífero**. *Matéria*, v. 11, n. 3. Rio de Janeiro, 2006.

WAEKENS, B. E. **Tratamento de Efluentes Industriais Mediante a Aplicação de Argila Organofílica e Carvão Ativado Granular**. 117 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

ZADAKA-AMIR, D., BLEIMAN, N., MISHAEL, Y. G. **Sepiolite as an Effective Natural Porous Adsorbent for Surface Oil-Spill**. *Microporous and Mesoporous Materials*, v. 169, p. 153-159. 2012.

Certifico que a aluna **Luana Ferreira de Carvalho**, autora do trabalho de conclusão de curso intitulado **"INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE PEDRA-SABÃO UTILIZADOS COMO ADSORVENTES DE ÓLEOS VEGETAIS EM MATERIAL CERÂMICO"**, efetuou as correções sugeridas pela banca examinadora e que estou de acordo com a versão final do trabalho.

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines, positioned above a horizontal line.

Erica Linhares Reis
Orientador (a)