

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA  
CURSO DE TECNOLOGIA EM FABRICAÇÃO MECÂNICA**

**LUCAS ALEXANDRE DO NASCIMENTO E SILVA**

**ESTUDO DE UM COMPÓSITO COM FIBRA DE FARELO DE CEVADA  
NUMA MATRIZ POLIMÉRICA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA  
2017**

**LUCAS ALEXANDRE DO NASCIMENTO E SILVA**

**ESTUDO DE UM COMPÓSITO COM FIBRA DE FARELO DE CEVADA  
NUMA MATRIZ POLIMÉRICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
como requisito parcial à obtenção do título de  
Tecnólogo em Fabricação Mecânica, do  
Departamento Acadêmico de Mecânica da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Heliety Rodrigues Borges  
Barreto

**PONTA GROSSA**

**2017**



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### ESTUDO DE UM COMPÓSITO COM FIBRA DE FARELO DE CEVADA NUMA MATRIZ POLIMÉRICA

por

Lucas Alexandre do Nascimento e Silva

Este Trabalho de Diplomação foi apresentado em 30/11/2017, como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Fabricação Mecânica. O(a) candidato(a) foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Me. Heliety Rodrigues Borges Barreto

Prof. Orientador

---

Prof. Me. Sandra Mar Kaminski Tramontin

Membro titular

---

Prof. Dr. Oscar Regis Junior

Membro titular

---

Prof. Dr. Luciano Augusto Lourençato  
Responsável pelos Trabalhos de Diplomação

---

Prof. Dr. Oscar Regis Junior  
Coordenador do curso  
UTFPR- Campus Ponta Grossa

## RESUMO

SILVA, Lucas Alexandre do Nascimento e. **Estudo de um compósito com fibra de farelo de cevada numa matriz polimérica.** 2017. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Fabricação Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

Neste trabalho será abordado o estudo do comportamento de um material Compósito com composição de farelo de cevada como fibra e utilizando cola branca ou resina como matriz. Esse material passa por uma série de testes como ensaios de flexão, densidade, absorção de água e inchamento. Assim podendo ser analisado as suas propriedades, como resistência mecânica, a densidade e absorção de água, e então podendo comparar com outros materiais de mesma classe já existentes. Com os resultados foi possível analisar que os corpos de provas geraram resultados superiores aos corpos de provas que utilizaram cola branca, porém ao comparar ao custo de cada ligante essa superioridade nos resultados não são compensadas. E com a utilização de uma fibra renovável, gerar um material mais sustentável pensando em meio ambiente.

**Palavras-chave:** Compósito. Ensaio mecânico. Ensaio de Compósitos. Compósitos com Matriz de Polímero. Fibra renovável.

## ABSTRACT

SILVA, Lucas Alexandre do Nascimento e. **Study of a composite with barley bran fiber in a polymer matrix.** 2017. 55 f. TCC (Undergraduate) - Course of Technology in Mechanical Manufacture, Federal Technological University of Paraná, Ponta Grossa, 2017.

In this work will be approached the study of the behavior of a composite material with composition of barley bran as fiber and using white glue or resin as matrix. This material undergoes a series of tests such as bending, density, water absorption and swelling tests. Thus its properties, such as mechanical strength, density and water absorption, can be analyzed, and then it can be compared with other existing materials of the same class. With the results it was possible to analyze that the test bodies generated superior results to the test bodies that used white glue, but when comparing to the cost of each binder this superiority in the results are not compensated. And with the use of a renewable fiber, generate a more sustainable material thinking about the environment.

**Keywords:** Composite. Mechanical tests. Composite Testing. Composites with Polymer Matrix. Renewable fiber.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Farelo de cevada.....   | 19 |
| Figura 2: Processo físico de moagem. ....                                       | 23 |
| Figura 3: Ensaio de Peneiramento. ....  | 24 |
| Figura 4: Moinho de Bolas.....  | 25 |
| Figura 5: Liquidificador Britânia Filter 600W.....                              | 26 |
| Figura 6: Matriz de fabricação de corpos de prova. ....                         | 27 |
| Figura 7: Ensaio de flexão de 3 pontos. ....                                    | 30 |
| Figura 8: Fundição da parafina.....   | 31 |
| Figura 9: Medição da massa de fluido deslocado. ....                            | 31 |
| Figura 10: Ensaio de Absorção de Água e Inchamento. ....                        | 33 |
| Figura 11: Material em estado bruto.....  | 34 |
| Figura 12: Material moído por 3 horas. ....                                     | 36 |
| Figura 13: Material triturado por 1 minuto. ....                                | 37 |
| Figura 14: Material triturado por 4 min. ....                                   | 38 |
| Figura 15: Corpos de Provas com 5g de Cola.....                                 | 41 |
| Figura 16: Corpos de Prova com 8g de cola. ....                                 | 41 |
| Figura 17: Corpos de Prova com 5g de resina. ....                               | 42 |
| Figura 18: Corpo de Prova com 8g de resina.....                                 | 42 |
| Figura 19: Corpo de Prova com 5g de cola. ....                                  | 43 |
| Figura 20: Corpo de Prova com 8g de cola.....                                   | 44 |
| Figura 21: Corpo de Prova com 5g de resina.....                                 | 44 |
| Figura 22: Corpo de Prova com 8g de resina.....                                 | 45 |
| Figura 23: Corpos de Prova com 5 gramas de cola após as 24 horas de banho. .... | 52 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1: Quantidade de Ligantes .....   | 28 |
| Tabela 2: Comparação entre as médias das Tensões Máximas.....                            | 49 |
| Tabela 3: Medidas para os corpos de provas com 5 gramas de cola. ....                    | 49 |
| Tabela 4: Medidas para os corpos de provas com 8 gramas de cola. ....                    | 50 |
| Tabela 5: Medidas para os corpos de provas com 5 gramas de resina. ....                  | 50 |
| Tabela 6: Medidas para os corpos de provas com 8 gramas de resina. ....                  | 50 |
| Tabela 7: Médias das Densidades Aparentes das misturas.....                              | 50 |
| Tabela 8: Medidas dos corpos de prova seco com 5 gramas de cola.....                     | 51 |
| Tabela 9: Medidas dos corpos de prova com 8 gramas de cola. ....                         | 51 |
| Tabela 10: Medidas dos corpos de prova com 5 gramas de resina. ....                      | 52 |
| Tabela 11: Medidas dos corpos de prova com 8 gramas de resina. ....                      | 52 |
| Tabela 12: Resultado dos cálculos para os corpos de prova com 8 gramas<br>de cola.....   | 53 |
| Tabela 13: Resultado dos cálculos para os corpos de prova com 5 gramas<br>de resina..... | 53 |
| Tabela 14: Resultado dos cálculos para os corpos de prova com 8 gramas<br>de resina..... | 53 |
| Tabela 15: Média dos valores de absorção de água.....                                    | 54 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| Gráfico 1: Gráfico de Granulometria material bruto.....                   | 34 |
| Gráfico 2: Gráfico Granulometria material moído por 30 min. ....          | 35 |
| Gráfico 3: Gráfico Granulometria material moído por 3 horas.....          | 36 |
| Gráfico 4: Gráfico Granulometria material triturado por 1 min. ....       | 38 |
| Gráfico 5: Gráfico Granulometria material triturado por 4 min. ....       | 39 |
| Gráfico 6: Comparação das Granulometrias. ....                            | 40 |
| Gráfico 7: Tensão x Deformação corpos de prova com 5 gramas de cola. .... | 46 |
| Gráfico 8: Tensão x Deformação corpos de prova com 8 gramas de cola. .... | 47 |
| Gráfico 9: Tensão x Deformação corpos de prova com 5 gramas de resina.... | 47 |
| Gráfico 10: Tensão x Deformação corpos de prova com 8 gramas de resina..  | 48 |



## LISTA DE ABREVIATURAS

|      |  |
|------|--|
| MPa  | Mega Pascal                                |
| KPa  | Kilo Pascal                                |
| CP   | Corpo de Prova                             |
| NBR  | Norma Brasileira Regulamentadora           |
| ASTM | American Society for Testing and Materials |
| W    | Watts                                      |
| mm   | Milímetros                                 |
| g    | Gramas                                     |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....                                    | 11 |
| <b>2. OBJETIVO GERAL</b> .....                                | 12 |
| 2.1 OBJETIVO ESPECIFICO .....                                 | 12 |
| <b>3. JUSTIFICATIVA</b> .....                                 | 13 |
| <b>4. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....                         | 14 |
| 4.1 MATERIAIS .....   | 14 |
| 4.2 COMPÓSITOS .....  | 16 |
| 4.3 CEVADA .....  | 17 |
| 4.4 COLA BRANCA .....   | 19 |
| 4.5 RESINA DE VIDRO LÍQUIDA .....                             | 20 |
| 4.6 ENSAIO DE PENEIRAMENTO (GRANULOMETRIA) .....              | 21 |
| 4.7 MOINHO DE BOLAS .....                                     | 22 |
| 4.8 ENSAIO DE FLEXÃO .....                                    | 23 |
| <b>5. METODOLOGIA</b> .....                                   | 24 |
| 5.1 TAMANHO INICIAL DO FARELO .....                           | 24 |
| 5.2 MOAGEM DA CEVADA .....                                    | 25 |
| 5.3 TRITURAÇÃO DA CEVADA .....                                | 26 |
| 5.4 FABRICAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA .....                      | 27 |
| 5.5 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL .....               | 29 |
| 5.5.1 Análise de Superfície .....                             | 29 |
| 5.5.2 Ensaio de Flexão .....                                  | 29 |
| 5.5.3 Ensaio de Densidade Aparente .....                      | 30 |
| 5.5.4 Ensaio de Absorção de Água e Ensaio de Inchamento ..... | 32 |
| <b>6. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....                       | 34 |

|  |           |
|--|-----------|
| 6.1 TAMANHO INICIAL DO MATERIAL .....                        | 34        |
| 6.2 MOAGEM DA CEVADA .....                                   | 35        |
| 6.3 TRITURAÇÃO DA CEVADA .....                               | 37        |
| 6.4 FABRICAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA .....                     | 40        |
| 6.5 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL .....              | 43        |
| 6.5.1 Análise de Superfície.....                             | 43        |
| 6.5.2 Ensaio de Flexão .....                                 | 45        |
| 6.5.3 Ensaio de Densidade Aparente .....                     | 49        |
| 6.5.4 Ensaio de Absorção de Água e Ensaio de Inchamento..... | 51        |
| <b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                         | <b>55</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                     | <b>56</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

Com o passar do tempo, novas tecnologias surgem no mundo, e com isso também aparece à necessidade de novos materiais que acompanhem este desenvolvimento. As novas tecnologias exigem dos materiais uma resistência maior com uma densidade menor, ou seja, materiais mais resistentes e mais leves, e que também satisfaçam a necessidade ambiental, não prejudicando o meio ambiente.

Enquanto isso desenvolveu-se então à classe de materiais Compósitos, os quais são a união de dois materiais distintos, onde um irá completar a limitação do outro, assim unindo as propriedades dos dois materiais formando um material mais completo. Normalmente nessa classe de materiais é utilizado de um material com fonte natural não finita, assim já pensando no meio ambiente.

Visualizando essa necessidade nasceu a curiosidade de criar um material nessa classe, tentando satisfazer as necessidades impostas por novas tecnologias. O trabalho irá desenvolver um Compósito onde sua fase matriz será de cola branca em alguns momentos e em outros momentos será utilizado de uma resina epóxi transparente e para as duas mistura será utilizado do farelo de cevada como fibra.

O material irá passar por alguns ensaios para definir suas propriedades, os ensaios utilizados serão o ensaio de flexão, que irá analisar a resistência mecânica que o material irá suportar; ensaio de densidade e também o ensaio de porosidade para verificar as propriedades específicas do material.

Com os resultados dos ensaios é possível então comparar esse material novo com materiais já existentes de mesma classe, com isso sendo possível comparar seu desempenho.

## 2. OBJETIVO GERAL

O trabalho tem como objetivo estudar o comportamento de um compósito de matriz polimérica, tendo em sua composição farelo de cevada como fibra e cola branca ou resina como matriz, realizando a caracterização do material por meio de ensaio de flexão, densidade e absorção de água.

### 2.1 OBJETIVO ESPECIFICO

- Desenvolvimento de um Compósito com Matriz de Polímero;
- Encontrar uma melhor forma de produção;
- Encontrar a quantidade ideal de farelo para produção dos corpos de prova;
- Verificar uma melhor mistura entre matriz e fibra;
- Fabricar os corpos de provas;
- Realizar o Ensaio de Flexão e analisar a resistência à flexão do material;
- Realizar o Ensaio de Densidade Aparente;
- Realizar o Ensaio de Absorção de Água e Ensaio de Inchamento;

### **3. JUSTIFICATIVA**

Já é de grande uso os materiais Compósitos com Matriz de Polímero, entretanto a maioria desses materiais utilizam fibras de origens sintéticas, como por exemplo, vidro, carbono, boro, entre outras. E como a preservação do meio ambiente está sendo um assunto bem tratado atualmente, tem-se buscado novas tecnologias que utilizem materiais de fontes renováveis, como a utilização de fibras naturais como matrizes de Compósitos.

## 4. REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 MATERIAIS

O conhecimento de materiais é extremamente importante para o desenvolvimento e criação de novas tecnologias como cita os autores Askeland e Phulé (2008) “a ciências dos materiais é a base de todos os avanços tecnológicos”. Os Materiais são aquilo que com suas propriedades podem se tornar usual em estruturas, máquinas, ou demais equipamentos e produtos consumíveis, como ressalta Callister (2002) “Os materiais estão provavelmente mais entranhados na nossa cultura do que a maioria de nós imagina. Transportes, habitação, vestuário, comunicação, recreação e produção de alimentos, virtualmente cada seguimento de nossas vidas diárias é influenciado em maior ou menor grau pelos materiais”.

Callister (2002) cita também “O desenvolvimento de muitas tecnologias que tornam nossa existência tão confortável tem estado intimamente associado com a acessibilidade a materiais adequados. Um avanço na compreensão de um tipo de material é frequentemente o precursor da progressão escalonada de uma tecnologia”.

Assim pode-se visualizar a importância do conhecimento dos materiais, e para melhor compreensão e organização os materiais são classificados em alguns grupos mais específicos, que entram em cada grupo os materiais que tenham sua composição química, sua estrutura atômica, suas propriedades e seu comportamento semelhantes um dos outros.

Como menciona Callister (2002) “Os materiais sólidos têm sido convenientemente agrupados em três classificações básicas: metais, cerâmicos e polímeros. Esse esquema está baseado principalmente na composição química e na estrutura atômica, e a maioria dos materiais se encaixa em um ou outro grupo distinto, embora existam alguns materiais intermediários. Adicionalmente, existem três outros grupos de materiais importantes na engenharia: compósitos, semicondutores e biomateriais. Os compósitos consistem em combinações de dois ou mais materiais diferentes, enquanto os semicondutores são utilizados devido às suas características

elétricas peculiares, os biomateriais são implantados no interior do corpo humano”.

Como referem-se também Askeland e Phulé (2008) “Os materiais de cada um desses grupos apresentam estruturas e propriedades distintas”.

Segundo Callister (2002) da uma explicação sucinta dos tipos de materiais e suas características representativas é apresentada a seguir:

**Metais:** materiais metálicos são normalmente combinações de elementos metálicos. Eles possuem um número grande de elétrons não localizados, isto é, estes elétrons não estão ligados a qualquer átomo em partícula. Muitas propriedades dos metais são atribuídas diretamente a estes elétrons. Os metais são condutores extremamente bons de eletricidade e calor, e não são transparentes à luz visível, uma superfície metálica polida possui uma aparência lustrosa. Além disso, os metais são muito resistentes, e ainda assim deformáveis, o que é responsável pelo seu uso extenso em aplicações estruturais.

**Cerâmicos:** os cerâmicos são compostos entre os elementos metálicos e não metálicos, eles são frequentemente óxidos, nitretos e carbetos. A grande variedade de materiais que se enquadra nesta classificação inclui cerâmicos que são compostos por minerais argilosos, cimento e vidro. Estes materiais são tipicamente isolantes à passagem de eletricidade e calor, e são mais resistentes a altas temperaturas e ambientes abrasivos do que os metais e polímeros. Com relação ao comportamento mecânico, os cerâmicos são duros, porém muito quebradiços.

**Polímeros:** os polímeros compreendem os materiais comuns de plástico e borracha. Muitos deles são compostos orgânicos que têm sua química baseada no carbono, no hidrogênio e em outros elementos não metálicos, além disso, eles possuem estruturas moleculares muito grandes. Estes materiais possuem tipicamente baixas densidades e podem ser extremamente flexíveis.

**Compósitos:** vários materiais compósitos, que consistem em mais de um tipo de material, têm sido desenvolvidos pela engenharia. A fibra de vidro é um exemplo familiar, no qual fibras de vidro são incorporadas no interior de um material polimérico. Um compósito é projetado para mostrar uma combinação das melhores características de cada um dos materiais que o compõe. A fibra



de vidro adquire resistência do vidro e a flexibilidade do polímero. Muitos dos desenvolvimentos recentes de materiais têm envolvido materiais compósitos.

Semicondutores: possuem propriedades elétricas que são intermediárias entre aquelas apresentadas pelos condutores elétricos e pelos isolantes. Além disso, as características elétricas destes materiais são extremamente sensíveis à presença de minúsculas concentrações de átomos de impurezas, concentrações que podem ser controladas ao longo de regiões especiais muito pequenas. Os semicondutores tornam possível o advento dos circuitos integrados, que revolucionaram totalmente as indústrias de produtos eletrônicos e de computadores ao longo das últimas duas décadas.

Biomateriais: são empregados em componentes implantados no interior do corpo humano para a substituição de partes do corpo doentes ou danificadas. Esses materiais não devem produzir substâncias tóxicas e devem ser compatíveis com os tecidos do corpo.

## 4.2 COMPÓSITOS

Como menciona Callister (2002) “muitas das nossas tecnologias modernas exigem materiais com combinações incomuns de propriedades que não podem ser atendidas pelas ligas metálicas, cerâmicas e materiais poliméricos convencionais”.

E então é nessa hora que entra os materiais compósitos, os quais podem incorporar as propriedades dos materiais que se misturam como citam os autores Askeland e Phulé (2008) “Os compósitos são produzidos quando dois ou mais materiais (ou fases) são utilizados juntos para resultar em uma combinação de propriedades que não podem ser obtidas de outra maneira. Materiais compósitos podem ser selecionados para resultar em combinações incomuns de rigidez, resistência mecânica, peso, desempenho em altas temperaturas, resistência à corrosão, dureza e condutividade”.

A composição de um material compósito pode ser resumida como ressalta Callister (2002) “Muitos materiais compósitos são compostos por apenas duas fases, uma chamada de matriz, que é contínua e envolve a outra fase, chamada frequentemente de fase dispersa. As propriedades dos

compósitos são uma função das propriedades das fases constituintes, das duas quantidades relativas e da geometria da fase dispersa”.

Segundo Callister (2002) a classificação dos materiais compósitos é dada por três divisões principais, que são os compósitos reforçados com partículas, os compósitos reforçados com fibras e os compósitos estruturais, ainda existem pelo menos duas subdivisões para cada uma delas.

E ainda dentro dos compósitos reforçados com fibras existe uma subclassificação, a qual é determinada pela fase matriz. Como cita Callister (2002) “A fase matriz de compósitos com fibras pode ser feita a partir de metais, polímeros ou cerâmicas”.

Compósitos com matriz metálica: a matriz é um metal dúctil. Esses materiais podem ser utilizados a temperaturas de serviço mais elevadas do que seus metais-base análogos. Além do mais, o reforço pode melhorar a rigidez específica, a resistência específica, a resistência à abrasão, a resistência à fluência, a condutividade térmica e a estabilidade dimensional (CALLISTER, 2002).

Compósitos com matriz cerâmica: são materiais que consiste em particulados, fibras ou úsqueres de um material cerâmico que se encontra embutidos no interior de uma matriz de outro material cerâmico (CALLISTER, 2002).

Compósitos com matriz de polímero: consistem em uma resina polimérica como a fase matriz e fibras como meio de reforço. Esses materiais são usados na mais ampla diversidade de aplicações dos compósitos, bem como nas maiores quantidades, em vista de suas propriedades à temperatura ambiente, de sua facilidade de fabricação e de seu custo (CALLISTER, 2002).

#### 4.3 CEVADA

Cevada é um cereal de grande importância na economia mundial, é utilizado de diversas formas como fabricação de bebidas e na indústria alimentícia, como ressalta Nitzke (2013) em seus textos “A Cevada é um cereal de inverno da família *Gramineae*, utilizado na indústria cervejeira para a preparação do malte, na fabricação de rações, na indústria de farinha para alimentação infantil, na de doces e confeitos, na panificação e ainda para fins

terapêuticos. A espécie de maior importância é *Hordeum vulgare L* com cultivares de 2 fileiras de espiguetas”.

Nitzke (2013) também demonstra em seus textos que “A cevada é da classe *Monocotiledoneas*, sua família é a *Gramineae*, subfamília é a *Festucoideae*, gênero *Hordeum*, espécie *Hordeum vulgare ssp disticum* e *Hordeum vulgare ssp hexasticum*.

Como menciona também Embrapa (2014) “A cevada é um cereal de inverno, utilizado na industrialização de bebidas, farinhas, medicamentos, produtos dietéticos e sucedâneos de café. Ainda, é empregada na alimentação animal como forragem e na fabricação de rações. No Brasil, a malteação tem sido a principal aplicação econômica da cevada, com o consumo anual pela indústria cervejeira estimado em um milhão de toneladas. A produção está concentrada na Região Sul, com registros de cultivo também nos estados de GO e MG. Os resultados obtidos pela Embrapa consolidaram a produção nacional e agora orientam a expansão do cultivo para o Cerrado do Brasil Central sob irrigação”.

Embrapa (2012) também ressalta “No Brasil, a cevada é cultivada em escala comercial exclusivamente para uso na fabricação de malte, principal matéria prima da indústria cervejeira. A expansão da cultura da cevada é relativamente recente e deve-se em grande parte as iniciativas da indústria cervejeira que fomentou a produção nacional para garantir oferta e pelo encarecimento do produto externo na década de 1970”.

Embrapa (2012) também cita “Condições de clima favoráveis à produção de grãos com qualidade cervejeira, prevalentes em regiões de alta luminosidade, baixa umidade relativa do ar e de temperaturas amenas (frescas) durante as fases de formação, enchimento e maturação dos grãos, definem as áreas aptas ao cultivo de cevada para malte cervejeiro”. A cevada cereal pode ser observada na Figura 1.

**Figura 1: Farelo de cevada**

**Fonte: autoria própria.**

#### 4.4 COLA BRANCA

A cola branca é uma mistura entre água e um polímero, podendo ser sintético ou natural. Como Silva (2011) cita em seus textos “As colas com base em água são formuladas com polímeros, naturais ou sintéticos (acetato de polivinila, ou PVA, o componente encontrado na cola escolar), dissolvidos em água. Na presença da água, os polímeros interagem pouco entre si, e a cola permanece líquida. Entretanto, quando aplicada sobre uma superfície porosa, a cola, além de permanecer entre as duas partes que deve colar, também penetra nos poros existentes na superfície destes materiais. Com o tempo, a água evapora lentamente, e os polímeros começam a interagir entre si e com o material sobre o qual foram aplicados, unindo as duas partes que estavam em contato”.

O polímero sintético utilizado na produção da cola é o Acetato de Polivinila, que é uma substância por meio de diversas combinações, como ressalta Summers (2014) “O acetato de polivinila é uma substância produzida por meio da combinação de muitas unidades de acetato de vinila monomérico ( $\text{CH}_3\text{COOCH}=\text{CH}_2$ )”.

Em seus textos Cancela (2014) também cita que “Aquela cola branca de escola mesmo é uma PVA, assim como a cola amarela de madeira. Este adesivo vem em uma emulsão com água. A união das peças só é realizada quando a água desta emulsão evapora (ou seja, quando a cola “seca”)”.

Cancela (2014) menciona também que “Ela é excelente para materiais porosos, como madeira e papel e até mesmo alguns tecidos. Não é tóxica e é bastante fácil de manusear. Se aplicada com cuidado cria uma união de boa resistência, sem fazer sujeira e a baixíssimo custo”.

#### 4.5 RESINA EPÓXI TRANSPARENTE

O vidro líquido é uma resina epóxi transparente, que ao ser aplicado em diversas superfícies, forma uma película protetora com a mesma aparência de um tampo de vidro, e que ajuda a proteger e embelezar seus trabalhos artesanais (ARTESANATO, 2014).

A resina epóxi transparente é composto por duas partes onde uma é a própria resina epóxi e a outra parte é o endurecedor. Como Horizonte (2007) refere-se em seus textos “O Verniz Vidro Crystal é composto de dois componentes (A: resina epóxi para a transparência e B: endurecedor para ser adicionada ao componente A)”.

Como pode ser visualizado no site Construindo de cor (CONSTRUINDO, 2014) “A resina epóxi, também conhecida como poliepóxido, é um tipo de plástico que endurece quando é misturado a um agente catalisador (endurecedor)”. Afirmando também que “Elas servem como isolantes térmicos quando utilizados para confeccionar peças elétricas e eletrônicas, e ainda podem ser utilizadas em outras várias áreas como, por exemplo, na construção civil, como adesivos para madeiras e até mesmo metais”.

Esse tipo de resinas tem diversas utilidades e hoje em dia pode ser encontrado de forma fácil, e tem diversos anos já em que vem sendo aprimorada e utilizada, conforme Pinhal (2009) menciona em seus textos que “Uma resina epóxi ou poliepóxido é um plástico termo fixo que se endurece quando se mistura com um agente catalisador ou “endurecedor”. As resinas epóxi mais frequentes são produtos de uma reação entreepicloridrina e bisfenol-a. As primeiras tentativas comerciais de preparo da resina através da epicloridrina aconteceram em 1927 nos Estados Unidos. O mérito da primeira síntese de uma resina baseada no bisfenol-a foi compartilhado entre o Dr. Pierre Castan da Suíça e o norte-americano Dr. S. O. Greenlee em 1936”.

A palavra epóxi vem devido ao composto químico que forma a resina, que é o Epóxidos, segundo Alves (2008) “Epóxidos são compostos orgânicos, mais precisamente polímeros que se formam a partir da reação do éter cíclico com o bis-fenol. Os epóxidos também são denominados de poliéteres por serem derivados de um éter, podem ser encontrados na forma líquida e incolor, são solúveis em álcool, éter e benzeno”.

Alves (2008) também cita em seus textos que “os epóxidos são mais conhecidos por sua aplicação em colas, neste caso uma mistura de poliamida e resina epóxi se unem para formar outro polímero de cadeias cruzadas, a estrutura molecular deste novo polímero é extremamente rígida. Em razão da estrutura rígida, as colas e cimentos do tipo epóxi são usadas para fabricar skates, tacos de golfe, raquetes de tênis, e até em asas e fuselagem de aviões. A resina epóxi possui uma função muito importante nestes casos: manter as fibras unidas”.

#### 4.6 ENSAIO DE PENEIRAMENTO (GRANULOMETRIA)

Como cita Silva (2014) “A granulometria pode ser definida como a distribuição da diversidade dos tamanhos dos grãos. Ela é expressa em porcentagem, ou seja, relaciona a distribuição de tamanho com suas respectivas porcentagens de ocorrência. Desta forma, conhecer a granulometria de um determinado material significa representa-lo com a utilização de uma curva. A determinação da curva granulométrica permite conhecer as características físicas do material desejado. Um dos métodos para determinação de uma curva granulométrica é o peneiramento”.

Reafirma ainda em seus textos Carrisso (2004) mencionando que “Entende-se por peneiramento, a separação de um material em duas ou mais classes, estando estas limitadas uma superior e outra inferiormente.”.

Como Rodrigues (2006) ressalta “Granulometria, graduação ou composição granulométrica de um agregado é a distribuição percentual dos seus diversos tamanhos de grãos, considerando a quantidade de material, em massa, retido nas peneiras da série normal, determinados de acordo com a NBR 7217 (ABNT, 1987). Além da curva de composição granulométrica são

também definidos, no ensaio de granulometria, o módulo de finura e a dimensão máxima (diâmetro máximo) do agregado”. Para isso é utilizado de peneiras de acordo com a norma NBR 7217 e uma mesa vibratória.

#### 4.7 MOINHO DE BOLAS

É um sistema utilizado para moagem de material, onde é colocado o material que deseja moer dentro de um cilindro juntamente com esferas e então é colocado para rodar, e então com a força centrífuga leva as bolas até uma determinada altura, as quais despencam dessa altura moendo o material. Como Crusher (2011) ressalta em seus textos “O Moinho de bolas é um cilindro rotativo com esferas de aço, que atuam como meios de moagem. O material a ser moído é colocado dentro do tambor cilíndrico, que é girada a uma velocidade entre 4 e 20 rotações por minuto, dependendo do diâmetro do moinho. Quanto maior o diâmetro do dispositivo cilíndrico, será menor velocidade de rotação. A rotação produz forças centrífugas que levam as bolas a uma dada altura levando-os a recuar para dentro do cilindro e o material ser moído”.

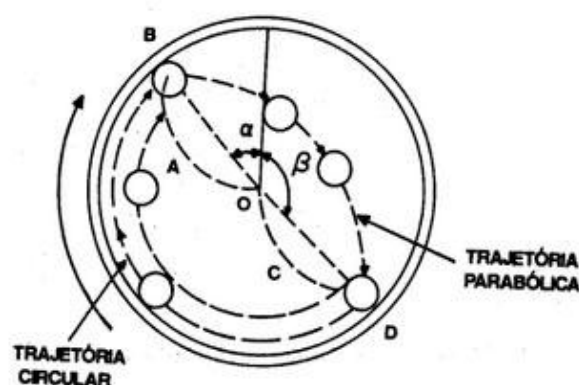
Crusher (2011) também menciona “Moinho de bolas tem um cilindro rotativo que é montado horizontalmente e é controlado (conduzido) por uma roda dentada exterior. Uma haste tubular uniforme que transfere o material para a câmara de moagem. A câmara consiste de diferentes especificações de bolas de aço, tais como a escada linear e ondulação linear. Rotação do cilindro horizontal cria uma força centrífuga, que eleva as bolas a uma certa altura que os faz voltar a moer os materiais. O material moído é então descarregado”.

Como Streit (2005) cita também “Uma capa cilíndrica, que gira em um eixo horizontal, é carregada com bolas de aço ou porcelana. A redução de tamanho é feita pela ação do impacto e da fricção das bolas ao girar o moinho”.

Ressalta também Silva (2014) “As operações nos moinhos onde a fragmentação ocorre através da movimentação da carga. Em moinhos de bolas podem ocorrer dois regimes distintos de movimentação que podem ser classificadas como catarata e cascata. Na moagem em catarata onde a velocidade é maior esta velocidade carrega as bolas até uma posição bem elevada e elas caem sobre as outras e sobre a polpa causando fragmentação

por impacto. Este tipo de moagem é usado para a obtenção de granulometrias mais grossas. Na moagem em cascata a velocidade é baixa e o alto fator de enchimento faz com que as bolas alcancem certa altura e rolem sobre as outras não havendo quase impacto e a moagem se dá por abrasão e atrito esta forma de moagem é mais adequada na produção de produtos finais com granulometrias mais finas” como pode ser visualizado na Figura 2.

**Figura 2: Processo físico de moagem.**



Fonte: Figueira, Almeida e Luz (2004).

#### 4.8 ENSAIO DE FLEXÃO

O ensaio de flexão consiste na aplicação de uma carga no centro um corpo de prova específico, apoiado em dois pontos. A carga aplicada parte de um valor inicial igual a zero e aumenta lentamente até a ruptura do corpo de prova. O valor da carga aplicada versus o deslocamento do ponto central é a resposta do ensaio (GARCIA, 1999).

Como cita também Souza (1998) “O ensaio é realmente um ensaio de flexão, sendo o corpo de prova constituído por uma barra de secção qualquer, preferencialmente circular ou retangular para facilitar os cálculos, com um comprimento especificado. O ensaio consiste em apoiar o corpo de prova sob dois apoios distanciados entre si de uma distancia  $L$ , sendo a carga de flexão aplicada no centro do corpo de prova”.



## 5. METODOLOGIA

### 5.1 TAMANHO INICIAL DO FARELO

Para iniciar as análises foi realizado um ensaio de peneiramento, conforme norma NBR 7217, na amostra do material original de cevada (sem nenhuma intervenção no mesmo), para se analisar a granulometria em que o material apresentava inicialmente. Para isso foi realizada a pesagem de 50 gramas de material era o ideal para realização do ensaio.

Então utilizando uma a sequência de peneiras de mesh 4, 80, 100, 120, 140, 170, 200, 325 e fundo, sobre a mesa vibratória Servitech CT-025, como pode ser visualizado na Figura 3. Foram então despejadas as 50 gramas de farelo sobre as peneiras e deixando o material vibrando durante 10 minutos. Após o termino do tempo foram medidas as massas que as peneiras seguraram no ensaio, podendo assim analisar a granulometria do material inicial.

**Figura 3: Ensaio de Peneiramento.**



**Fonte: autoria própria.**

## 5.2 MOAGEM DA CEVADA

Após determinar a granulometria inicial foi dado início na moagem do material. Para isso colocou-se uma quantidade de material cevada para moer no moinho de bolas Servitech CT-248, como pode ser observado na Figura 4, foi colocado no jarro uma quantidade de material que cobrisse todas as bolas do moinho, e então foi iniciado o processo de moagem por trinta minutos.

**Figura 4: Moinho de Bolas.**



**Fonte: autoria própria.**

Finalizando o tempo de moagem foi então realizado novamente um ensaio de peneiramento, conforme norma NBR 7217, agora com o material moído por trinta minutos, foi utilizada a mesma sequência de peneiras do ensaio de peneiramento inicial, onde foi colocado 50 gramas do material moído e deixado por 10 minutos vibrando, após isso foi medido a massa de farelo que cada peneira reteve em si. Assim analisando qual foi o resultado da moagem na granulometria do material.

Como a primeira moagem não teve muito resultado no material, o próximo passo foi à realização de uma nova moagem do material, onde foi realizado o mesmo processo que anteriormente, mas agora deixando o material moer por três horas. Após o termino do tempo foi realizado um novo ensaio de peneiramento do material moído por três horas, utilizando a mesma sequência de peneiras, a mesma quantidade de material e o mesmo tempo de vibração, e ao termino do tempo foi retirado novamente a medida de massa

que cada peneira segurou em si. Para então comparar os resultados e analisar a diferença de granulometria do material.

### 5.3 TRITURAÇÃO DA CEVADA

Visualizando que os processos de moagem não surtiram muito efeito na diferença de granulometria, foi então iniciado um processo de trituração, onde utilizando um liquidificador caseiro Britânia Filter 600W, como pode ser visto na Figura 5. Primeiramente foi colocada uma quantidade de material para triturar durante um minuto. Após o primeiro trituração foi realizado um novo ensaio de peneiramento, conforme norma NBR 7217, o qual foi utilizado a sequência de peneiras de mesh 80, 100, 120, 140, 170, 200, 325 e fundo, colocando sobre as peneiras uma massa de 50 gramas de material triturado e vibrando por dez minutos. Com o fim do tempo de peneiramento foi medido a massa de material que cada peneira reteve.

**Figura 5: Liquidificador Britânia Filter 600W.**



**Fonte: autoria própria.**

Depois desse processo foi iniciado um novo processo de trituração onde foi pego o material que já tinha sido triturado por um minuto e colocado para triturar por mais três minutos no liquidificador da mesma forma que foi realizado o primeiro trituração, totalizando então um tempo de trituração de quatro minutos. E então foi realizado novamente um ensaio de peneiramento onde foram colocados 50 gramas desse material na mesma sequência de peneira que a anterior e deixado pelos mesmos dez minutos de vibração.

Fazendo a medições das massas de cada peneira após o termino do tempo de vibração.

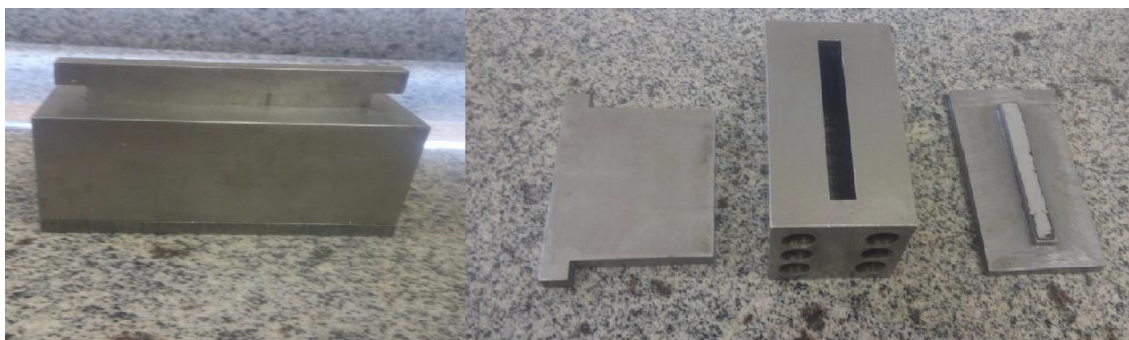
#### 5.4 FABRICAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Com o resultado de todos os peneiramentos foi então escolhido a melhor faixa de granulometria do farelo de cevada para iniciar a fabricação dos corpos de prova, o qual foi o material triturado por quatro minutos.

Após isso iniciou-se os testes para identificar qual seria a melhor quantidade de farelo de cevada que caberia dentro da matriz para a fabricação dos corpos de prova, onde foi realizando a medição de uma determinada massa e colocando na matriz até encontrar a quantidade que ficasse ideal, medindo então para determinar essa massa que será utilizada para a produção dos corpos de prova, que 15 gramas do material triturado foi o ideal para realizar a confecção dos corpos de provas.

A matriz que foi utilizada para a fabricação dos corpos de provas pode ser visualizada na Figura 6:

**Figura 6: Matriz de fabricação de corpos de prova.**



**Fonte: autoria própria.**

Após isso foi iniciado um novo teste, mas agora para determinar qual seria a pressão mais adequada dada pela prensa hidráulica Servitech-CT320 foram realizadas algumas pressões e decidido que a melhor pressão para confeccionar os corpos de provas seria de 2,5 KPa.

Para iniciar a fabricação dos corpos de provas foi também estabelecido a quantidade de ligantes a ser utilizados, que são a cola branca e a resina epóxi transparente, e essas quantidades podem ser visualizadas na Tabela 1:

**Tabela 1: Quantidade de Ligantes**

| Material Ligante          | Quantidade (g) |
|---------------------------|----------------|
| Cola Branca               | 5              |
|                           | 8              |
| Resina epóxi transparente | 5              |
|                           | 8              |

**Fonte: autoria própria.**

Com a quantidade de farelo de cevada, a pressão e a quantidade de ligante pré-determinados, iniciou a fabricação dos corpos de provas. Primeiramente utilizaram as 15 gramas de material misturando a cinco gramas de cola branca deixando o mais homogêneo possível a mistura, onde foi utilizada a balança de precisão Shimadzu-AUX220 para medições de massas, após isso foi colocado na matriz e então levado a prensa hidráulica e pressionado a mistura com as duas toneladas. Fazendo assim quinze corpos de provas utilizando essa mistura.

O próximo passo foi então produzir corpos de provas com uma mistura diferente entre farelo de cevada e cola branca. Onde nessa nova mistura manteve a utilização de 15 gramas de material de cevada triturado e aumentando a quantidade de cola branca para oito gramas, o qual foi realizado a medição das massas utilizando a mesma balança de precisão e misturando bem a mistura até deixar o mais homogênea possível, então foi colocado na matriz e pressionado na prensa hidráulica, confeccionando desse modo mais quinze corpos de prova.

Foi dado início então a segunda etapa de fabricação dos corpos de provas, mas agora utilizando a resina epóxi transparente, a qual inicialmente foi utilizada de cinco gramas de resina, onde dessas cinco gramas 3,4 gramas são do composto A (resina epóxi) e 1,6 gramas de composto B (endurecedor), misturando então com as mesmas 15 gramas de farelo de cevada utilizado na produção dos demais corpos de provas, realizando então uma mistura a qual ficasse mais homogênea possível à mistura, após isso colocado dentro da

matriz e realizado a prensagem na prensa hidráulica com as mesmas duas toneladas, produzindo desse modo dez corpos de prova.

Após esse processo foi então aumentado a quantidade de resina epóxi transparente, para a quantidade então de oito gramas da mesma, sendo dessas oito gramas 5,5 g de composto A e 2,5 g de composto B, misturando as mesmas 15 gramas de farelo de cevada deixando bem homogêneo, colocando então a mistura dentro da matriz e pressionando com duas toneladas, fabricando dez corpos de prova dessa mistura.

## 5.5 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL

### 5.5.1 Análise de Superfície

Com os corpos de provas prontos iniciaram-se então as análises do material. Primeiramente foi levado o material a lupa, onde foi dado um aumento de trinta vezes com o intuito de analisar a superfície do material. Foi retirado fotos de cada mistura realizada na confecção dos corpos de provas, ou seja, foi capturado fotos do corpo de prova com 5 gramas de cola, depois fotos do material com 8 gramas de cola, após fotos do corpo de prova com 5 gramas de resina e para finalizar fotos do corpo de prova com 8 gramas de resina. Com isso podendo comparar as superfícies de cada material para cada mistura.

### 5.5.2 Ensaio de Flexão

Então deu início aos Ensaio de Flexão, conforme a norma ASTM D790 e norma NBR 12142, o qual foi realizado na máquina Universal de Ensaio EMIC DL10000 PF, como pode ser visualizado na Figura 7, com todos os corpos de provas, sendo então 15 corpos de prova com 5 gramas de cola, 15 corpos de prova com 8 gramas de cola, 10 corpos de prova com 5 gramas de resina e finalizando 10 corpos de prova com 8 gramas de resina. A distância entre os cutelos foi estabelecida e padronizada em 600 milímetros utilizada em todos os ensaios. Então foi realizada a medida de espessura e largura de todos os corpos de provas que iriam passar pelo ensaio, assim fechando os dados necessários para a realização do mesmo. Com os dados já inseridos foi realizado o ensaio dos corpos de prova na ordem citada acima.

**Figura 7: Ensaio de flexão de 3 pontos.**



**Fonte: autoria própria.**

### 5.5.3 Ensaio de Densidade Aparente

Com o Ensaio de Flexão realizado, foi iniciada então a análise da densidade aparente, método utilizado conforme Eleotério (2000), onde foi pego 5 metades de corpos de provas que romperam no ensaio de flexão de cada mistura, ou seja, 5 metades com 5 gramas de cola, 5 metades com 8 gramas de cola, 5 metades com 5 gramas de resina e 5 metades com 8 gramas de cola. Com isso foi então realizado a medida de massa de todos esses corpos de provas utilizando a balança de precisão Shimadzu-AUX220.

Após isso foi fundido uma quantidade de parafina utilizando um fogareiro elétrico Sahara 1000W com uma caneca de alumínio como pode ser visualizado na figura 8 e dado um banho nos corpos de provas na mesma, isso foi realizado para criar uma camada superficial protetora de parafina para que os corpos de provas não absorvessem o fluído utilizado para a realização do

ensaio. Após todos os corpos mergulhados na parafina realizou-se novamente a pesagem dos corpos de provas, mas agora para descobrir a massa de parafina que ficou no corpo de prova.

**Figura 8: Fundição da parafina.**



**Fonte: autoria própria.**

Então foi realizada a medição de massa de fluido que o material irá descolar para isso foi utilizado do Princípio de Arquimedes, onde a massa de fluido deslocado é proporcional à densidade do mesmo. Então foi colocada acetona (utilizado devido sua densidade ser menor do que a da água) em um Becker e com uma balança submersa no fluido, então foi mergulhado os corpos de provas no sistema realizando a medição da massa, esse sistema estava interligado com a balança de precisão a qual dava a massa do fluido. Como mostra a Figura 9 a seguir:

**Figura 9: Medição da massa de fluido deslocado.**



**Fonte: autoria própria.**



Após ter realizado todas essas medidas foi possível então calcular a densidade aparente do material, utilizando a equação (1):

$$\rho_{AP} = \frac{m \cdot \rho_{acetona} \cdot \rho_{parafina}}{M' \cdot \rho_{parafina} - m_{parafina} \cdot \rho_{acetona}} \quad \text{Eq(1)}$$

Onde:

$\rho_{AP}$ = Densidade aparente do material (g/cm<sup>3</sup>);

$\rho_{parafina}$ = Densidade da parafina(g/cm<sup>3</sup>);

$\rho_{acetona}$ = Densidade da acetona(g/cm<sup>3</sup>);

m= massa do material (g);

$m_{parafina}$ = massa da parafina (g);

M'= Massa de fluido deslocado (g).

Substituindo os valores encontrados nas medições juntamente com os valores estabelecidos é possível calcular a densidade aparente do material.

#### 5.5.4 Ensaio de Absorção de Água e Ensaio de Inchamento

Após o Ensaio de densidade foi dado início a outros dois ensaios, Ensaio de Absorção de Água e Ensaio de Inchamento. Para isso foi realizado a medição de massa, de largura e espessura de 5 corpos de provas de cada mistura, ou seja, realizado a medição de massa, largura e espessura da mistura com 5 gramas de cola, depois a mistura com 8 gramas de cola, 5 gramas de resina e finalizando com 8 gramas de resina. Essas medidas iniciais geraram as medidas dos materiais secos.

Então todos os corpos de provas foram mergulhados em água durante 24 horas, como mostra a Figura 10:

**Figura 10: Ensaio de Absorção de Água e Inchamento.**



Fonte: autoria própria.

Ao fim do tempo determinado foi retirada novamente a medição de massa, largura e espessura para cada corpo de prova, as quais geraram as medidas dos materiais inchados (úmidos).

Com o resultado de todas as medições realizou os seguintes cálculos, a equação (2) para calcular a absorção de água, a equação (3) para calcular o inchamento na largura e a equação (4) para calcular a inchamento na espessura:

$$A_m = \frac{m_i - m_s}{m_s} * 100 \quad \text{Eq(2)}$$

Onde:

$A_m$ : Absorção de Água (%);

$m_s$ : Massa seca (g);

$m_i$ : Massa inchada (g).

$$i_L = \frac{L_i - L_s}{L_s} * 100 \quad \text{Eq(3)}$$

Onde:

$i_L$ : Inchamento na Largura (%);

$L_s$ : Largura seca (g);

$L_i$ : Largura inchada (g).

$$i_E = \frac{E_i - E_s}{E_s} * 100 \quad \text{Eq(4)}$$

Onde:

$i_E$ : Inchamento na espessura (%);

$E_s$ : Espessura seca (g);

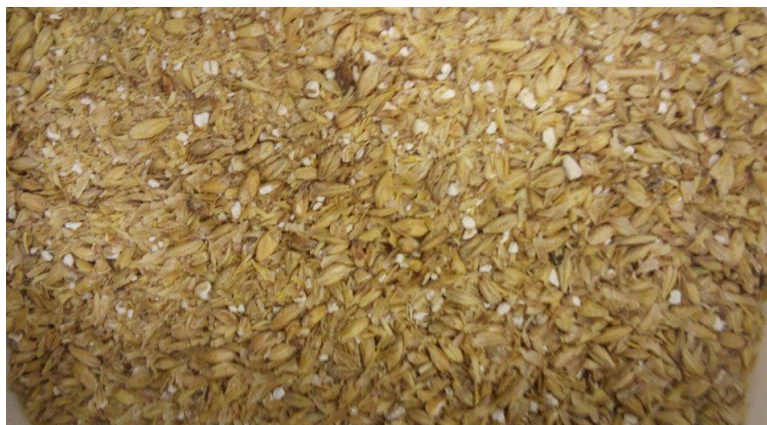
$E_i$ : Espessura inchada (g)

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 TAMANHO INICIAL DO MATERIAL

O material em estado bruto pode ser verificado na Figura 11:

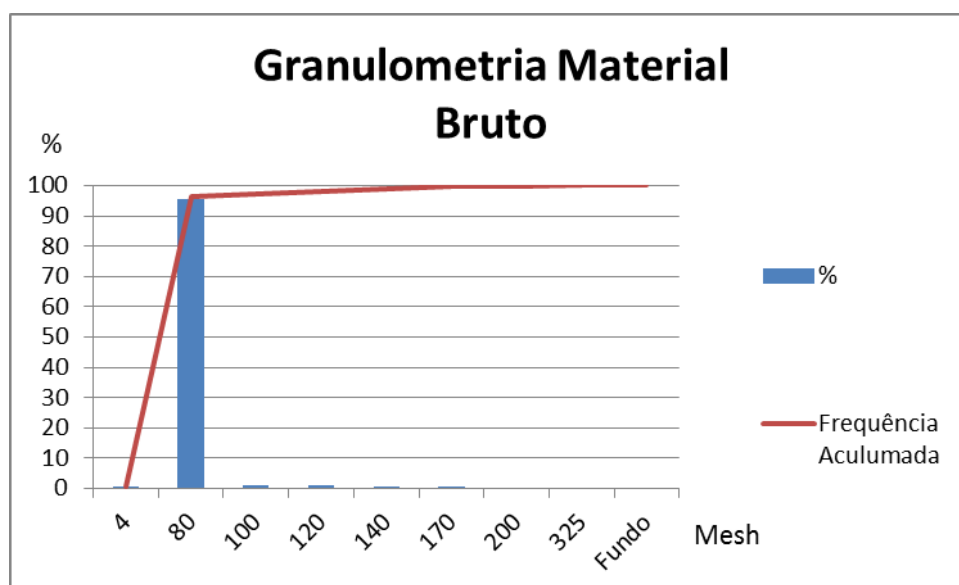
**Figura 11: Material em estado bruto.**



Fonte: autoria própria.

No primeiro peneiramento foi possível visualizar que o farelo em estado bruto ficou em maior quantidade na peneira de 80 mesh, medindo 47,8 gramas de material retido nessa peneira, gerando 95,6% de toda a massa peneirada. Esta granulometria gerada é possível observar no Gráfico 1:

**Gráfico 1: Gráfico de Granulometria material bruto.**

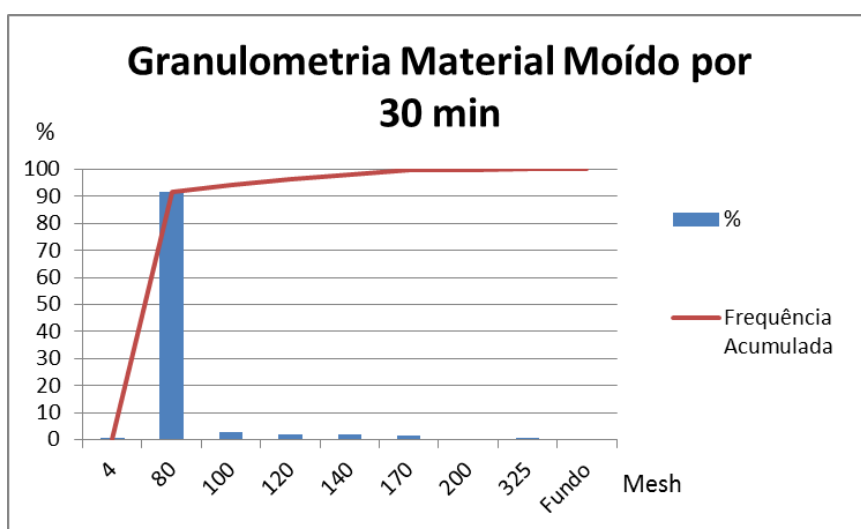


Fonte: autoria própria.

## 6.2 MOAGEM DA CEVADA

No segundo peneiramento já foi possível verificar uma pequena diminuição nas partículas devido aos trinta minutos que passou pelo moinho de bolas, mas não muito eficiente, pois ficou muito próximo ainda do material em estado inicial. Nesse peneiramento gerou uma granulometria 45,8 gramas na peneira de 80 mesh, a qual gera 91,6% de todo material peneirado, e o restante distribuído em pequenas quantidades nas demais peneiras, sendo possível observar no Gráfico 2:

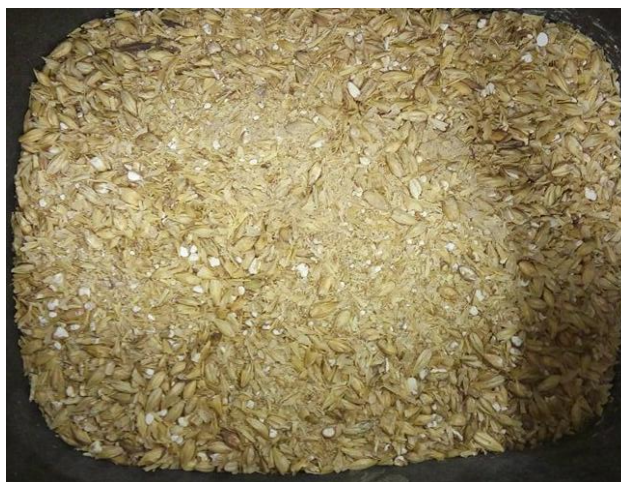
**Gráfico 2: Gráfico Granulometria material moído por 30 min.**



**Fonte: autoria própria.**

Com a moagem de três horas foi possível verificar uma diminuição no tamanho dos grãos do farelo, não sendo muito eficiente, como pode ser observado na Figura 12:

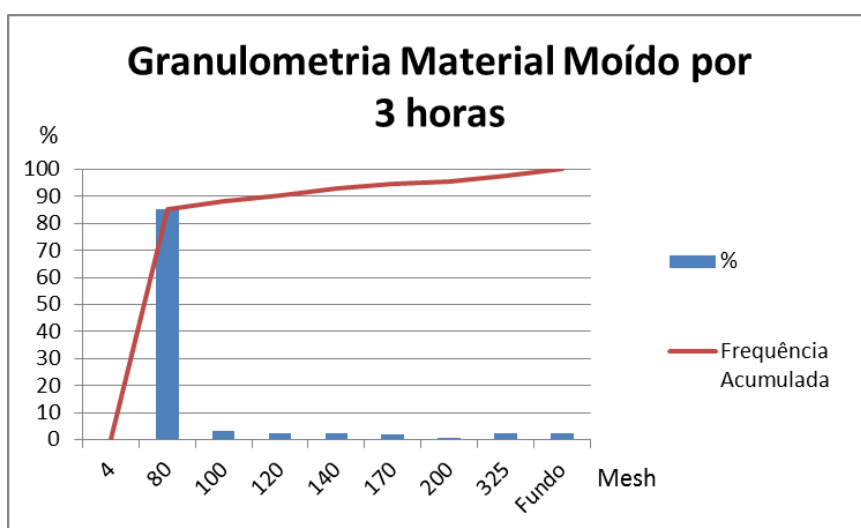
**Figura 12: Material moído por 3 horas.**



**Fonte: autoria própria**

No terceiro peneiramento, o qual foi realizado com o material moído por três horas, observou-se que as partículas tiveram mais uma diminuição de seu tamanho, mas ainda assim não gerando um resultado eficiente, continuando muito próximo ao material bruto. No Gráfico 3 pode ser visto que o material ficou em maior quantidade de massa ainda na peneira de 80 mesh, com uma massa de 72,6 gramas, gerando então 85,2% de material retido na peneira, e o restante de material disperso nas demais peneiras:

**Gráfico 3: Gráfico Granulometria material moído por 3 horas.**



**Fonte: autoria própria.**

### 6.3 TRITURAÇÃO DA CEVADA

Após não surtir muito efeito na moagem com o moinho de bolas, devido ao processo não moer os grãos, mas apenas amassando foi iniciado então o processo de trituração, o qual com a utilização da faca os grãos foram cortados assim diminuindo os seus tamanhos. Com esse processo foi possível verificar uma boa redução no tamanho das partículas do material, essa redução das partículas foi notável a olho nu, como pode ser observado na Figura 13:

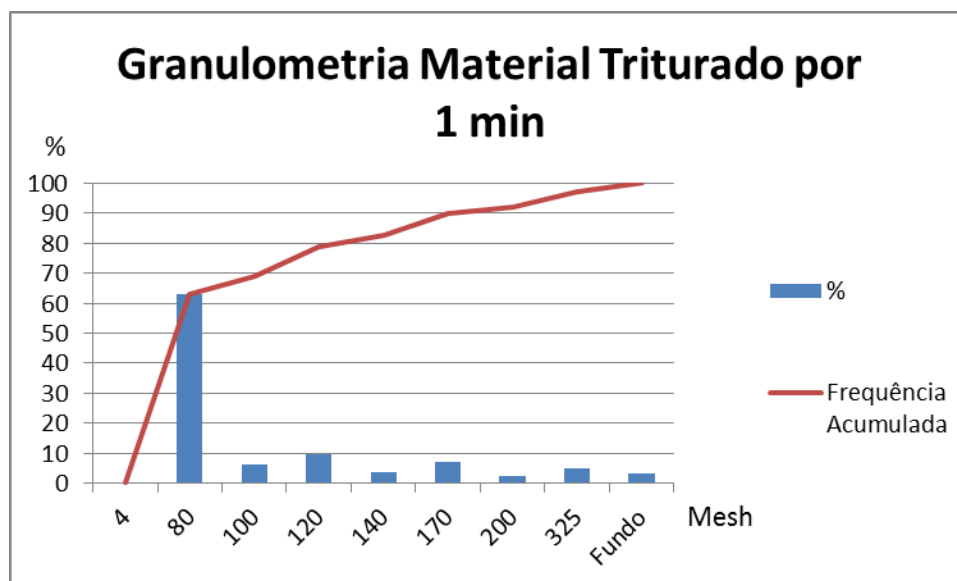
**Figura 13: Material triturado por 1 minuto.**



**Fonte: autoria própria.**

No quarto peneiramento foi realizado com o material triturado por um minuto no liquidificador, com isso foi capaz de analisar que o farelo sofreu uma grande diminuição nas partículas sendo então mais efetivo que a moagem. Nesse peneiramento foi visualizado que a granulometria gerou uma massa um pouco maior nas peneiras inferiores, mas a maior quantidade de massa do farelo ainda continuou na peneira de 80 mesh, com uma massa de 31,6 gramas, gerando uma porcentagem menor que nos outros peneiramentos de 63,2%, como pode ser observado no Gráfico 4:

Gráfico 4: Gráfico Granulometria material triturado por 1 min.



Fonte: autoria própria.

Como o resultado do trituração sendo mais efetivo, foi realizado mais um trituração agora por quatro minutos. O qual surtiu um efeito bom em visão a moagem em questão de tempo e de diminuição de partículas, a qual pode ser observada na Figura 14 que os grãos e cascas tiveram uma redução bem perceptível de tamanho:

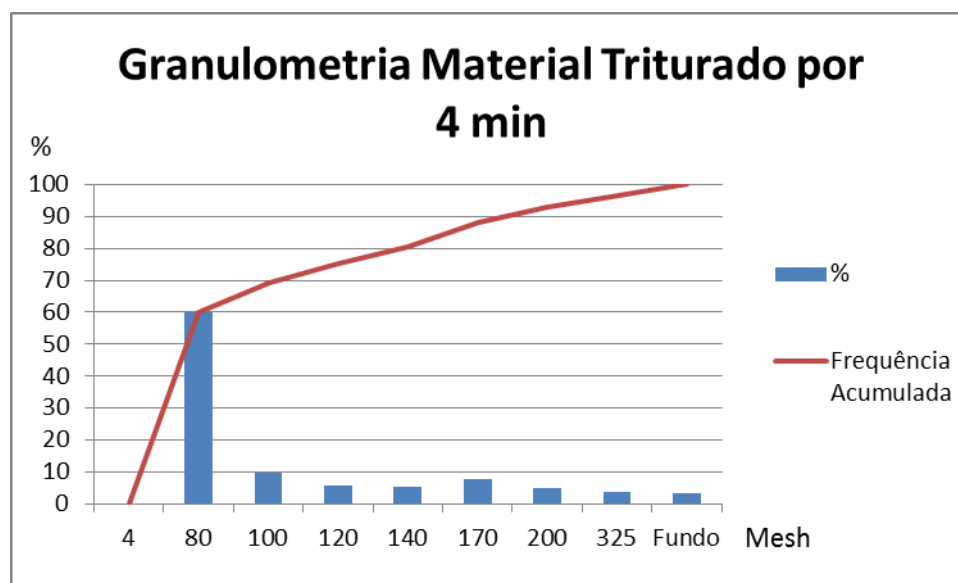
Figura 14: Material triturado por 4 min.



Fonte: autoria própria.

Com isso realizado um quinto peneiramento que foi possível analisar que as partículas sofreram ainda mais uma redução de tamanho, porém ainda continuou a maior quantidade de massa na peneira 80 mesh, medindo 29,9 gramas na mesma, formando uma porcentagem de 59,8% da massa total peneirada, senso melhor visto no Gráfico 5:

**Gráfico 5: Gráfico Granulometria material triturado por 4 min.**

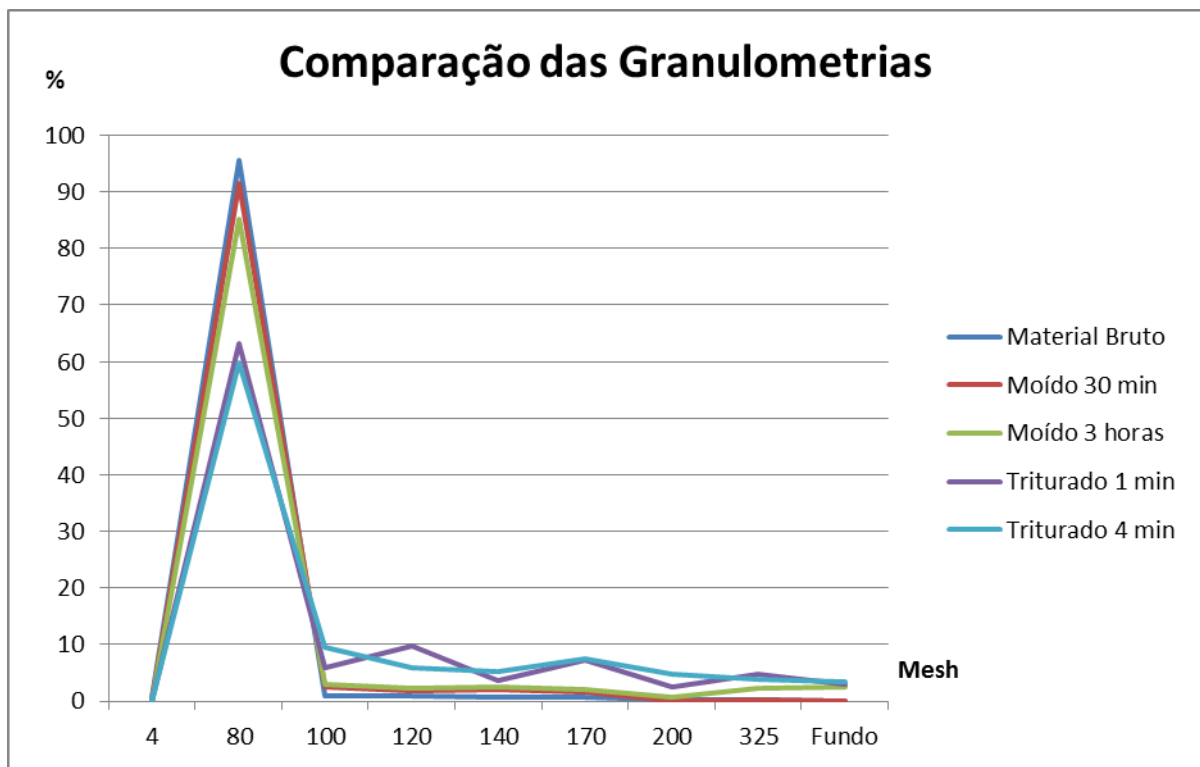


**Fonte: autoria própria.**

Para melhor visualização da redução de tamanho das partículas como na eficiência do processo utilizado, pode ser visualizado no Gráfico 6, a qual demonstra que inicialmente utilizando o moinho de bolas o material sofria pouca redução por um tempo muito maior, que em trinta minutos teve pouca redução de tamanho, e com as três horas de moagem o efeito foi praticamente o mesmo, mas com o processo de trituração é possível verificar que a redução teve uma eficiência maior, diminuindo a quantidade de massa retida na peneira de 80 mesh e passando uma quantidade maior para as demais com apenas um minuto de trituração, e com o trituração por quatro minutos gerou uma pequena redução comparada com a de um minuto, mas maior redução comparadas com as das moagem, sendo então o trituração o processo mais eficiente.



Gráfico 6: Comparação das Granulometrias.



Fonte: autoria própria.

#### 6.4 FABRICAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

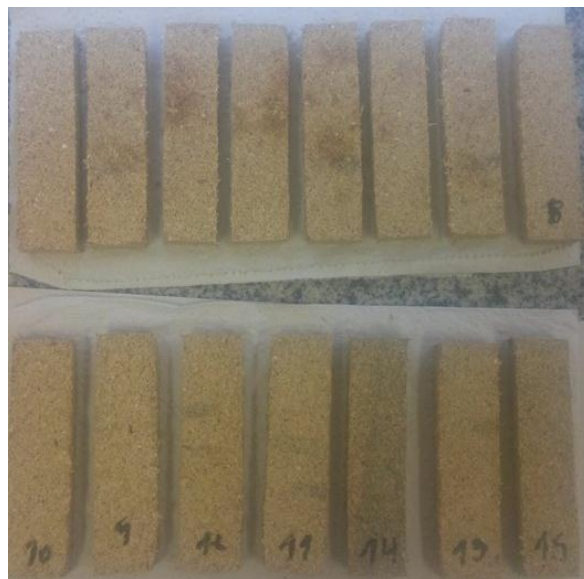
O resultado da produção dos corpos de provas pode ser visualizado nas Figuras a seguir, onde a Figura 15 mostra os corpos de provas com 5 gramas de cola, a Figura 16 mostra os corpos de provas com 8 gramas de cola, a Figura 17 mostra os corpos de prova com 5 gramas de resina epóxi transparente e a Figura 18 mostra os corpos de prova com 8 gramas de resina:

**Figura 15: Corpos de Provas com 5g de Cola.**



**Fonte: autoria própria.**

**Figura 16: Corpos de Prova com 8g de cola.**



**Fonte: autoria própria.**

**Figura 17: Corpos de Prova com 5g de resina.**



**Fonte: autoria própria.**

**Figura 18: Corpo de Prova com 8g de resina.**



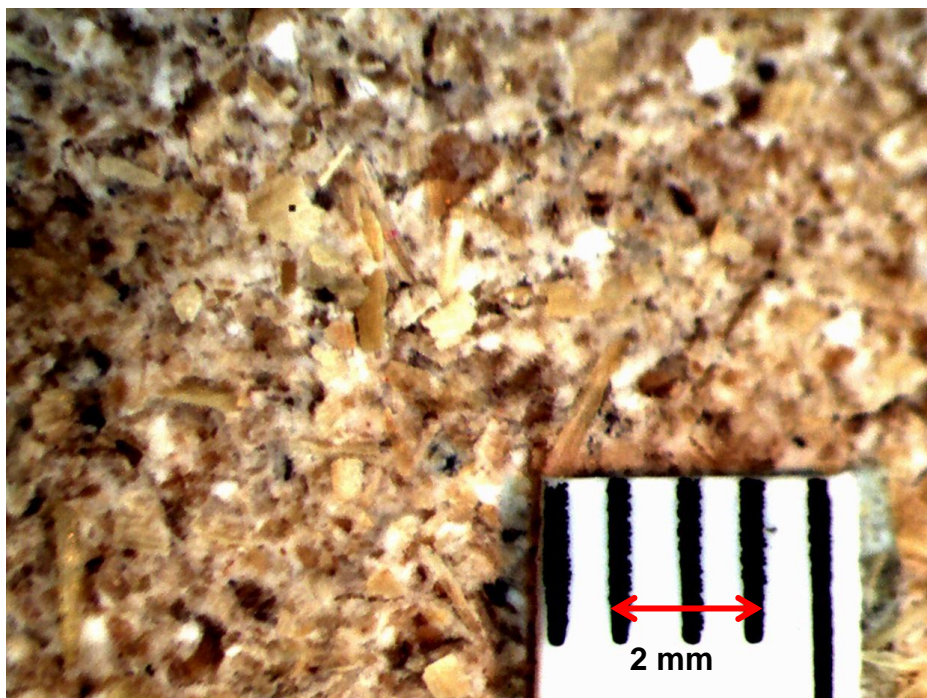
**Fonte: autoria própria.**

## 6.5 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL

### 6.5.1 Análise de Superfície

A superfície analisada pode ser observada nas Figuras 19, a qual é de um corpo de prova com 5g de cola branca e podem ser visualizados alguns pontos brancos que são um aglomerado de cola branca e também uma matriz mais homogênea, mais dispersa no corpo de prova.

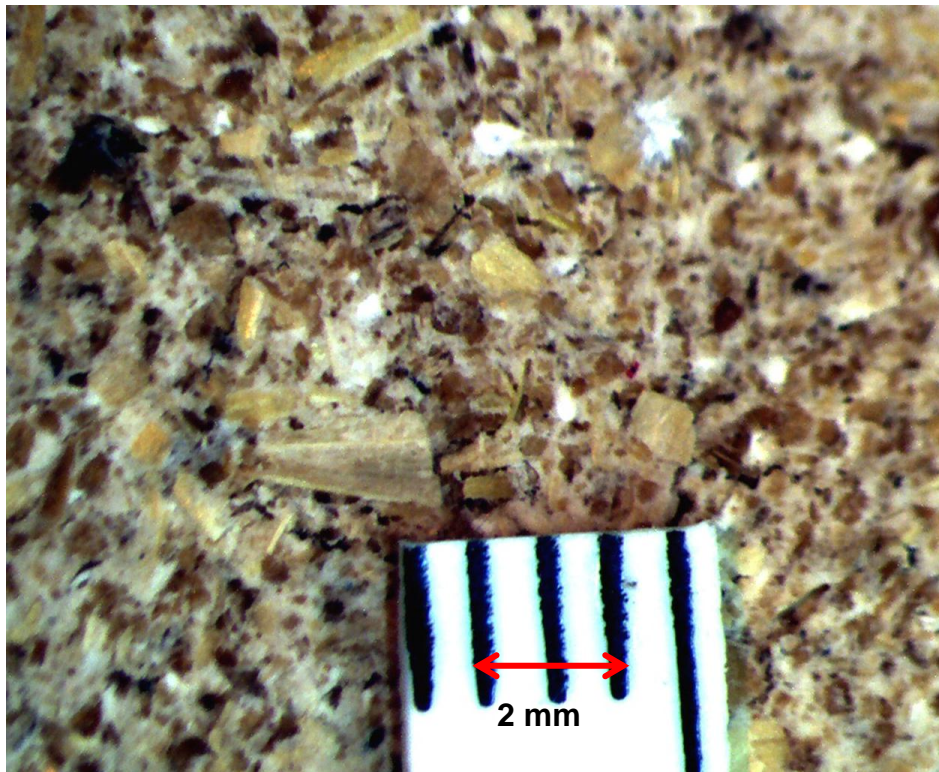
**Figura 19: Corpo de Prova com 5g de cola.**



Fonte: autoria própria.

O mesmo acontece com o corpo de prova com 8g de cola, que pode ser observado na Figura 20, o qual também pode ser visto pontos brancos de aglomerado de cola branca e uma matriz mais homogênea e dispersa igualmente sobre todo corpo de prova.

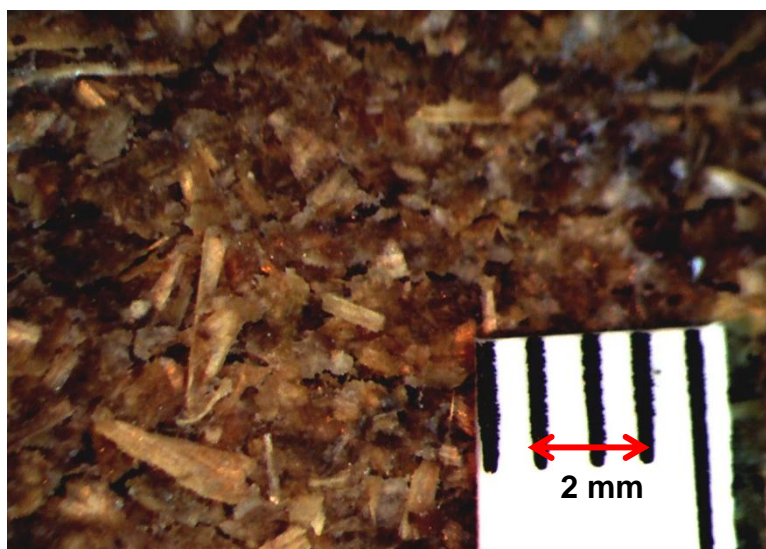
**Figura 20: Corpo de Prova com 8g de cola.**



Fonte: autoria própria.

Já para os corpos de prova com resina epóxi transparente o farelo absorveu uma quantidade de resina com isso não gerando uma matriz homogênea no corpo de prova, regando algumas falhas no corpo de prova, como pode ser observado na Figura 21.

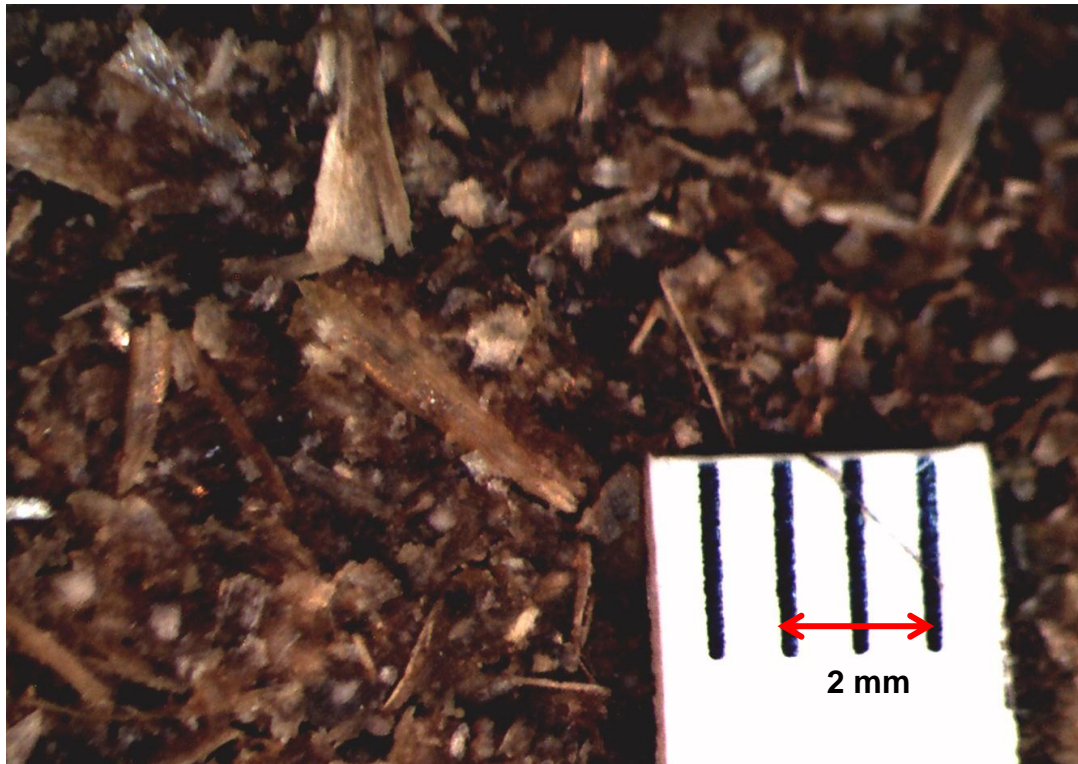
**Figura 21: Corpo de Prova com 5g de resina.**



Fonte: autoria própria.

E para os corpos de prova com 8g de resina epóxi transparente também pode ser visualizado algumas falhas na matriz devido a absorção da resina pelo farelo de cevada, o que então não gerou uma matriz homogênea como pode ser visto na Figura 22.

**Figura 22: Corpo de Prova com 8g de resina.**



**Fonte: autoria própria.**

Comparando as superfícies de todas as misturas de ligantes pode visualizar uma boa diferença da matriz, que nos corpos de provas que foram utilizados cola criou uma matriz bem visível que se dispersou por todo corpo, pode ser visto que os pontos brancos formados são a cola branca que se dispersou por todo corpo de prova formando uma matriz mais homogênea, já nos corpos de prova com resina, a resina foi um pouco absorvida pelo farelo não formando uma matriz tão homogênea

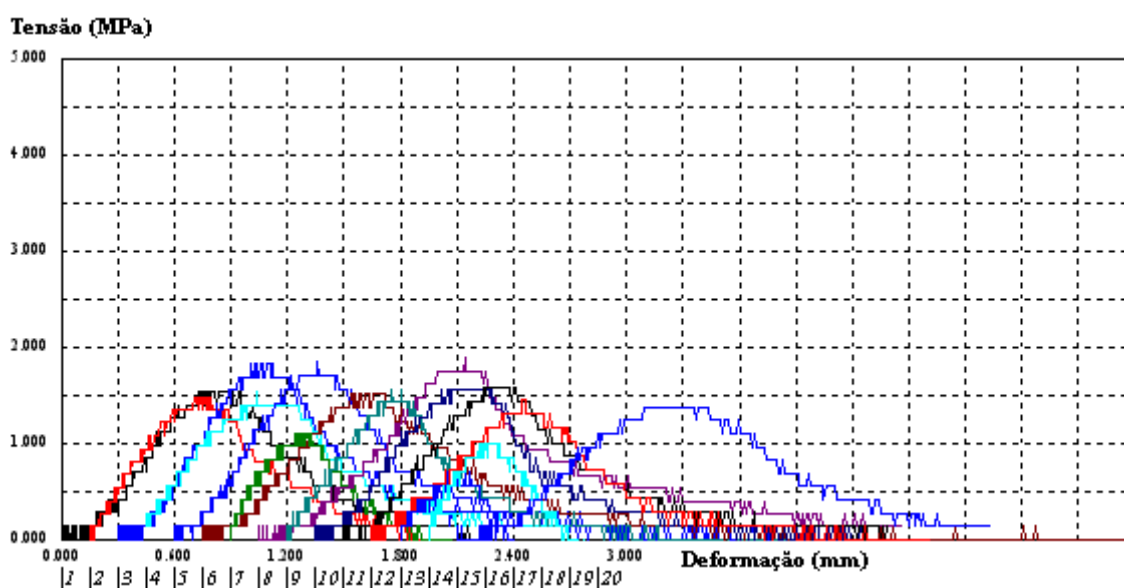
### 6.5.2 Ensaio de Flexão

Os resultados dos ensaios de flexão foram obtidos em forma de gráfico Tensão x Deformação, onde mostram o quanto o material resistiu a força até a sua fratura. O ensaio foi realizado conforme a sequência, dos corpos de prova com 5 gramas de cola, 8 gramas de cola, 5 gramas de resina e 8 gramas de resina.

Os primeiros corpos de prova a serem ensaiados foi então os com 5 gramas de cola, os quais geraram uma média de tensão máxima que suportaram de 1,46 MPa e uma deflexão média de 0,65 mm, tendo corpo de prova que chegou a tensão máxima de 1,88 MPa que foi a maior tensão alcançada.

Os valores dos resultados dos ensaios de todos os corpos de provas podem ser vistos e analisados no Gráfico 7:

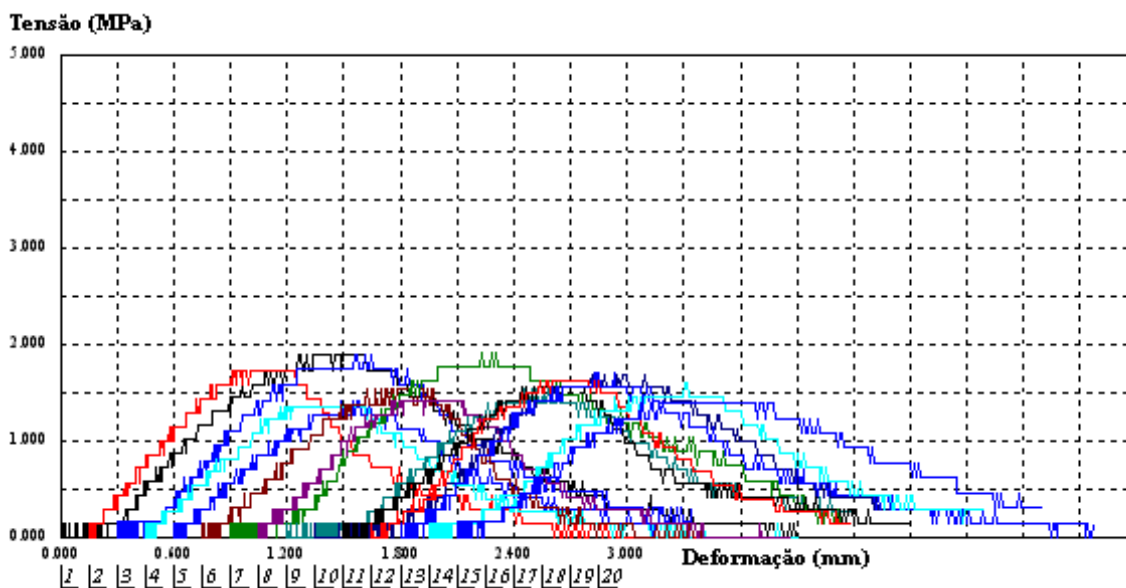
**Gráfico 7: Tensão x Deformação corpos de prova com 5 gramas de cola.**



Fonte: autoria própria.

Seguindo a sequência os corpos de provas ensaiados foram então os com 8 gramas de cola, os mesmos geraram uma tensão máxima média de 1,61 MPa e uma deflexão média de 1,04 mm, teve corpo dessa mistura que alcançou tensão máxima de 1,92 MPa. O resultado dos 15 ensaios realizados com os corpos de provas dessa mistura pode ser visualizado no Gráfico 8:

**Gráfico 8: Tensão x Deformação corpos de prova com 8 gramas de cola.**

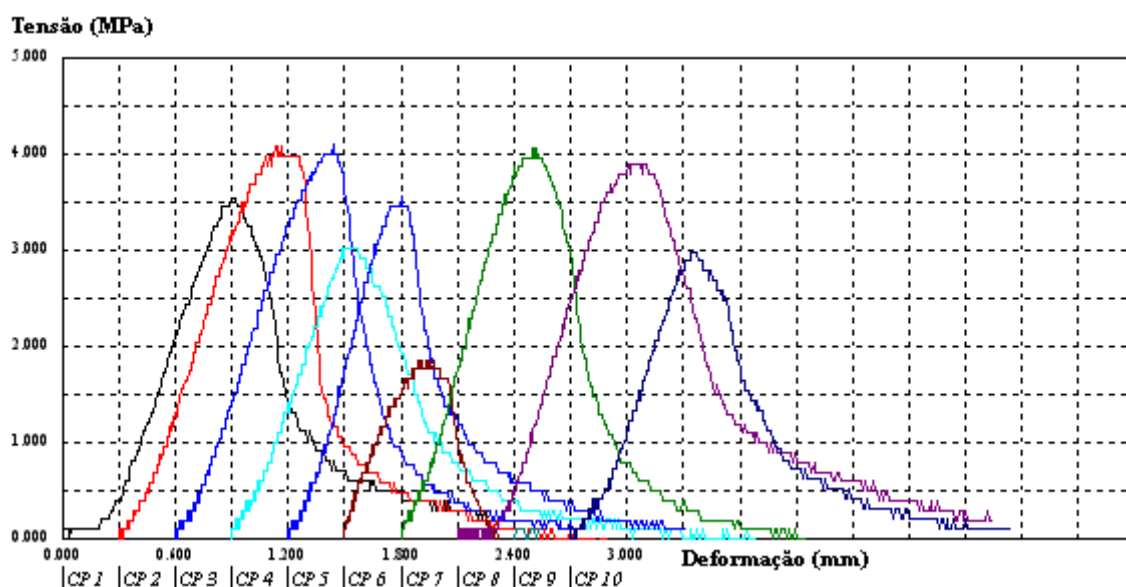


Fonte: autoria própria.

Em seguida foi realizado os ensaios de flexão para os corpos de provas com 5 gramas de resina. Tendo como resultado uma média de tensão máxima de 3,39 MPa e uma média de deflexão de 0,43 mm, tendo valores que chegaram a tensão máxima de 4,10 MPa.

A união de todos os 10 ensaios realizados com a mistura de 5 gramas de resina pode ser observado no Gráfico 9:

**Gráfico 9: Tensão x Deformação corpos de prova com 5 gramas de resina.**

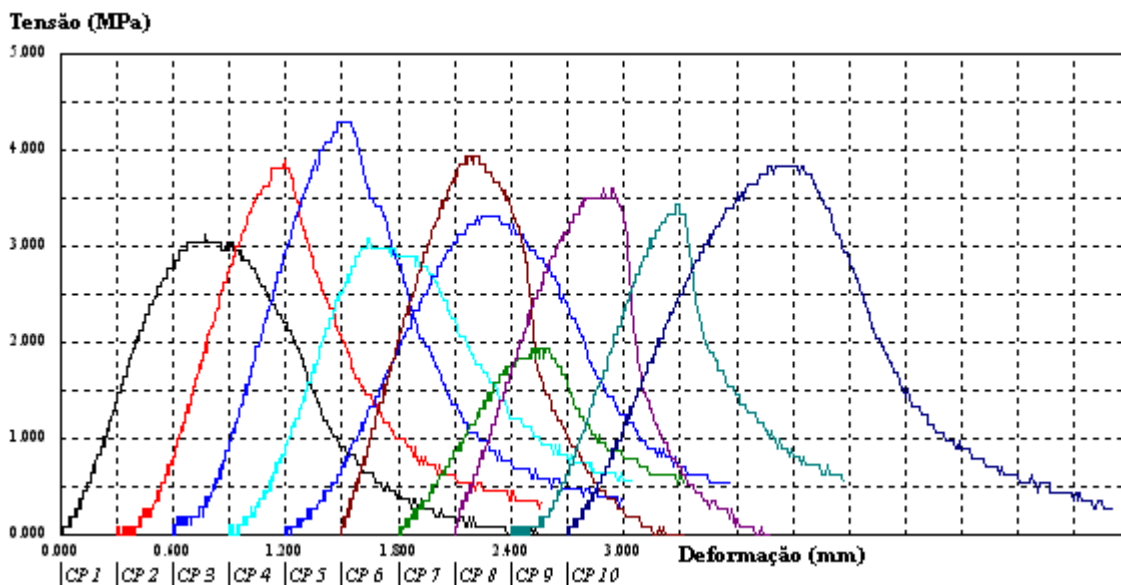


Fonte: autoria própria.



Finalizando os ensaios de flexão com os corpos de provas com 8 gramas de resina, foi possível verificar que a média de tensão máxima para essa mistura foi de 3,44 MPa e a média de deflexão foi de 0,84 mm, com corpo de prova chegando a uma tensão máxima de 4,29 MPa. No Gráfico 10 pode-se visualizar o resultado de todos os 10 ensaios realizados para essa mistura.

**Gráfico 10: Tensão x Deformação corpos de prova com 8 gramas de resina.**



Fonte: autoria própria.

Comparando todos os ensaios de flexões e visível o aumento de tensão suportada pelos corpos de prova fabricados com resina do que os corpos de prova fabricados com cola, esse aumento é crescente o qual tem um aumento com a quantidade de ligante como também a troca de um pelo outro, ou seja, os resultados com os corpo de provas com 8 gramas de cola foram superiores aos resultados dos corpos de prova com 5 gramas de cola, mas os mesmos corpos de prova com 8 gramas de cola tiveram resultados inferiores aos resultados com os corpo de provas com 5 gramas de resina. Essa comparação entre as tensões resultantes e a mistura dos corpos de prova pode ser melhor visualizado na Tabela 2:

**Tabela 2: Comparação entre as médias das Tensões Máximas.**

| Ligante        | Quantidade | Média da Tensão Máxima (MPa) |
|----------------|------------|------------------------------|
| Cola Branca    | 5 g        | 1,46                         |
|                | 8 g        | 1,61                         |
| Resina Acrilex | 5 g        | 3,39                         |
|                | 8 g        | 3,44                         |

**Fonte: autoria própria**

Comparando os valores de Tensão a Flexão encontrado nos ensaios com materiais já utilizados, como MDF que tem sua Tensão a Flexão entre 22 a 28 MPa, ou o MDP que tem uma Tensão a Flexão entre 17 a 21 MPa, pode ser visto que os valores obtidos são inferiores, porém trata-se de um estudo inicial com o farelo de cevada.

### 6.5.3 Ensaio de Densidade Aparente

As medidas e os cálculos realizados para o Ensaio de Densidade Aparente foi possível encontrar os seguintes valores os quais podem ser visualizados nas Tabelas 3, 4, 5 e 6 para as determinadas misturas realizadas:

**Tabela 3: Medidas para os corpos de provas com 5 gramas de cola.**

| Corpo de Prova | m (g) | m <sub>parafina</sub> (g) | M' (g) | $\rho_{AP}$ (g/cm <sup>3</sup> ) |
|----------------|-------|---------------------------|--------|----------------------------------|
| CP1            | 6,13  | 0,52                      | 1,24   | 6,18                             |
| CP2            | 5,70  | 0,45                      | 1,46   | 4,22                             |
| CP3            | 7,17  | 0,48                      | 1,50   | 5,25                             |
| CP4            | 6,77  | 0,49                      | 1,43   | 5,34                             |
| Cp5            | 6,52  | 0,47                      | 1,35   | 5,49                             |

**Fonte: autoria própria.**

**Tabela 4: Medidas para os corpos de provas com 8 gramas de cola.**

| Corpo de Prova | m (g) | m <sub>parafina</sub> (g) | M' (g) | $\rho_{AP}$ (g/cm <sup>3</sup> ) |
|----------------|-------|---------------------------|--------|----------------------------------|
| CP1            | 6,98  | 0,41                      | 1,63   | 4,34                             |
| CP2            | 7,11  | 0,45                      | 1,72   | 4,23                             |
| CP3            | 6,68  | 0,37                      | 1,57   | 4,23                             |
| CP4            | 7,35  | 0,46                      | 1,69   | 4,51                             |
| Cp5            | 6,78  | 0,38                      | 1,64   | 4,09                             |

Fonte: autoria própria.

**Tabela 5: Medidas para os corpos de provas com 5 gramas de resina.**

| Corpo de Prova | m (g) | m <sub>parafina</sub> (g) | M' (g) | $\rho_{AP}$ (g/cm <sup>3</sup> ) |
|----------------|-------|---------------------------|--------|----------------------------------|
| CP1            | 8,96  | 0,67                      | 2,01   | 4,97                             |
| CP2            | 9,62  | 0,75                      | 2,10   | 5,27                             |
| CP3            | 9,03  | 0,82                      | 2,08   | 5,24                             |
| CP4            | 9,42  | 0,80                      | 2,19   | 5,00                             |
| Cp5            | 10,09 | 0,68                      | 2,29   | 4,70                             |

Fonte: autoria Própria.

**Tabela 6: Medidas para os corpos de provas com 8 gramas de resina.**

| Corpo de Prova | m (g) | m <sub>parafina</sub> (g) | M' (g) | $\rho_{AP}$ (g/cm <sup>3</sup> ) |
|----------------|-------|---------------------------|--------|----------------------------------|
| CP1            | 10,28 | 0,77                      | 2,52   | 4,40                             |
| CP2            | 10,41 | 0,71                      | 2,54   | 4,29                             |
| CP3            | 9,24  | 0,71                      | 2,32   | 4,30                             |
| CP4            | 11,34 | 0,83                      | 2,80   | 4,32                             |
| Cp5            | 10,40 | 0,88                      | 2,64   | 4,39                             |

Fonte: autoria Própria.

Para comparação entre as densidades aparentes das misturas realiza-se a média entre os valores encontrados, resultando nos valores da Tabela 7:

**Tabela 7: Médias das Densidades Aparentes das misturas.**

| Mistura       | Média das Densidades Aparentes ( $\rho_{AP}$ ) (g/cm <sup>3</sup> ) |
|---------------|---|
| 5 g de Cola   | 5,29  |
| 8 g de Cola   | 4,28  |
| 5 g de Resina | 5,03  |
| 8 g de Resina | 4,34  |

Fonte: autoria própria.

Comparando os resultados entre as misturas pode visualizar que as densidades aparentes das misturas deram entre 4 e 5 g/cm<sup>3</sup>, a qual teve maior densidade foi a mistura com 5 gramas de cola e a com menor densidade foram os corpos de prova com 8 gramas de cola, com isso pode-se concluir que alterando o tipo de ligante não teve alteração significativas nos resultados.

#### 6.5.4 Ensaio de Absorção de Água e Ensaio de Inchamento

Nesse ensaio inicialmente foram encontrado as medidas do material de massa seca ( $m_s$ ), largura seca ( $L_s$ ) e espessura seca ( $E_s$ ), e então os corpos de provas foram mergulhados em água por 24 horas e geraram as medidas de massa inchada ( $m_i$ ), largura inchada ( $L_i$ ) e espessura inchada ( $E_i$ ), as quais geraram as seguintes medidas para as misturas conforme as Tabelas 8, 9, 10 e 11:

**Tabela 8: Medidas dos corpos de prova seco com 5 gramas de cola.**

| Corpo de Prova | $m_s$ (g) | $L_s$ (mm) | $E_s$ (mm) |
|----------------|-----------|------------|------------|
| CP1            | 6,27      | 19,15      | 10,30      |
| CP2            | 7,27      | 18,75      | 10,35      |
| CP3            | 6,69      | 19,20      | 10,40      |
| CP4            | 6,49      | 17,90      | 10,45      |
| CP5            | 7,44      | 19,05      | 10,20      |

Fonte: autoria própria.

**Tabela 9: Medidas dos corpos de prova com 8 gramas de cola.**

| Corpo de Prova | $m_s$ (g) | $L_s$ (mm) | $E_s$ (mm) | $m_i$ (g) | $L_i$ (mm) | $E_i$ (mm) |
|----------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| CP1            | 6,29      | 18,45      | 9,95       | 9,56      | 21,15      | 10,00      |
| CP2            | 7,86      | 19,25      | 9,90       | 12,49     | 22,65      | 10,00      |
| CP3            | 7,83      | 19,65      | 10,00      | 12,28     | 22,85      | 11,40      |
| CP4            | 7,50      | 20,10      | 10,00      | 11,47     | 24,20      | 10,90      |
| CP5            | 7,98      | 20,00      | 9,95       | 12,59     | 23,65      | 10,95      |

Fonte: autoria própria.

**Tabela 10: Medidas dos corpos de prova com 5 gramas de resina.**

| Corpo de Prova | $m_s$ (g) | $L_s$ (mm) | $E_s$ (mm) | $m_i$ (g) | $L_i$ (mm) | $E_i$ (mm) |
|----------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| CP1            | 9,95      | 24,20      | 10,80      | 14,48     | 26,55      | 11,60      |
| CP2            | 9,57      | 23,90      | 10,95      | 13,50     | 25,00      | 11,60      |
| CP3            | 9,48      | 23,75      | 10,95      | 13,46     | 26,00      | 11,40      |
| CP4            | 10,15     | 23,80      | 10,90      | 14,22     | 25,80      | 11,60      |
| CP5            | 9,40      | 22,80      | 10,85      | 13,21     | 25,85      | 11,55      |

Fonte: autoria própria.

**Tabela 11: Medidas dos corpos de prova com 8 gramas de resina.**

| Corpo de Prova | $m_s$ (g) | $L_s$ (mm) | $E_s$ (mm) | $m_i$ (g) | $L_i$ (mm) | $E_i$ (mm) |
|----------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| CP1            | 10,35     | 26,10      | 10,80      | 13,17     | 28,25      | 11,30      |
| CP2            | 11,31     | 26,55      | 10,95      | 14,50     | 28,30      | 11,40      |
| CP3            | 11,61     | 26,55      | 10,95      | 15,03     | 28,35      | 11,40      |
| CP4            | 10,66     | 26,00      | 10,90      | 13,65     | 27,95      | 11,35      |
| CP5            | 11,11     | 26,60      | 10,85      | 14,73     | 29,30      | 11,40      |

Fonte: autoria própria.

Porém devido a cola se dissolver em água os corpos de provas com 5 gramas de cola não resistiram muito as 24 horas de banho e começaram a se dissolver, gerando formatos que não foram possíveis obter as medidas, como mostra a Figura 23.

**Figura 23: Corpos de Prova com 5 gramas de cola após as 24 horas de banho.**

Fonte: autoria própria.

Com todos esses valores foi possível então calcular a porcentagem de absorção de água ( $A_m$ ) utilizando a Equação (2), a porcentagem de inchamento na largura ( $i_L$ ) usando a Equação (3) e a porcentagem de inchamento da espessura ( $i_E$ ) utilizando a equação (4), os resultados dos cálculos podem ser observados nas Tabelas 12, 13 e 14, para a mistura com 5 gramas de cola não foi possível realizar os cálculos devido não ter as medidas do material inchado.

**Tabela 12: Resultado dos cálculos para os corpos de prova com 8 gramas de cola.**

| Corpo de Prova | $A_m$ (%) | $i_L$ (%) | $i_E$ (%) |
|----------------|-----------|-----------|-----------|
| CP1            | 51,98     | 14,63     | 0,50      |
| CP2            | 58,65     | 17,66     | 1,01      |
| CP3            | 56,83     | 16,28     | 14        |
| CP4            | 52,93     | 20,39     | 9         |
| CP5            | 57,76     | 18,25     | 10,05     |

Fonte: autoria própria.

**Tabela 13: Resultado dos cálculos para os corpos de prova com 5 gramas de resina.**

| Corpo de Prova | $A_m$ (%) | $i_L$ (%) | $i_E$ (%) |
|----------------|-----------|-----------|-----------|
| CP1            | 45,52     | 9,71      | 6,91      |
| CP2            | 41,06     | 4,60      | 6,91      |
| CP3            | 41,98     | 9,47      | 5,06      |
| CP4            | 40,09     | 7,75      | 6,42      |
| CP5            | 40,53     | 13,37     | 5,96      |

Fonte: autoria própria.

**Tabela 14: Resultado dos cálculos para os corpos de prova com 8 gramas de resina.**

| Corpo de Prova | $A_m$ (%) | $i_L$ (%) | $i_E$ (%) |
|----------------|-----------|-----------|-----------|
| CP1            | 27,24     | 8,23      | 4,62      |
| CP2            | 28,20     | 6,59      | 4,10      |
| CP3            | 29,45     | 6,77      | 4,10      |
| CP4            | 28,04     | 7,50      | 4,12      |
| CP5            | 32,58     | 10,15     | 5,06      |

Fonte: autoria própria.

Comparando os valores encontrados nos cálculos pode ser visto que os corpos de prova que foram utilizados resina como ligante tiveram uma menor absorção de água, isso devido ser um material mais resistente à diluição em água e também gerar uma camada protetora sobre o farelo da cevada, o que nos corpos de prova com cola já não acontece, pois como a cola se dissolve mais facilmente em água e não gera uma camada protetora tão eficaz os corpos de provas absorvem uma quantidade maior de água podendo até se dissolver e perder a forma do mesmo.

Realizando as médias dos valores de absorção de água pode visualizar facilmente essa diminuição de absorção, como pode ser visto na Tabela 15:

**Tabela 15: Média dos valores de absorção de água.**

| Quantidade de ligante | Média da absorção de água (%) |
|-----------------------|-------------------------------|
| 8 g de cola           | 55,63                         |
| 5 g de resina         | 41,83                         |
| 8 g de resina         | 29,10                         |

**Fonte: autoria própria.**

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Analisando o resultado de todos os ensaios é perceptível que os resultados dos corpos de prova com o material ligante resina epóxi transparente tiveram um melhor desempenho em relação aos corpos de provas fabricados com cola branca, porém quando compara-se o custo do ligante esses resultados não foram suficiente para suprir um resultado eficaz, devido ao valor da resina epóxi transparente ser praticamente 10 vezes mais cara que o valor da cola branca..

- Mas dentro das misturas com mesmo ligante foi possível visualizar um desempenho melhor do material quando era aumentada a quantidade de ligante, isso se conclui que aumentando a quantidade de ligante é capaz de aumentar também as suas propriedades, ou seja, até encontrar o limite ligante que o farelo de cevada consiga solubilizar, gerando então o material com as melhores propriedades.

- Conclui-se que a mistura que teve melhor rendimento foi a mistura com as 15 gramas de farelo de cevada misturado com 8 gramas de resina. Essa mistura foi a que teve a maior tensão máxima no ensaio de flexão, uma densidade aparente mais homogênea entre os corpos de prova e também menor absorção de água entre as misturas.



## REFERÊNCIAS

ALVES, Liria. **Epóxidos**. 2008. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/química/epoxidos.htm>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

ARTESANATO E RECICLAGEM. **Dicas de artesanato com vidro líquido**. 2014. Disponível em: <<http://www.artesanatoereciclagem.com.br/4655-dicas-de-artesanato-com-vidro-liquido.html>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

ASKELAND, Donald R.; PHULÉ, Pradeep P.. **Ciência e engenharia dos materiais**. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 594 p.

CALLISTER, William D.. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2002. 589 p.

CANCELA, Fabiano. **Conheça os principais tipos de cola para seus projetos**. 2014. Disponível em: <<http://blog.fazedores.com/tipos-de-cola/>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

CARRISSO, Regina Coeli C.. Classificação e peneiramento. In: CHAVES, Arthur Pinto. **Tratamento de minérios**. 4. ed. Rio de Janeiro: Signus, 2004. Cap. 5. p. 197-238. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/baccan/files/2012/11/Cap-5-Peneiramento.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 17.

CONSTRUINDO DE COR. **Tudo sobre resina epóxi**. 2014. Disponível em: <<http://construindodecor.com.br/tudo-sobre-resina-epoxi/>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

CRUSHER, Hj. **Moinho de bolas**. 2011. Disponível em: <<http://www.hjcrusher.com.pt/1-ball-mill-1.html>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

EMBRAPA. **Cultivo de cevada**. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/trigo/cultivos/cevada>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

EMBRAPA. **A Cevada no Brasil**. 2012. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do139\\_4.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do139_4.htm)>. Acesso em: 16 ago. 2017.

ELEOTÉRIO, Jackson Roberto. **Propriedades físicas e mecânicas de painéis MDF de diferentes densidades e teores de resina**. 2000. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Madeiras, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

FIGUEIRA, Hedda Vargas; ALMEIDA Salvador Luiz de; LUZ, Adão Benvindo da; Cominuição; In: **Tratamento de minérios**. Rio de Janeiro. Centro de Tecnologia Mineral, 2004; Capítulo quatro.

GARCIA, Amauri. **Ensaio dos materiais**. Rio de Janeiro: Ltc, 1999. 247 p.

HORIZONTE, Bazar. **Verniz vidro crystal**. 2007. Disponível em: <<http://www.bazarhorizonte.com.br/verniz-vidro-crystal/p#>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

NITZKE, Júlio Alberto. **Cevada: características botânicas**. 2013. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/afeira/materias-primas/cereais/cevada/caracteristicas-botanicas>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

PINHAL. **O que é epoxi ?** 2009. Disponível em: <<http://www.colegiodearquitetos.com.br/dicionário/2009/02/o-que-e-epóxi/>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

RODRIGUES, Edmundo. **Análise granulométrica**. 2006. Disponível em: <[http://netulio.weebly.com/uploads/9/0/6/6/9066781/caracterizao\\_agregados.pdf](http://netulio.weebly.com/uploads/9/0/6/6/9066781/caracterizao_agregados.pdf)>. Acesso em: 01 nov. 2017.

SILVA, Christiane Ribeiro da. **Determinação de granulometria de rom e britagem por análise de imagens**. 2014. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/114441/000953334.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 1 nov. 2017.

SILVA, Joab Trajano. **A química da cola**. 2011. Disponível em: <<http://chc.org.br/a-química-da-cola/>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

SILVA, Juliana Aliques de Oliveira. **Modelagem do moinho de bolas de rocha fosfática da empresa Anglo American Fosfatos Brasil utilizando a ferramenta moly-cop tools**. 2014. 88 f. Monografia (Especialização) - Curso de Tratamento de Minérios, Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2014. Disponível em: <[https://cetm\\_engminas.catalao.ufg.br/up/596/o/Juliana\\_Aliques\\_de\\_Oliveira\\_Silva.pdf](https://cetm_engminas.catalao.ufg.br/up/596/o/Juliana_Aliques_de_Oliveira_Silva.pdf)>. Acesso em: 14 nov. 2017.

SOUZA, Sérgio Augusto de. **Ensaio mecânicos de materiais: fundamentos teóricos e práticos**. São Paulo: Edgar Clucher, 1998. 283 p.

STREIT, Ana Fabrícia e Fernanda. **Redução de tamanho moagem**. 2005. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/optransf/moagem.htm>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

SUMMERS, Vincent. **Usos do acetato de polivinila**. 2014. Disponível em: <[http://www.ehow.com.br/usos-acetato-polivinila-info\\_277463/](http://www.ehow.com.br/usos-acetato-polivinila-info_277463/)>. Acesso em: 15 ago. 2017.