

CENTRO UNIVERSITÁRIO FACVEST - UNIFACVEST

CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

HEMERSON ALBERTO FLORIANI

**UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NA FILTRAÇÃO DE  
CERVEJAS PARA A PRODUÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS**

LAGES

2017

HEMERSON ALBERTO FLORIANI

## **UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NA FILTRAÇÃO DE CERVEJAS PARA A PRODUÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS**

Trabalho apresentado ao curso de graduação em Engenharia de Produção do Centro Universitário FACVEST (UNIFACVEST) como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Engenheiro de Produção.

Orientador: DR. Rodrigo Botan.

LAGES

2017

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado à força necessária para atravessar todos os obstáculos e desânimos que tive nestes cinco anos, por ter suprido minha fé e me fortalecido para que eu chegasse até aqui.

Agradeço a minha esposa Maina Moraes Floriani e filha Brenda Floriani, por terem acreditado em mim e me amparado nas situações mais diversas que tive nestes anos, a elas meu total respeito e carinho. Também agradeço minha mãe Sônia Aparecida dos Santos e minha sogra Maria dos Santos, por terem me dado força e coragem para seguir em frente.

Agradeço meu orientador Dr. Rodrigo Botan, pelos conselhos, por ter aceitado me orientar e ter dedicado seu tempo não somente a este trabalho, mas sim por ter me ouvido nas minhas “desorientações” da vida real.

Agradeço as amigas que cultivei que com certeza tornaram momentos difíceis mais coloridos e fáceis de suportar, em especialmente meu querido amigo Rederaldo Rodrigues da Silva pelos bons momentos compartilhados, pela confiança, pelas dicas e pelos dias de companhia na confecção de trabalhos.

Agradeço também a todos os professores da Unifacvest que de alguma forma me ajudaram e passaram um pouco de seu conhecimento e que me inspiram a me tornar e buscar ser uma profissional cada vez melhor.

## RESUMO

Pensando na busca de destinação adequada para os resíduos gerados no processo de filtração em uma cervejaria e também na grande poluição ambiental que a produção de tijolos que utilizam o método de queima da madeira e combustível, o objetivo deste estudo foi de verificar a viabilidade de reciclar o resíduo (terra diatomácea) gerado no processo de filtração, para adicionar na fabricação de tijolos ecológicos e diminuir o impacto ambiental gerado por este resíduo. A produção dos tijolos foram realizado na cidade de Lages, SC. Os testes de resistência foram realizados no laboratório de Engenharia da Unifacvest também localizada na cidade de Lages, SC. Foram fabricados três tipos de tijolos variando a porcentagem de resíduo (terra diatomácea) adicionados em 30, 45 e 60 %, moldados manualmente em formas e mantido em cura nos tempos de 15 dias para amostra A, com 60% adição de resíduo, 10 dias para amostra B com 45 % de adição de resíduo e 7 dias para amostra C com 30 % . Durante a realização dos testes de resistência, foram anotados os valores de cada tijolo, realizado os cálculos de resistência e verificado a média dos resultados das amostras A, B e C. Os resultados encontrados nas amostras A, B e C foram inferiores a 2,0 Mpa, assim estes tijolos fabricados neste estudo não poderão ser utilizados na área de construção civil pois não atendem as normas estabelecidas pela ABNT .

**Palavras-chave:** destinação; terra diatomácea ; tijolo ecológico ; resistência.

## ABSTRACT

Considering the search for adequate disposal for the waste generated in the filtration process in a brewery and also in the great environmental pollution that the production of bricks that use the method of burning the wood and fuel, this study will verify the feasibility of recycling the waste (diatomaceous earth) generated in the filtration process, to add in the manufacture of ecological bricks and to reduce the environmental impact generated by this residue. All bricks were made in the city of Lages, SC. Resistance tests were performed at the Unifacvest Engineering Laboratory, also located in the city of Lages, SC. Three types of bricks were manufactured varying the percentage of added residues of 30, 45 and 60%, were molded in forms manually and maintained in curing at the time of 15 days for sample A using 60% addition of residue, 10 days for sample B which uses 45% addition of waste and 7 days for sample C using 30%. During the resistance tests, the values of each brick were recorded, the resistance calculations were carried out and the results of samples A, B and C were checked. The results found in samples A, B and C were lower than 2, 0 Mpa, so these bricks manufactured in this study can not be used in the civil construction because they do not meet ABNT standards.

**Keywords:** destination; diatomaceous earth; ecological brick; resistance.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3 DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1 TIJOLO ECOLÓGICO.....</b>	<b>4</b>
<b>3.2 COMPOSIÇÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>3.3 ETAPAS DA PRODUÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS.....</b>	<b>6</b>
<b>3.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DOS TIJOLOS ECOLÓGICOS.....</b>	<b>11</b>
3.4.1 Vantagens.....	11
3.4.2 Desvantagens.....	12
<b>3.5 PROCESSO DE Prensagem.....</b>	<b>12</b>
<b>3.6 RESISTÊNCIA MECÂNICA.....</b>	<b>13</b>
<b>3.7 TERRA DIATOMÁCEA.....</b>	<b>13</b>
3.7.1 Propriedades Químicas.....	14
3.7.2 Aplicação da Terra Diatomácea.....	14
3.7.3 A Utilização da Terra Diatomácea na Indústria de Cerveja.....	15
3.7.4 Poluição do Solo.....	16
3.7.5 Destino da Terra Diatomácea Após o Uso na Filtração.....	16
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
<b>4.1 MATERIAIS.....</b>	<b>18</b>

<b>4.2 MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
4.2.1 Processo de Preparação da Mistura.....	19
4.2.2 Processo de Montagem.....	22
4.2.3 Processo de Cura.....	24
4.2.4 Processo de Resistência à Compressão.....	24
4.2.5 Ensaio de Resistência à Compressão.....	26
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>30</b>
<b>5.1 RESULTADO DOS TESTES DE RESISTÊNCIA.....</b>	<b>30</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>35</b>

**LISTA DE ABREVIACOES**

CO<sub>2</sub> – dióxido de carbono

NBR – Norma Brasileira

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

Mpa – Mega Pascal

Kgf – Quilograma-força

N - Newton



**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1: Processo de Trituração do Solo.....</b>	<b>7</b>
<b>Figura 2: Processo de Peneiramento do Solo.....</b>	<b>7</b>
<b>Figura 3: Mistura do Solo.....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 4: Teste de Umidade.....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 5: Prensagem da Mistura.....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 6: Compactação do Solo.....</b>	<b>10</b>
<b>Figura 7: Cura dos Tijolos.....</b>	<b>10</b>
<b>Figura 8: Terra Diatomácea.....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 9: Areia.....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 10: Processo de Peneiramento da Terra Diatomácea.....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 11: Processo de Peneiramento da Areia.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 12: Processo de Adição da Umidade.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 13: Processo de Mistura para Confeção dos Tijolos.....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 14: Processo de Verificação da Umidade.....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 15: Forma Plástica.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 16: Forma de Madeira.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 17: Processo de Montagem em Formas.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 18: Mistura na Forma.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 19: Tijolo em Processo de Cura.....</b>	<b>24</b>

<b>Figura 20: Amostra para Teste de Resistência A.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 21: Amostra para Teste de Resistência B.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 22: Amostra para Teste de Resistência C.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 23: Prensa Hidráulica Manual.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 24: Realizando o Teste de Resistência.....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 25: Gráfico de análise da % de Terra x Resultados.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 26: Gráfico de análise dos Tipos de Tijolos e Resultados.....</b>	<b>32</b>

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1: Tabela de Planejamento.....</b>	<b>25</b>
<b>Tabela 2: Tabela de Resultados de Ensaios.....</b>	<b>30</b>
<b>Tabela 3: Tabela de Resultados de Ruptura e Resistência.....</b>	<b>30</b>
<b>Tabela 4: Tabela de Resultados as Médias das Amostras.....</b>	<b>30</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ao analisar estudos sobre o tijolo ecológico descobrimos que este produto é chamado por este nome porque em seu processo de fabricação não existe a etapa de queima, assim não ocorre à agressão ao meio ambiente com liberação de CO<sub>2</sub>.

Os tijolos ecológicos quando comparados aos tijolos comuns apresentam como vantagens a geração de pouco entulho, maior durabilidade, rapidez na construção, redução do uso de cerca de 80 % em cimento, 50 % em ferro e em até 100 % em madeira. Entretanto estes novos tijolos ecológicos também apresentam desvantagens, dentre as quais são possíveis destacar a maior capacidade de absorver umidade, a necessidade da produção de tijolos com maiores espessuras e a falta de padronização.

Na atualidade para a construção civil um dos maiores desafios é obter materiais de construção com baixo custo e sustentáveis ambientalmente. Assim os tijolos ecológicos apresentam-se como um grande exemplo, pois estes apresentam um custo reduzido e em geral utilizam na sua composição o reuso de materiais e ou resíduos que seriam descartados na natureza.

Assim no presente trabalho foi desenvolvido um estudo para a produção de novos tijolos ecológicos. O resíduo que foi utilizado neste projeto é a terra diatomácea, um material muito leve, formado de minúsculas frústulas silicosas de algas diatomáceas, também utilizada como auxiliar filtrante.

Na antiguidade, a diatomácea foi usada pelos Gregos como abrasivos e na construção de tijolos e blocos, atualmente são utilizadas principalmente como: Agentes de filtração, agentes isolante de calor, agente de carga industrial, agente suporte absorvente e agente abrasivo.

No Brasil, o maior centro consumidor de diatomácea é o estado de São Paulo, destacando o uso nas indústrias de tintas, esmaltes e vernizes como os principais consumidores da terra diatomácea como agente de carga e, as indústrias de bebidas como os principais consumidores das terras diatomáceas como agente de filtração.

No processo de filtração, local que esta terra diatomácea é utilizada, o principal objetivo é remover da cerveja todos os componentes que provocaram a sua turbidez, a terra também retira células de levedura, resina de lúpulo, bactérias, e assim produz uma cerveja límpida, com espuma, odor e paladar ótimo para os clientes.

Assim, o desenvolvimento deste novo produto além de apresentar grande importância para a indústria da construção cível também apresenta profunda importância para grandes indústrias cervejeiras, tendo em vista que estes sólidos retirados dos processos de filtração tem como destino aterros, e com este projetos será possível utilizá-los como matéria prima na fabricação do tijolo ecológico, reduzindo gastos com transporte e destinação destes sólidos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Desenvolver tijolo ecológico utilizando como matéria prima os resíduos gerados no processo de filtração na indústria de cerveja, para contribuir e minimizar os danos ao meio ambiente provocados pelos mesmos e produzir um produto ambientalmente sustentável.

### **2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS**

- Produzir tijolos utilizando resíduo de terra diatomácea;
- Analisar a resistência através de teste de resistência ;
- Reduzir o volume de resíduo do processo descartado na natureza;
- Contribuir para a preservação do meio ambiente;
- Apresentar um produto satisfatório, para uso em construções;
- Apresentar resultados positivos para a indústria cervejeira reduzindo custos;

### 3 DESENVOLVIMENTO

#### 3.1 TIJOLO ECOLÓGICO

Nos dias de hoje a construção civil visa um desenvolvimento sustentável, pesquisas são realizadas buscando opções para a produção de tijolos aplicando materiais de menor impacto ambiental (SILVA , 2013).

São utilizados na produção de tijolos o método de queima nas olarias e para cada milheiro de tijolos produzidos, são necessárias em torno de cinco árvores (SILVA et. al, 2014).

Ao longo do tempo juntamente com o avanço da tecnologia, as construções com terra estão cada vez mais favoráveis, com melhor proveito da mão de obra, menores custos e sobretudo a minimização da destruição ambiental (SILVA , 2013).

Na fabricação dos tijolos ecológicos não se utiliza o processo de queima de madeira e combustível, eliminando assim o corte de árvores e emissão de monóxido de carbono na atmosfera, por esta definição se originou seu nome.

O tijolo ecológico ou também podemos chamar de tijolo de solo-cimento é resultante da mistura de solo, cimento e água, os solos mais próprios para a fabricação destes tijolos são os que contêm teor de areia entre 45% e 50% (SILVA , 2013).

O tijolo de solo-cimento é uma mistura bem relativa de solo com cimento, de modo que haja um fortalecimento do solo pelo cimento, melhorando as propriedades da mistura. As causas que podem influenciar nas propriedades do produto final são: dosagem do cimento, natureza do solo, teor de umidade e prensagem.

Quando o solo não contém o teor de areia para a fabricação do tijolo, é recomendado a mistura de dois ou mais solos, ou até a inclusão de areia grossa, de forma que o resultado seja vantajoso em termos técnicos e econômicos (SILVA , 2013).

Quando os mesmos forem utilizados para realização de alvenarias, os tijolos de solo-cimento devem mostrar características específicas, como resistência à compressão mínima de 2,0 MPa e absorção de água máxima de 20% (SILVA , 2013).

A mistura homogênea do solo, cimento e água, em proporções adequadas é chamada de solo-cimento, após sua cura e compactação o mesmo resulta em um produto com durabilidade e resistência.

O solo-cimento é usado em construção e reconhecido como técnica milenar, também foi utilizado durante a segunda Guerra Mundial pelos Estados Unidos, para a construção de pistas, no ano de 1941 através de estudos apareceram no Brasil (ECOMAQUINAS, 2017).

A aderência do tijolo solo-cimento é determinada pela composição do cimento, sua espessura, quantidade de água e temperatura ambiente. As impurezas que podem aparecer na água de amassamento podem ser agressivas ao cimento.

A quantidade de água mais adequadas para o uso na fabricação é determinada através dos ensaios de laboratório ou ensaios solicitados de acordo com os tipos de solo e cimento a serem usados, e os ensaios de resistência à compressão podem ser executados em corpos de prova cilíndricos, ou ainda nos próprios tijolos de solo-cimento.

O solo é o elemento de maior parcela na mistura, devendo ser selecionado para que seja usado a menor quantidade possível de cimento. No geral, os mais adequados são os tijolos que possuem as seguintes características: Ser 100% peneirado usando a peneira de 4,8mm, ser peneirado de 10 a 50% na peneira de 0,075mm, e que possua um limite de liquidez menor ou igual a 45% e um índice de plasticidade menor ou igual a 18% (PIRES, 2004).

Para a caracterização, seleção e preparação do solo existem as seguintes normas:

- Preparo da amostra do solo para Ensaio de compactação e Ensaio de caracterização (NBR 6457);
- Determinação da Massa Específica dos Grãos de solo (NBR 6508);
- Solo: Determinação do Limite de Liquidez (NBR 6459);
- Solo: Determinação do Limite de plasticidade (NBR 7180);
- Solo: Análise Granulométrica (NBR 7181).

O solo com uma quantidade de argila acima de 50% em sua composição não são aceitáveis. A argila é um componente muito importante e proporciona a resistência inicial do material, se na produção de tijolos forem utilizados solos arenosos na mistura deve ser utilizada a menor quantidade de cimento do que o solo argiloso.

Existem três principais métodos de estabilização do solo:

- Estabilização mecânica: que consiste em compactar o solo por meio de ação mecânica.



- Estabilização física: atua diretamente sobre a textura do solo, ou seja, adicionam-se frações de grãos de diferentes granulometrias e, portanto, otimizam-se as proporções entre areia, silte e argila, fato é que causam melhor rearranjo entre os grãos.
- Estabilização química: quando materiais são adicionados ao solo, modificando suas propriedades ou por reação físico-química entre os grãos e o material, ou criando uma matriz que aglutina e cobre os grãos. Os materiais mais utilizados são cimento Portland, cal, betume e fibras.

### 3.2 COMPOSIÇÃO

- ✓ **SOLO** : O solo arenoso é o mais indicado para a produção de Tijolo Ecológico, pois o mesmo contém na faixa de 60 % a 80 % de areia e 40 % a 20 % de argila, outros solos podem ser usados desde que sejam corrigidos.
- ✓ **CIMENTO** : Usar sempre cimento de qualidade para melhor qualidade do Tijolo.
- ✓ **UMIDADE** : A mistura com água deve ser sucessiva , sem ultrapassar a quantidade de água necessária , a umidade é muito importante pois ela tem a função de compactar o material.

### 3.3 ETAPAS DA PRODUÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS

#### ✓ TRITURANDO O SOLO

O processo de trituração do solo tem a função de deixar o solo livre de resíduos como pedras, galhos, madeiras, plásticos entre outros e também tem como finalidade diminuir a granulometria do solo (ECOMAQUINAS, 2017).



**Figura 1: Processo de trituração do solo (ECOMAQUINAS, 2017).**

### ✓ PENEIRANDO O SOLO

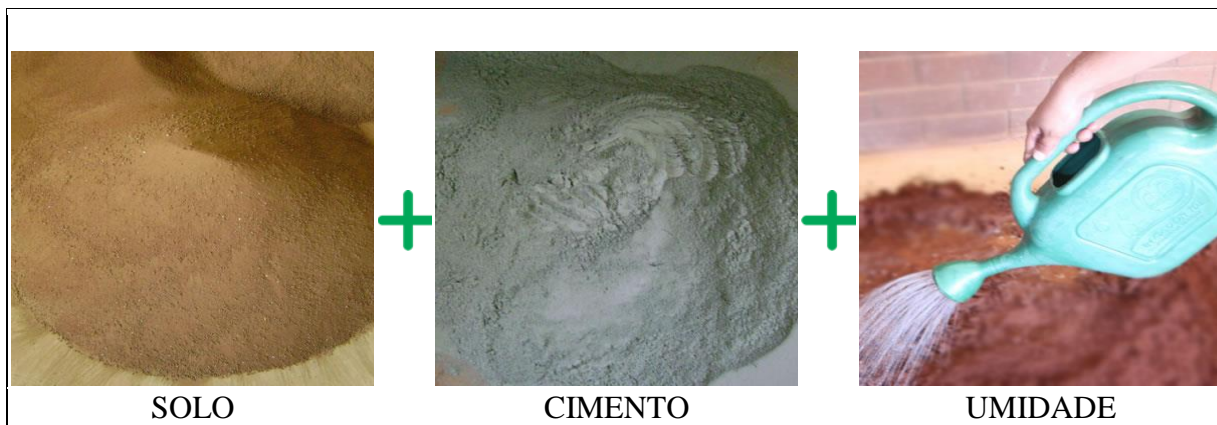
O processo de peneiramento do solo também tem a finalidade de separar os resíduos, assim como o triturador, mais neste processo é usada uma peneira (ECOMAQUINAS, 2017).



**Figura 2: Processo de peneiramento do solo (ECOMAQUINAS, 2017).**

### ✓ MISTURA

O processo de mistura do solo é feito depois que o solo está peneirado com o cimento na proporção de 10 a 15 %, em seguida umedece o mesmo com água até que atinja a estabilidade com o cimento, assim adquirindo resistência e propriedades para a mistura (ECOMAQUINAS, 2017).



**Figura 3: Mistura do solo (ECOMAQUINAS, 2017).**



**Figura 4: Teste de umidade (ECOMAQUINAS, 2017).**

A umidade da mistura é verificada através de procedimentos simples, ao apertarmos na mão a massa de forma enérgica, deve-se formar um bolo com marca nítida dos dedos em relevo.

#### ✓ **PRENSAGEM**

Feita a mistura, é hora de levar essa massa há uma prensa, para darmos forma ao tijolo ecológico, existem também diversas prensas no mercado, além dos moldes para cada tipo do tijolo ecológico. Os formatos de tijolo mais comuns são:

- Tijolo ou bloco convencional com dois furos;
- Tijolo canaleta ou bloco canaleta com dois furos;
- Meio tijolo ou meio bloco convencional com um furo;
- Tijolo ou bloco maciço;
- Tijolos Especiais (Com encaixes Macho-Fêmea);
- Pisos Maciços;

Molde escolhido, a massa é levada a prensa, que compacta o material, dando origem ao tijolo.



**Figura 5: Prensagem da mistura** (ECOMAQUINAS, 2017).

### ✓ **COMPACTAÇÃO**

O processo de compactação vem depois que a mistura fica pronta, deve se carregar a máquina de produção dos tijolos, e assim que sair da máquina o mesmo entra em processo de cura (ECOMAQUINAS, 2017).



**Figura 6: Compactação do solo (ECOMAQUINAS, 2017).**

### ✓ CURA

Após a confecção do tijolo ou piso de solo-cimento, esse material ainda não está pronto, precisa passar pelo processo de cura, onde o produto final irá ganhar suas características mecânicas de resistência e durabilidade.



**Figura 7: A cura dos Tijolos (ECOMAQUINAS, 2017).**

A Cura pode acontecer de três maneiras:

#### ➤ Aspersão Manual

Processo simples que consiste em realizar a aspersão de água no produto por meio de regadores ou mangueiras, mantendo os tijolos sempre úmidos para que ele possa ganhar resistência. Esse processo deve ser feito de maneira controlada, para que no ato de molhar o tijolo não deforme o produto. Deve-se ficar atento para o produto não

perda a umidade, pois isso pode acarretar na queda de qualidade do produto final (ECCODOMUM, 2015).

➤ **Aspersão Mecanizada**

O mesmo processo, porém nesse caso, utiliza-se de equipamentos, para gerar a aspersão em uma forma de névoa de água, o que faz com que os tijolos sejam molhados de maneira suave, o que ajudará no processo de penetração da água no tijolo. Podem ser usados canos elevados com bicos aspersores, além de poder automatizar o processo, com sensores de umidade e calor, para que a ligação do sistema seja toda automática (ECCODOMUM, 2015).

➤ **Imersão**

A cura por imersão é o processo mais eficiente no caso dos tijolos e pisos ecológicos, pois os produtos são imersos em um tanque de água, garantindo a umidade total dos produtos, reduzindo o tempo para que o tijolo ou piso atinja a resistência final (ECCODOMUM, 2015).

Após todo o processo de seleção da matéria prima, preparação da mesma, mistura, compactação e cura, é obtido o produto final, o tijolo ecológico ou piso ecológico.

### **3.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DOS TIJOLOS ECOLÓGICOS**

#### **3.4.1 Vantagens**

- Polui menos o meio ambiente pois não precisa passar pela etapa de queima, eliminando a utilização de lenha e a emissão de gases de efeito estufa.
- Gera pouco entulho
- Maior durabilidade, podendo ser até 6x mais resistentes.
- Ótimo isolamento

- Rapidez na construção
- Acabamento mais fino. Faces lisas dispensam revestimentos, pode ser feiro apenas com impermeabilizante.
- Melhor distribuição de cargas na estrutura proporcionando maior **segurança**.
- Facilidade nas instalações elétricas e hidráulicas. Dispensa o quebra-quebra nas paredes.
- Redução de cerca de 80% em cimento, 50% em ferro e até 100% em madeira para formas de pilares.
- Diminui as cargas que chegam na fundação proporcionando **economia** na infraestrutura.

#### 3.4.2 Desvantagens

- Requer mão de obra qualificada.
- Absorve mais **umidade**, necessitando uma atenção maior em impermeabilização.
- Não pode ser utilizado em reformas.
- Baixa resistência a impactos em quinas e cantos.
- Falta de padronização e uniformidade entre os modelos produzidos.
- Maior espessura nas paredes, diminuindo a área útil dos cômodos da residência.

### 3.5 PROCESSO DE PRENSAGEM

A prensagem é a operação de conformação baseada na compactação de um pó granulado contido no interior de um molde flexível, através da aplicação de pressão. Este é o procedimento de conformação mais utilizado pela indústria cerâmica devido à sua elevada produtividade, facilidade e automação, e capacidade de produzir peças de tamanhos e formas variadas, sem contração de secagem (ALBARO, 2000).

Na produção de tijolo solo-cimento, é necessário determinar o traço ideal para conferir o valor médio da resistência à compressão igual a 2,0 MPa, de modo que nenhum dos valores estejam abaixo de 1,7 MPa, na idade mínima de 7 dias.

### **3.6 RESISTÊNCIA MECÂNICA**

É definida como sendo a resistência que um corpo resiste sob a ação de determinados tipos de esforços, como tração, compressão, torção, cisalhamento, flexão simples e composta.

A resistência mecânica corresponde à tensão na qual o material se rompe, sendo considerada a propriedade mais importante para os materiais estruturais. Para determinação da resistência mecânica dos materiais é necessário à realização de ensaios que destroem com os corpos-de-prova , gerando diagramas de tensão x deformação. Através deste diagrama pode-se determinar o comportamento dos materiais como sendo frágil, além de determinar características importantes como flexibilidade, dureza, resistência, limite de escoamento e tensão de ruptura.

Podemos verificar também a resistência de um corpo através de ensaios não destrutivos, como é o caso da esclerometria, no qual mede-se a dureza superficial do corpo usando um aparelho chamado esclerômetro .

### **3.7 TERRA DIATOMÁCEA**

A diatomácea é um material de origem sedimentar, que ocorre nos terrenos de sedimentação, principalmente em zonas de formação de lacustre ou oceânica, dispostos em camadas delgadas ou espessas de argilas, constituído principalmente de um acúmulo de esqueletos ou frústulas, fósseis de diátomos. A grande maioria das espécies é a planctônica, mas algumas aparecem no sedimento ou sobre outras algas ou plantas ( SOUZA , 1973).

As jazidas de diatomácea no Brasil são de composição de pleistocênicas. A terra diatomácea geralmente é encontrada em baixadas, nos terrenos pantanosos e no fundo de lagoas, originando camadas muito ou pouco contaminadas por argilas (PIMENTEL, 2006).

As jazidas conhecidas no Brasil são de formações pleistocênicas ou recentes contendo carapaças de água doce. A terra diatomácea tem sido encontrada nas baixadas, nos terrenos pantanosos e no fundo de lagoas, formando camadas pouco ou muito contaminadas por argilas (ABREU, 1973).



Também é possível encontrar em depósitos de terras enxutas e lugares elevados onde foram reunidas no ambiente úmido, porém o maior depósito de terra diatomácea é encontrada em Lompoc, na Califórnia, são de origem marinha (PIMENTEL, 2006).

A terra diatomácea é um material de estrutura porosa e muito fina, de baixa condutividade térmica, com grande ponto de fusão e área superficial, inerte na maioria dos líquidos e com baixa densidade (ANTONIDES, 1998).

Todas estas propriedades possibilitam com que as terras diatomácea tenham diversas aplicações em indústrias, como substâncias químicas orgânicas e inorgânicas, como absorvente para aparar o lixo e como meio de filtração (PIMENTEL, 2006).

O país com maiores recursos de diatomita é o Estados Unidos, pois todas as suas reservas somam cerca de 500 milhões de toneladas, sendo que no mundo existe cerca de 250 milhões de toneladas. No Brasil as reservas chegam em 3,3 milhões de toneladas. (PIMENTEL, 2006).

### 3.7.1 Propriedades Químicas

A terra diatomácea do ponto de vista químico para ser utilizada como auxiliar de filtração deve apresentar alto teor de sílica e baixos teores de impurezas, normalmente alumina 10%, óxido de ferro 2% e óxidos alcalinos terrosos 2%, são os percentuais máximos para estas impurezas. Segundo Souza (1973), a alumina interfere na velocidade de filtração do filtrante; o óxido de ferro atua como oxidante no filtrado aumentando a turbidez; e os óxidos alcalinos terrosos aumentam o pH dos líquidos a serem filtrados.

### 3.7.2 Aplicação da Terra Diatomácea

A fabricação de tijolos e blocos a partir de terra diatomácea já foi utilizado pelos Gregos na antiguidade e o interesse da indústria neste material ocorreu na Europa em 1886, quando a mesma foi usada como absorvente e estabilizante da nitroglicerina por Alfred Nobel, (FOUNIE, 2004).

Suas utilizações mais frequentes são:

- Agente de filtração: Na clarificação e classificação de açúcar, sucos de frutas, bebidas alcoólicas ou não, ácidos, compostos de petróleo, vernizes, goma-laca,

ceras, graxas, resinas, óleos minerais, vegetais e animais, gelatina, antibióticos, etc. Isto é resultado da elevada permeabilidade e da capacidade de retenção do material sólido entre as partículas de terra diatomácea.

- Agente isolante de calor: Isolamento das paredes de edifícios, caldeiras, fornos, condutos, som e temperatura em forma de tijolos ou pó. Isto se prende ao fato da terra diatomácea possuir baixo coeficiente de condutividade térmica e conter ar aprisionado entre as minúsculas partículas de que é composta.
  
- Agente de carga industrial: Na fabricação de papel, borracha, tintas, sabões, sabonetes, massa de fósforos, secantes e plásticos diversos.
  
- Agente suporte absorvente: Em inseticidas, fungicidas, pilhas elétricas, dinamite, ar líquido explosivos, líquidos catalisadores em virtude da alta porosidade.
  
- Agente abrasivo: Em líquidos e pastas para limpar e polir metais;
  
- Uso variado: Como matéria-prima silicosa para fabricação de silicato de cálcio sintético, silicato de sódio, azul ultramar, material anti-sonoro, concreto e argamassas leves para cúpulas, lajes e cascos de navios.

O desenvolvimento das indústrias de diatomita no Brasil está em alta principalmente na utilização de agente de filtração em indústrias de cerveja, também como isolante térmico e agente de carga industrial (SOUZA, 1973).

### 3.7.3 A Utilização da Terra Diatomácea na Indústria de Cerveja

No final do processo de maturação da cerveja, as substâncias formadas durante todo o processo de fabricação ficam em suspensão, e ao longo de sete dias ocorre à sedimentação destas substâncias, as quais ficarão no fundo do tanque e serão retiradas antes de enviar para o processo de filtração (PIMENTEL, 2006).

O grande objetivo da filtração é remover da cerveja as impurezas que provocaram a turbidez na cerveja, também serão retiradas células de levedura, bactérias e resíduos de lúpulo, esta remoção será feita com a ajuda do auxiliar filtrante a terra diatomácea (PIMENTEL, 2006).

Existem duas etapas nas quais a terra diatomácea é utilizada, o processo de formação de pré-camada e a de dosagem continua durante todo o processo de filtração (REINOLD, 1995).

A dosagem de pré-camada serve para proteção da tela do filtro para não entupir pelos sólidos contido na cerveja, facilitando sua limpeza, dando brilho e clarificação da cerveja.

A dosagem continua é realizada durante todo o processo de filtração, onde a vazão e a pressão no filtro ficam estáveis, esta dosagem forma uma fina camada sobre a pré-camada que impede que as impurezas passem pelo filtro garantindo o polimento da cerveja.

#### 3.7.4 Poluição do Solo

Todas as mudanças ou alterações nas características naturais que o homem desenvolve sobre o solo, pelo lançamento de resíduos pode ser identificado como uma poluição do solo (MOTA, 1981).

A poluição dos solos podem ser oriundos de: Despejos de resíduos sólidos ou líquidos, resultantes das atividades domésticas ou industriais, aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas e atividades que resultem na erosão do solo (MOTA, 1981).

#### 3.7.5 Destino da Terra Diatomácea Após o Uso na Filtração

Os problemas de poluição ambiental causados por resíduos de indústrias têm despertado grande interesse no Brasil nos últimos anos , a geração de resíduos sólidos é uma medida de ineficiência ou de desperdício no processo produtivo, pois um resíduo é gerado quando uma matéria-prima ou um insumo utilizado na produção não se converteu em produto final na atividade produtiva de uma organização ou quando sua geração é inerente a este processo (JOÃO STEPHANOU, 2013).

Os custos de disposição de resíduos de forma ecologicamente correta são elevados. Isto tem motivado a busca por alternativas tecnológicas viáveis para a

disposição de resíduos industriais, especialmente para os resíduos sólidos, os quais, podem apresentar reatividade e ocupam grande espaço físico, como é o caso das terras diatomáceas utilizadas pela indústria cervejeira no processo de filtração e clarificação da cerveja (PIMENTEL, 2006).

Possuem como características elevada área superficial específica, baixa densidade e estrutura semelhante a um favo de mel, o que explica a utilização da terra diatomácea em diferentes áreas, como na etapa de filtração e clarificação da cerveja, isolamento térmico e acústico, na adsorção de metais pesados, bem como na produção de capacitor cerâmico (PIMENTEL, 2006).

Quando aplicada na etapa de filtração e clarificação da cerveja a terra diatomácea apresenta uma vida útil muito curta, pois fica saturada com material orgânico, derivado do processo fermentação da cerveja, inviabilizando a sua reutilização como material filtrante (PIMENTEL, 2006).

Após o aumento da pressão do filtro na estapa de filtração , inicia o processo de descarte aonde toda a terra dosada no filtro juntamente com os sólidos serão expulso com ar comprimido com uma pressão de 4 bar para um silo de terra. Quando cheio uma empresa terceira é acionada e a mesma retira toda esta terra do silo e através de transporte por caminhões o mesmo é encaminhado para uma fazenda da própria empresa contratada, esta fazenda que recebe esta terra após o uso atende todas as normas de destino de sólidos do meio ambiente.

Uma empresa cervejeira de grande porte pode gerar aproximadamente 30.000 kg/mês deste resíduo. A ABNT, classifica resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que estes resíduos possam ter manuseio e destinação adequados (FRANÇA , 2008).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados foram: A terra diatomácea utilizada na cervejaria (Figura 8); A areia utilizada (Figura 9) foi adquirida no comércio na cidade de Lages, SC ; O cimento utilizado foi do tipo votoran CP II-Z-32, adquirido no comércio da cidade de Lages,SC ; A água utilizada foi a do abastecimento da cidade de Lages,SC.



**Figura 8 : Terra Diatomácea**

Fonte: Autor



**Figura 9: Areia**

Fonte: Autor

## 4.2 MÉTODOS

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho consistiu nas etapas descritas a seguir, conforme atividades desenvolvidas e ensaios realizados.

### 4.2.1 Processo de Preparação da Mistura

Inicialmente toda a terra foi peneirada, em seguida a areia e o cimento a serem misturados foram medidos em massa, com auxílio de um recipiente, para maior facilidade da operação, obtendo volume suficiente para a confecção dos tijolos.



**Figura 10 : Processo de peneiramento da terra diatomácea**

Fonte: Autor



**Figura 11 : Processo de peneiramento da areia**

Fonte: Autor

Foi utilizado um percentual de areia de 40 % para as amostras A, 55 % para amostras B e 70 % para as amostras C, devido a terra ser pouca arenosa, ela foi peneirada na peneira com abertura de 4,8 mm para retirada dos grãos maiores e impurezas tais como galhos e folhas.

A água foi adicionada na mistura em forma de chuva, até atingir a umidade ideal de 25 %, obtendo a estabilidade na massa.



**Figura 12 : Processo de adição da umidade**

Fonte: Autor

Como não foi utilizado nenhum misturador, o solo foi espalhado sobre o chão numa camada de até 35 cm, e em seguida, o cimento foi distribuído sobre a camada de terra. Na sequência foi adicionando areia nas devidas proporções, e com o auxílio de enxadas foi realizado o processo de mistura para confecção dos tijolos solo-cimento, conforme Figura 13.



**Figura 13 : Processo de mistura para confecção dos tijolos**

Fonte: Autor

A verificação da umidade da mistura foi realizada da seguinte forma prática: Colocou-se uma quantidade que cabe na mão e em seguida a mesma foi apertada energicamente entre os dedos e a palma da mão, e ao se abrir a mão, o bolo não deveria ter a marca deixada pelos dedos. Deixando-se o bolo cair de uma altura de aproximadamente 1m, sobre uma superfície dura, ela deverá esfarelar-se ao chocar-se com a superfície, se isto não ocorrer, a mistura estará muito úmida.





### **Figura 14 : Processo de verificação da umidade**

Fonte: Autor

#### 4.2.2. Processo de Montagem

Foram utilizadas dois tipos de formas de plástico adquiridas na internet com medidas de 30x15x8 (Figura 15) e a forma de madeira fabricada pelo autor com medidas de 20x10x8 (Figura 16).



**Figura 15 : Forma plástica**

Fonte: Autor



**Figura 16 : Forma de madeira**

Fonte: Autor

O processo de montagem e formas foi realizado em minha residência, após ser definido o traço da composição de 1/7, e feito à mistura, a mesma foi transferida para as formas que produzem a forma final do produto e foram moldadas manualmente, conforme (Figura 17).



**Figura 17 : Processo de montagem em formas**

Fonte: Autor



**Figura 18: Mistura na forma**

Fonte: Autor

#### 4.2.3 Processo de Cura

O processo de cura foi realizado após o segundo dia de fabricação, sob a cura úmida na forma de chuveiro, cujos tijolos foram postos em superfície plana em cima de lona, sendo regada uma vez ao dia, pelo período de 7 dias.



**Figura 19: Tijolos em processo de cura**

Fonte: Autor

Conforme as normas da ABNT, só depois de 14 dias é que os tijolos ecológicos poderão ser aplicados na construção.

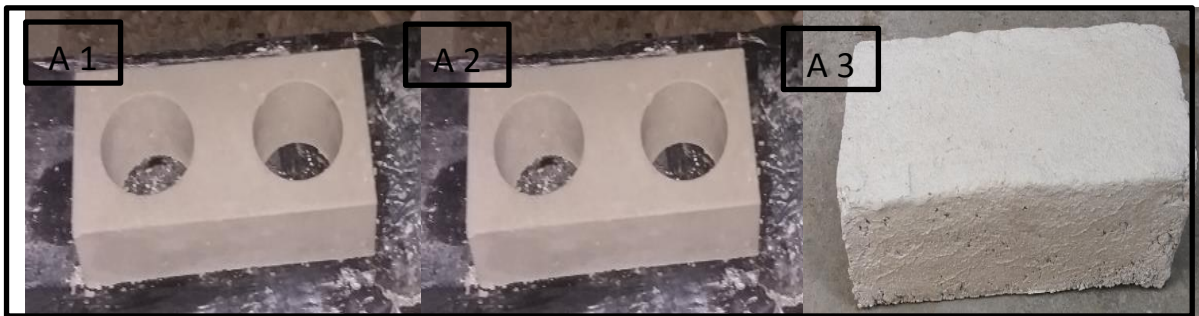
#### 4.2.4. Processo de Resistência à Compressão

Para o estudo da resistência mecânica dos tijolos, foi elaborado uma tabela de planejamento, variando tempo de cura e o percentual de terra diatomácea e os tipos de forma, utilizado o traço de 1/7 (Para cada 7 medidas de solo ou areia , 1 medida de cimento ) para todas as amostras. Todas as informações são apresentadas na Tabela 1.

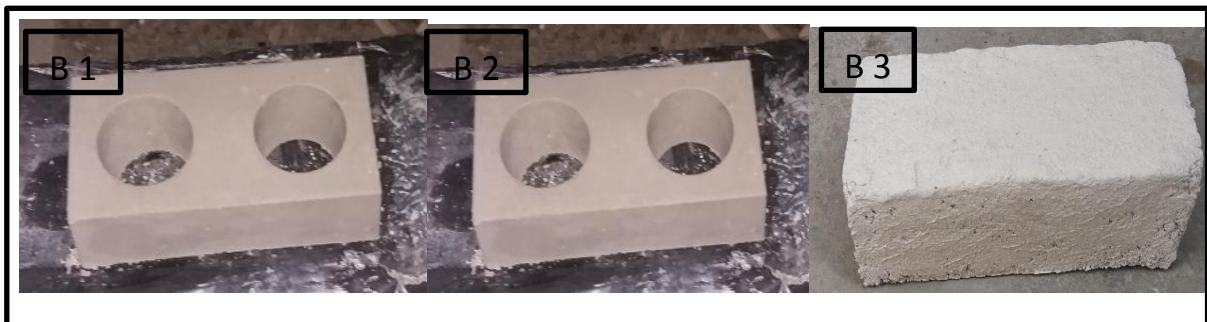
**Tabela 1: Tabela de planejamento**

Amostras	Testes	Formas	Traços	Tempo de Cura	% Terra Diatomácea	% Areia	% Cimento
A	1	30x15x8	1/7	15	60%	40%	15%
	2	30x15x8		15	60%	40%	15%
	3	20x10x8		15	60%	40%	15%
B	1	30x15x8		10	45%	55%	15%
	2	30x15x8		10	45%	55%	15%
	3	20x10x8		10	45%	55%	15%
C	1	30x15x8		7	30%	70%	15%
	2	30x15x8		7	30%	70%	15%
	3	20x10x8		7	30%	70%	15%

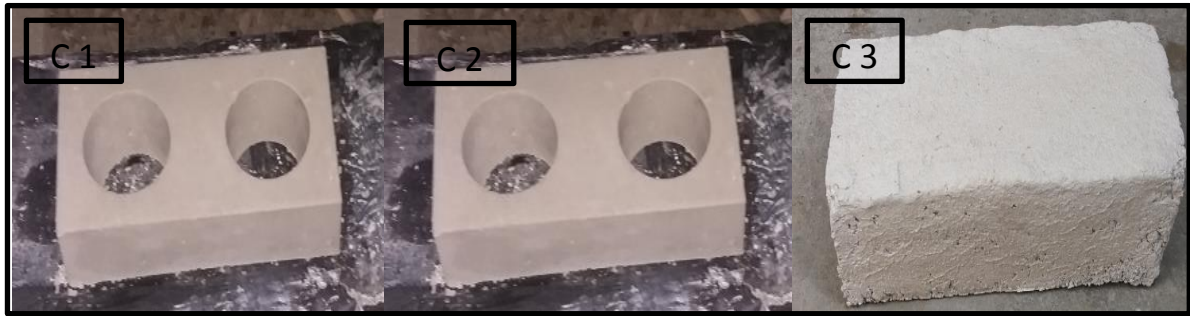
Foram moldados três tijolos de amostra A, duas utilizando a forma de 30x15x8 e uma utilizando a forma de 20x10x8 (Figura 20). Foram moldados também três tijolos de amostra B sendo dois com forma de 30x15x8 e uma com 20x10x8 (Figura 21) e para finalizar mais três tijolos de amostra C, sendo duas amostras com formas de 30x15x8 e uma com 20x10x8 como mostra a figura 22, para cada moldagem variou a porcentagem de terra diatomácea, porcentagem de areia e o tempo de cura, para realização do ensaio de resistência à compressão.

**Figura 20: Amostra para teste de resistência A**

Fonte: Autor

**Figura 21: Amostra para teste de resistência B**

Fonte: Autor



**Figura 22: Amostra para teste de resistência C**

Fonte: Autor

#### 4.2.5 Ensaio de Resistência à Compressão

Para que o tijolo seja de boa qualidade e com boa resistência, o mesmo deve conter os valores de no mínimo de 2 MPA na média e 1,7 Mpa individualmente segundo normas da ABNT.

Todos as amostras dos tijolos foram rompidos em uma prensa hidráulica manual com capacidade de 10 toneladas e com escalas de 200 Kgf, no laboratório de Engenharia do Centro Universitário Facvest (UNIFACVEST), localizado no município de Lages, SC, conforme apresenta a Figura 23.



**Figura 23: Prensa hidráulica manual , utilizada no teste de resistência**

Fonte: Autor

Para teste de resistência a compressão, as amostras A,B e C foram colocados uma a uma sobre o prato inferior da máquina de ensaios de compressão, ficando centralizados a ele como apresenta na figura 24.



**Figura 24: Realizando o teste de resistência**

Fonte: Autor

Após serem colocados na máquina de ensaio, aplica-se uma carga sobre as amostras e os resultados são anotados na unidade de Kgf, assim a carga é elevada até atingir a ruptura da amostras.

A tensão de ruptura é calculada conforme a Equação abaixo:

$$\tau = F / A$$

Onde:

- $\tau$  = tensão de ruptura [Mpa],
- F = carga de ruptura [Kg m/s<sup>2</sup>],
- A = área das amostras [m<sup>2</sup>].

Antes de aplicar a fórmula de tensão de ruptura devemos transformar os resultados encontrados de Kgf para N, a carga de ruptura deve ser em N (Newton), para este resultado deve-se multiplicar o valor da Kgf pela aceleração da gravidade  $\sim 9,8 \text{ m/s}^2$ .

ex :

$$F = 800 \text{ Kgf} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 7.840 \text{ Kg m/s}^2 \text{ ou } 7.840 \text{ N.}$$

Assim todos os valores serão apresentados em N (Newton). A área usada para tensão deve ser em metro, então devemos pegar a base e também a altura das amostras que estão em centímetros e transformar em metros, dividindo os valores por 100, após a conversão devemos realizar a multiplicação da base pela a altura para chegamos em nossa área, este resultado será em m<sup>2</sup>.

ex :

$$\text{base} = 8 \text{ cm} / 100 = 0,08 \text{ m}$$

$$\text{altura} = 30 \text{ cm} / 100 = 0,3 \text{ m}$$

$$A = 0,3 \text{ m} \times 0,08 \text{ m} = 0,024 \text{ m}^2.$$

Após estas transformações devemos então realizar o cálculo na formula da tensão, realizando a divisão da Força que deve estar em N, pela área que deve estar em metros quadrados.

ex :

$$\tau = 7.840 \text{ N} / 0,024 \text{ m}^2$$

$$\tau = 326.667 \text{ Pa.}$$

Assim teremos nossos resultados em Pa (Pascal), devemos lembrar que nosso resultado deve ser em Mpa, vamos utilizar este resultado em Pa e dividir por  $10^6$ , ai chegaremos em nosso resultado em Mpa.

ex:

$$= 326.667 \text{ Pa} / 10^6$$

$$\tau = 0,326 \text{ Mpa.}$$

Em mãos de todos os resultados encontrados devemos verificar se os valores são de no mínimo de 2 MPA na média e 1,7 Mpa individualmente, para que o mesmo seja considerado de boa qualidade e com boa resistência segundo normas da ABNT.



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 RESULTADO DOS TESTES DE RESISTÊNCIA

- A tabela 2 mostra os valores obtidos nos ensaios, todos os resultados em Kgf.

**Tabela 2 : Tabela de resultados dos ensaios.**

Amostras	Testes	Formas	Traços	Tempo de Cura	% Terra Diatomácea	Valor obtido no ensaio (Kgf)
A	1	30x15x8	1/7	15	60%	800
	2	30x15x8		15	60%	800
	3	20x10x8		15	60%	900
B	1	30x15x8		10	45%	800
	2	30x15x8		10	45%	850
	3	20x10x8		10	45%	1200
C	1	30x15x8		7	30%	800
	2	30x15x8		7	30%	800
	3	20x10x8		7	30%	1200

- A tabela 3 apresenta os valores de ruptura e suas resistências.

**Tabela 3 : Tabela de resultados de ruptura e resistência.**

Amostras	Testes	Formas	Traços	Tempo de Cura	% Terra Diatomácea	Valor de ruptura (N)	Resistência (Mpa)
A	1	30x15x8	1/7	15	60%	7840	0,326
	2	30x15x8		15	60%	7840	0,326
	3	20x10x8		15	60%	8820	0,55
B	1	30x15x8		10	45%	7840	0,326
	2	30x15x8		10	45%	8330	0,347
	3	20x10x8		10	45%	11760	0,735
C	1	30x15x8		7	30%	7840	0,326
	2	30x15x8		7	30%	7840	0,326
	3	20x10x8		7	30%	11760	0,735

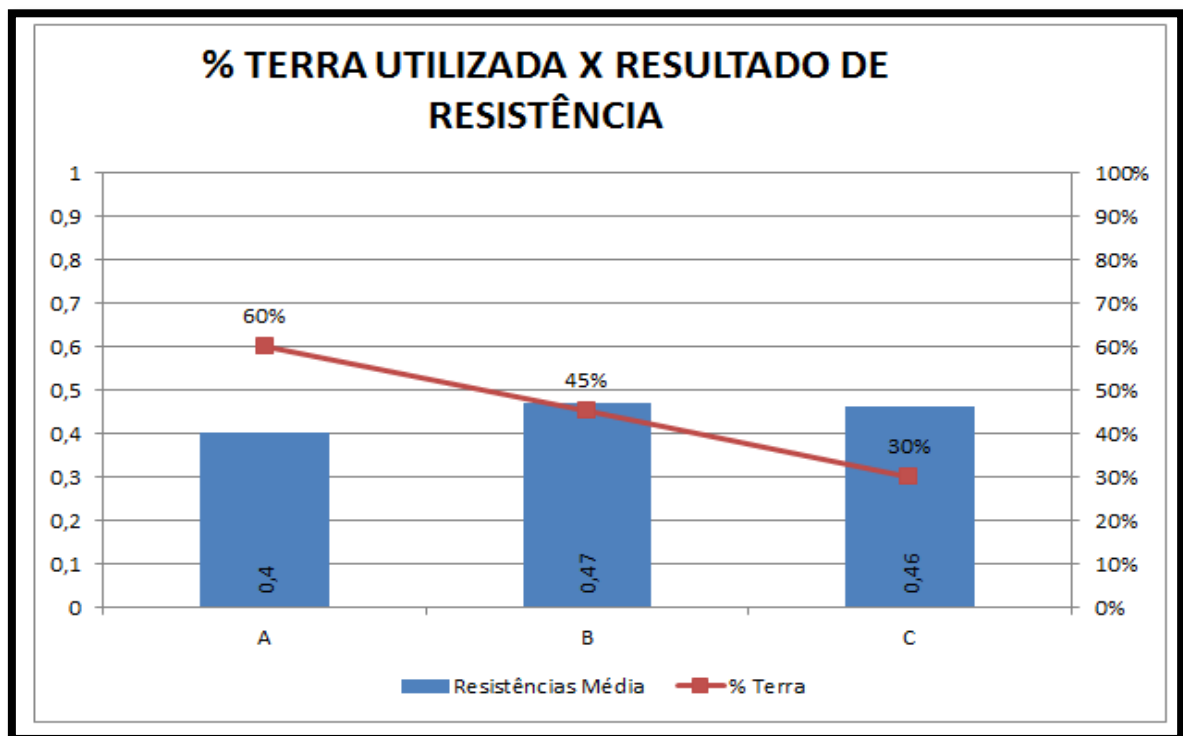
- A tabela 4 nos mostra as resistência média dos tijolos A, B e C.

**Tabela 4 : Tabela de resultados das médias das amostras**

Amostras	Testes	Formas	Traços	Tempo de Cura	% Terra Diatomácea	Resistência Média (Mpa)
A	1	30x15x8	1/7	15	60%	0,40
	2	30x15x8		15	60%	
	3	20x10x8		15	60%	
B	1	30x15x8		10	45%	0,469
	2	30x15x8		10	45%	
	3	20x10x8		10	45%	
C	1	30x15x8		7	30%	0,462
	2	30x15x8		7	30%	
	3	20x10x8		7	30%	

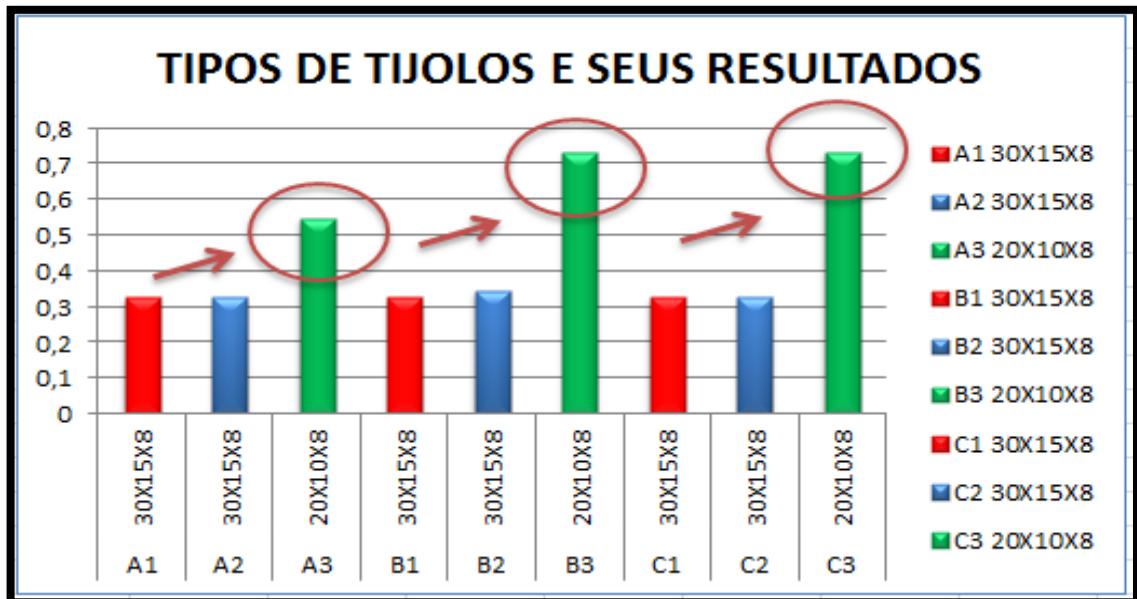
Com base nos resultados apresentado na Tabela 4, os resultados obtidos nos ensaios da amostra A 1, 2, 3, amostra B 1,2,3 e amostras C 1,2,3 , estão fora dos padrões aceitáveis pela norma, que afirma que o corpo-de-prova não pode apresentar resistência média inferior a 2,0 Mpa na idade mínima de 7 dias. A melhor resistência média foi adquirida no ensaio da amostra B , cuja seu tempo de cura foi de 10 dias , traço de 1/7 e 45% de terra diatomácea adicionado, apresentando uma resistência média de 0,469 Mpa, mostrando-se totalmente inadequado às exigências estruturais.

No Figura 25 podemos verificar que a amostra B e C que utilizaram a porcentagem de terra diatomácea na mistura de 45% e 30 % , apresentaram maior resistência do que a amostra A que utilizou 60 % de terra diatomácea.



**Figura 25: Gráfico de análise da % de Terra x Resultados**

No Figura 26 podemos analisar que os tijolos fabricados com a forma de madeira de medidas de 20x10x8 , apresentaram valores de 0,55 Mpa para a amostra A, 0,735 para a amostra B e C.



**Figura 26: Gráfico de análise dos Tipos de Tijolos e Resultados**

Nestas amostras estudadas não foram utilizados o cal, sendo que é recomendado a adição de um mínimo de 5% de cal, para solos arenosos, observando-se o aumento na resistência da mistura de solo-cimento com a adição de cal variando de 5 a 10% (CRISTELO, 2001).

Outro fator que devemos analisar é o tempo de cura, quanto maior for o tempo de cura do tijolo, maior será a resistência mecânica da peça, visto que passado o tempo, já terá ocorrido todas as reações de hidratação do cimento, assim como se aumentarmos o percentual de cimento em relação a quantidade de solo, a resistência mecânica da peça também será aumentada (HUGO FERNANDES, 2016).

A amostras B3 e C3 apresentaram melhor resultados das demais amostras apresentadas, mais não resultados satisfatório, pois a porcentagem de terra diatomácea adicionado na mistura foi inferior a 50%, realizando estes testes constatei que devemos adicionar quantidades inferiores a 50% de terra diatomácea e completar a mistura com areia até atingir o traço escolhido.

Com base em todos os resultados apresentados e mais as informações citadas acima, acreditamos que se utilizarmos para os próximos estudos a porcentagem de terra adicionado na mistura de solo cimento valores inferiores a 50%, utilizar formas com medidas de

20x10x8, utilizar cal na mistura de no mínimo 5 % e realizar os testes de resistências das amostras após o tempo de cura de 20 dias ou superiores , iremos alcançar resultados satisfatório superiores a 2,0 Mpa, e assim atender a resistência mínima para um tijolo ecológico seguindo as normas da ABNT.

## 6 CONCLUSÃO

Hoje o que o mundo mais precisa de ideias inovadoras como esta apresentada, a demanda por produtos sustentáveis cresce constantemente, e hoje o mundo necessita de inovações que possam solucionar os problemas relacionados à escassez de recursos.

A utilização da terra diatomácea depois da utilização no processo de filtração é uma ideia inovadora e pode solucionar muito dos problemas relacionados aos recursos naturais e o meio ambiente.

A adição da terra diatomácea na matéria prima da fabricação do tijolo ecológico, também deve se passar por controle de qualidade, e atender as normas da ABNT, e assim podendo ser utilizados em diversas etapas na construção civil trazendo segurança e tranquilidade para a população.

Os resultados apresentados neste estudo indicaram que os tijolos fabricados com a adição da terra diatomácea não atendem aos requisitos de qualidade descritos na NBR 8491, a melhor resistência média encontrada foi da amostra B, cuja seu tempo de cura foi de 10 dias, traço de 1/7 e 45% de terra diatomácea adicionado, apresentando uma resistência média de 0,469 Mpa.

Assim podemos recomendar para os estudos futuros a utilização de formas de 20x10x8, valores inferiores á 50 % de terra diatomácea adicionada na matéria prima e a espera de valores superiores á 20 dias de cura para a realização dos ensaios de teste de resistência na fabricação dos tijolos, para buscar resultados satisfatórios que atendam as normas estabelecidas pela ABNT. Todos as indicações citadas para um melhor resultado, foram mostradas durante a apresentações das figuras que mostraram aonde devemos melhorar em nossa fabricação.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, S. F. **Recursos minerais do Brasil**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1973. 324p.

ANTONIDES, L.E. Mineral Commodity Summaries – 1998. Disponível em: <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/>> Acesso em 18 de novembro de 2017.

CRISTELO, N. C. **Estabilização de solos residuais graníticos por meio da adição de cal**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade do Minho, Portugal, 2001.

ECCO DOMUM . **Método de Produção do Tijolo Ecológico**.

Disponível em : < <http://www.eccodomum.com.br/metodo-de-producao-do-tijolo-ecologico>>.

Acesso em: 15 outubro de 2017, 20:35:25.

ELKA C. NASCIMENTO , Kalyne S. A. de Brito , Soahd A. R. de Farias, Viviane F. Silva. **Produção de Tijolo Ecológico para Construção de Residência no Semiárido**. Disponível em <[https://scholar.google.com.br/scholar?q=PRODU%C3%87%C3%83O+DE+TIJOLO+ECOL%C3%93GICO+PARA+CONSTRU%C3%87%C3%83O+DE+RESID%C3%8ANCIA+NO+SEMI%C3%81RIDO&btnG=&hl=pt-BR&lr=lang\\_pt&as\\_sdt=0%2C5](https://scholar.google.com.br/scholar?q=PRODU%C3%87%C3%83O+DE+TIJOLO+ECOL%C3%93GICO+PARA+CONSTRU%C3%87%C3%83O+DE+RESID%C3%8ANCIA+NO+SEMI%C3%81RIDO&btnG=&hl=pt-BR&lr=lang_pt&as_sdt=0%2C5)>. Acesso em :12 maio de 2017, 19:40:34.

FERNANDES H. **ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO TIJOLO ECOLÓGICO DE ARGILA VERMELHA COM ADIÇÃO DE PÓ DE GRANITO**. Araruna .2016. 39 p.

FOUNIE, A. U.S. Mineral Commodity Summaries – 2004. Disponível em <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs>> Acesso em 15 de agosto de 2017.

FRANÇA, S. C. A.; UGARTE, J.F.O.; SILVA, A. A. S da. Minerais aplicados à tecnologia ambiental: minerais verdes. CETEM/MCT. Rio de Janeiro, 933 - 959p. 2008.

GABRIELLE CRISTINA G, Glayce Nayara Rocha, Jalson Luiz Mageste , Jessica Campos Soares Silva Motta, Joicimara da Costa Tavares, Marcela Aleixo Chagas, Paola Waleska Pereira Morais, Taiza de Pinho Barroso Lucas. **Tijolo de Solo-Cimento: Análise das Características Físicas e Viabilidade Econômica de Técnicas Construtivas Sustentáveis**.

Díspõnível em : <<http://revistas.unibh.br/index.php/dcet/article/view/1038>>. Acesso em 24 maio de 2017, 21:15:40.

JOÃO STEPHANOU. **Gestão de Resíduo sólidos : Um modelo Integrado que Gera Benefício Econômicos , Sociais e Ambientais.** Disponível:<<https://www.ufrgs.br/sustentabilidade>>. Acesso em : 19 de novembro de 2017, 15:30:02.

MOTA, S. **Planejamento Urbano e Preservação Ambiental.** 1. ed. Fortaleza: UFC. 1981. 241p.

PIMENTEL , **Paulo Alexandre.** Análise físico-química e energética do resíduo da terra diatomácea utilizada como auxiliar de filtração na indústria de cerveja. **Disponível em : <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/90566>>. Acesso em 22 maio de 2017, 20:32:11.**

PIRES, I. B. A. **A utilização do tijolo ecológico como solução para construção de habitações populares.** Monografia Departamento de Engenharia Civil, Universidade Salvador. 11 p Salvador, 2004;

REINOLD, M. R. **O processo de filtração da cerveja.** São Paulo: Aden, 1995. 43p.

SILVA, A. P. M. **O uso do tijolo de na construção civil. 2013.** Curso de Especialização em Construção Civil – Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil, 2013.

SILVESTRE, Prado **.Meio Ambiente x Indústria de Cerveja : Um estudo de Caso sobre Práticas Ambientais Responsáveis.** Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Silvestre\\_Prado/publication/266046292\\_MEIO\\_AMBIENTE\\_X\\_INDUSTRIA\\_DE\\_CERVEJA\\_UM\\_ESTUDO\\_DE\\_CASO\\_SOBRE\\_PRATICAS\\_AMBIENTAIS\\_RESPONSABLEIS/links/55e44f7108ae2fac4721777b.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Silvestre_Prado/publication/266046292_MEIO_AMBIENTE_X_INDUSTRIA_DE_CERVEJA_UM_ESTUDO_DE_CASO_SOBRE_PRATICAS_AMBIENTAIS_RESPONSABLEIS/links/55e44f7108ae2fac4721777b.pdf)> . Acesso em : 12 maio de 2017, 19:25:10.

SOUZA, J.F **.Perfil Analítico da Diatomita.** Rio de Janeiro: Departamento Nacional da Produção Mineral (Boletim II), 1973. 27 p.

ECOMAQUINAS. **Tijolo Ecológico como Produzir.** Disponível em : <<https://ecomaquinas.com.br/index.php/tijolo-ecologico-como-produzir>>. Acesso em : 10 maio de 2017, 20:10:05.

JOÃO STEPHANOU. **Gestão de Resíduo sólidos : Um modelo Integrado que Gera Benefício Econômicos , Sociais e Ambientais.** Disponível : <<https://www.ufrgs.br/sustentabilidade>>. Acesso em : 19 de novembro de 2017, 15:30:02.