

APLICAÇÃO DE BIOMATERIAL NO DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGEN PACK

Vinicius Campos Silva

Leandro Cardoso da Silva

Faculdade de Tecnologia Senai Roberto Simonsen, Rua Monsenhor Andrade, 298 – Brás – São Paulo/SP – CEP 03008-000

Antônio Carlos de Carvalho

Faculdade de Tecnologia Senai Roberto Simonsen, Rua Monsenhor Andrade, 298 – Brás – São Paulo/SP – CEP 03008-000

Norberto Gonçalves Neto

Faculdade de Tecnologia Senai Roberto Simonsen, Rua Monsenhor Andrade, 298 – Brás – São Paulo/SP – CEP 03008-000

Carlos Cesar Pestana

Faculdade de Tecnologia Senai Roberto Simonsen, Rua Monsenhor Andrade, 298 – Brás – São Paulo/SP – CEP 03008-000

Nelis Evangelista

Faculdade de Tecnologia Senai Roberto Simonsen, Rua Monsenhor Andrade, 298 – Brás – São Paulo/SP – CEP 03008-000

Resumo: Com o acelerado desenvolvimento da indústria sempre focando em seus objetivos, acredito que os materiais usados atualmente não foram desenvolvidos para serem absorvidos pelo nosso ecossistema. Um exemplo é o plástico e os papeis onde há um descarte e uma reutilização muito ineficiente por serem materiais centralizados de cadeias com processos químicos onde a extração destes materiais tem um processo com alto nível de emissão de carbono. Com isso o biomaterial o qual é objeto deste estudo standard é um biomaterial 100% compostável após 12 semanas e totalmente novo criado pela empresa GROWPACK, uma startup de embalagens, cuja principal matéria prima é a palha do milho com aspecto semelhante ao papelão, porém com muito mais funcionalidades. Este estudo consiste em fazer um ensaio de tração conforme a norma TAPPI T494 om-01 (2006), e com os resultados traçar a curva de tensão x deformação do biomaterial, criando e parametrizando esse biomaterial no software SolidWorks. Com este biomaterial criado e parametrizado será realizada a análise estrutural através de elementos finitos e assim conceber a geometria de acordo com os parâmetros de projeto, visando economia de custo e material através da análise de elementos finitos e promovendo novas possibilidades de geometrias para novos tipos de embalagens sustentáveis.

Palavras-chave: Analise elementos finitos; Ansys; Biomaterial; Caracterização de Biomaterial.

1. INTRODUÇÃO

Com o acelerado desenvolvimento da indústria e o atual cenário no qual vivemos, é notória a necessidade do desenvolvimento de biomateriais para o nosso ecossistema juntamente com a necessidade de criar novos materiais. Também percebemos a necessidade de aplicação da engenharia junto ao desenvolvimento destes novos materiais e assim parametrizar e calcular pontos importantes como; resistência e necessidades estruturais às quais o material será aplicado.

Com auxílio das ferramentas de simulação por elementos finitos conseguimos atender a necessidades da indústria em desenvolver novos materiais e tecnologias pois, com a competitividade e necessidade de se adequar ao mercado e ao cenário que nosso meio ambiente se encontra, é necessário ter agilidade muito elevada para garantir a qualidade e confiabilidade do produto. Devido a isso é comum ver as empresas adotando e utilizando ferramentas computacionais que ajudam a parametrizar e testar estes projetos por meio da simulação computacional, assim ganhando tempo e garantindo maior qualidade.

Uma das grandes vantagens em adotar o uso destas ferramentas na engenharia é a diminuição do custo do produto, pois antigamente era muito caro fazer ensaios mecânicos em um material e testá-lo em determinada aplicação. Com a ferramenta de simulação computacional abrem-se novos horizontes de como ajustar a geometria da melhor forma possível para que o projeto consiga melhorar seu desempenho podendo diminuir a quantidade de material no produto ou a troca de material sem necessidade de fazer protótipos físicos.

Os sistemas cad/cae surgiram na década de 60 pela primeira vez, como também o termo elemento finito, “mencionados no artigo *The finite element method in plane stress analysis* de Campos (2006)” e o uso da tecnologia através de sistemas de computadores para realizar estudos de desenhos e simulação de modelos virtuais.

Este artigo tem como objetivo fazer um estudo de elementos finitos, com apoio da empresa Growpack e o CTK (Centro de tecnologia Klabin). As amostras serão submetidas ao ensaio de tração seguindo a norma regulamentadora e para analisar a curva de tensão x deformação e aplicar o mesmo em um software de simulação por meio de elementos finitos e caracterizar na plataforma, algo jamais feito com este material pois se trata de um estudo standard.

O material utilizado para estudo é um material feito através do processo de polpa moldada em uma empresa no interior de São Paulo na cidade de Vinhedo. A empresa é uma startup que desenvolveu este material tendo como sua principal matéria prima a palha do milho, que se trata de um material único e totalmente novo e que oferece uma gama de aplicações em que pode ser utilizado com grande apelo para substituição do plástico em alguns casos.

A intenção deste estudo é que, após caracterizar o biomaterial no software, seja possível aumentar sua aplicabilidade e fazer simulações, possibilitando a economia de material e melhores geometrias, para obter embalagens e aplicações resistentes testadas por meio do software.

2. MATERIAL

O biomaterial é produzido através do processo de polpa moldada conforme a “fig 1”. Sua principal matéria prima é a palha do milho, um biomaterial 100% compostável após 12 semanas, que se assemelha muito ao papelão, porém tem características que aplicam vantagens e mais funcionalidades como: utilização em forno micro-ondas, forno, freezer e o mesmo é resistente em até 36 horas em contato com líquidos.

A produção é uma tecnologia 100% mecânica, não há cozimento químico, assim reduzindo a emissão de gás carbônico e se tornando ainda mais atraente e sustentável para o meio ambiente.

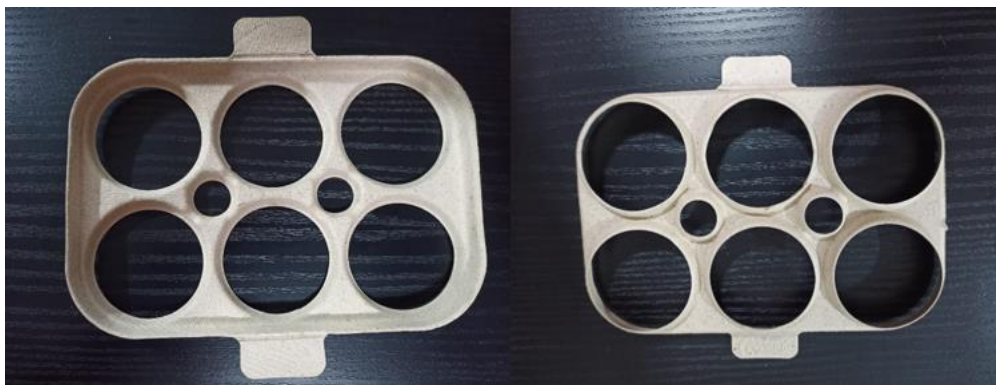


Figura 1. Embalagem Growpack frente e verso (Elaborado pelo autor)

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada no artigo se consistiu em três etapas: Desenvolvimento do modelo 3D no software SolidWorks; Ensaio de tração seguindo a norma TAPPI T494 om-01 (2006); Caracterização do material e análise estrutural no software Ansys.

3.1. MODELAMENTO TRIDIMENSIONAL (CAD)

O modelamento tridimensional é a representação matemática de qualquer superfície tridimensional de um objeto ou peça. Através de um software conseguimos confeccionar o modelo tridimensional paramétrico. Com esta ferramenta podemos construir diversos tipos de peças e conjuntos para variadas áreas de aplicação.

O modelo 3D é uma premissa obrigatória para fazermos nossa análise estrutural, pois o software Ansys utiliza o modelo paramétrico para análise estrutural.

No desenvolvimento do modelo 3D utilizou-se o software SolidWorks, e o procedimento de modelamento constituiu-se em utilizar o pack fabricado, no qual fizemos o controle dimensional e assim confeccionamos o modelo 3D como representado na “figura 2”.



Figura 2. Imagem do modelamento tridimensional (Elaborado pelo autor)

3.2. ENSAIO DE TRAÇÃO

O ensaio utilizado é um ensaio mecânico destrutivo, o “corpo de prova é fixado numa máquina de ensaio que aplica esforços crescentes na sua direção axial, sendo medidas as deformações correspondentes por intermédio de um aparelho especial, os esforços ou cargas são medidos na própria máquina de ensaio e o corpo de prova é levado até a sua ruptura (Souza, 2000).” Os dados quantitativos das características mecânicas do material geram um gráfico de tensão por deformação ou carga por deslocamento.

Os corpos de provas seguem dimensões especificados por normas regulamentadoras.

Durante o ensaio, é aplicada uma força e o deslocamento é medido e a tensão aplicada é calculada com a seguinte fórmula:

$$\text{Tensão} = \text{Força (N)} / \text{Area (M}^2\text{)}$$

Gerando um gráfico de tensão por deformação ou carga por deslocamento como demonstrado na “figura 3” um diagrama didático para exemplo.

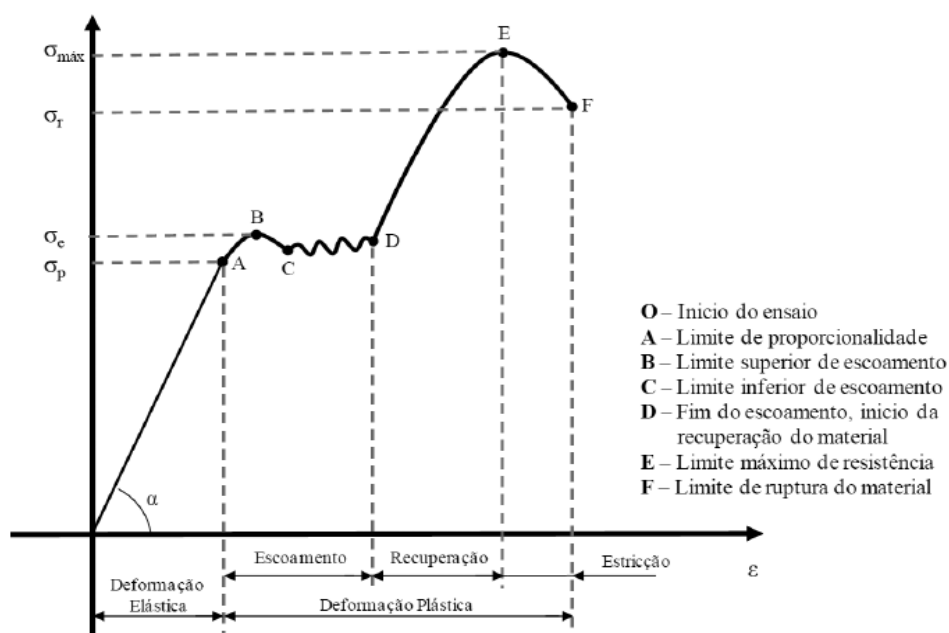


figura 3. Diagrama didático tensão por deformação (Melconian, 2020)

A norma aplicada para obter os resultados foi baseada na norma TAPPI T494 om-01 (2006). O equipamento utilizado para o ensaio de tração foi o Instron, modelo 3365 do centro de tecnologia da KLABIN conforme “figura 4”.

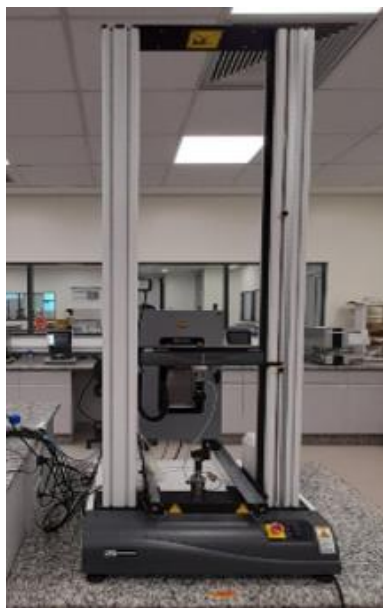


Figura 4. Equipamento utilizado para o ensaio de tração Instron modelo 3365 (Elaborado pelo autor)

3.3. ENSAIO DE TRAÇÃO, PARÂMETROS E PROCEDIMENTOS

A quantidade de amostras submetidas ao ensaio de tração foram três, com medidas de $0,8 \pm 0,1$ mm de espessura, comprimento de 145 ± 5 mm. Sabe-se que a norma pede 180 mm de comprimento, entretanto devido ao fato de não termos o material nesse comprimento, foi usado o comprimento citado e a largura de $25 \pm 0,1$ mm e a taxa de separação das garras foi de 25 ± 5 mm/min.

Seguindo os parâmetros citados, conseguimos três resultados, gerando três gráficos individuais de carga (N) x deslocamento (mm), conforme a “figura 5”.

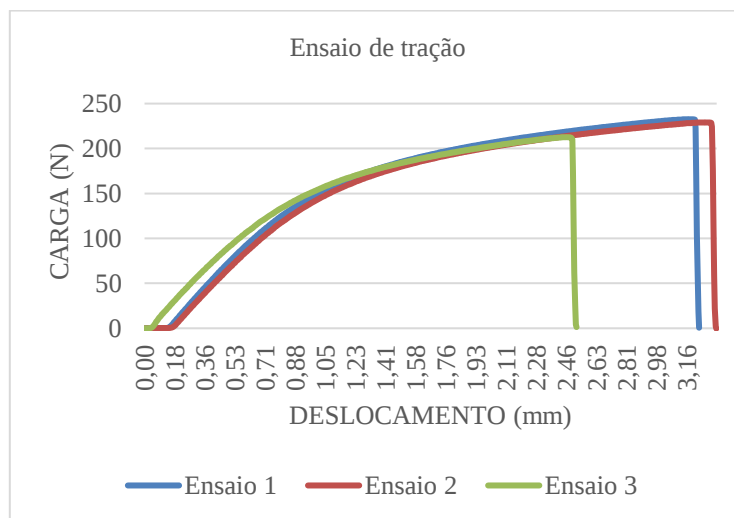


Figura 5. Resultado do ensaio de tração (Elaborado pelo autor)

Com os resultados imputamos as características no software Ansys e conseguimos criar o nosso biomaterial, assim aplicamos uma carga simulando as latas, no qual a pack é submetido em seu uso.

4. NORMALIZAÇÃO

A normalização tem por objetivo definir padrões para a execução dos ensaios, garantindo que os resultados obtidos possam ser comparáveis e compatíveis.

A definição da norma TAPPI T494 om-01 (2006), descreve o procedimento a ser seguido, o qual indica que deve ser utilizado um equipamento de taxa constante de alongação, afim de informar quatro propriedades: ruptura de tração, resistência a tração, absorção de energia e tração rigidez.

Os parâmetros da norma determinam que; as superfícies das duas garras devam estar no mesmo plano e alinhadas de modo que suportem o teste, as linhas de fixação devam ser paralelas entre si dentro de um ângulo de $\pm 1^\circ$, a taxa de separação das garras deve ser de 25 ± 5 mm/min, 10 amostras com medidas de 25 ± 1 mm de largura e o comprimento de $180\text{mm} \pm 5\text{mm}$.

5. ANÁLISE ESTRUTURAL POR ELEMENTOS FINITOS (MEF)

“Por intermédio de técnicas numéricas como o método de elementos finitos podemos determinar o comportamento estrutural de componentes e conjuntos utilizando os softwares de análises, esses requerem o conhecimento das propriedades dos componentes e assim conhecendo o carregamento atuante (forças) e as premissas do projeto, o uso do método de elementos finitos revela-se como um grande diferencial, reduzindo os prazos e enxugando os custos, desenvolvendo assim o poder competitivo (Alves Filho, 2005)”.

Para as atividades de engenharia os engenheiros e projetistas são colocados a todo o momento frente à desafios aos quais precisam resolver com agilidade e confiabilidade para atender as necessidades da indústria. Um dos principais intuitos de desta simulação por elementos finitos para o artigo é garantir que o biomaterial suporte estruturalmente a carga solicitada e assim avaliar se há possibilidade de melhoria em sua geometria para se tornar mais resistente e poder aumentar sua amplitude onde o material pode ser utilizado.

O método de elementos finitos (MEF) é uma ferramenta de análise estrutural que se consegue simular muitos tipos de sistemas de diferentes áreas e geometrias. Com isso, vem sendo muito utilizado por engenheiros e profissionais que necessitam executar análises computacionais.

O campo de atuação do MEF é muito amplo, alguns exemplos de análises que podem ser executadas são: análise estática, análise linear e não linear, análise de fadiga, análise de fluidos, entre outros.

Para executar essas análises de forma correta e obter resultados satisfatórios, necessita-se ter conhecimento da idealização dos sistemas que são subdivisões do “sistema complexo” em vários sistemas mais simples, para-se obter a solução combinando os dados parciais obtidos. O processo de discretizar o “sistema complexo” em subdivisões é ter seus componentes individuais sendo ideia principal do MEF. A partir do conhecimento de cada elemento é possível entender o comportamento de um conjunto por mais complexo que seja.

A discretização do sistema consiste na subdivisão dos elementos como mencionado, as subdivisões podem ser triangulares, quadriláteras, hexaedros entre outros, que são conhecidos como malha, esses elementos finitos são conectados uns aos outros por pontos de conexão que são chamados de nós, como mostrado no exemplo da “figura 6”.

“Podemos dizer que a malha é a representação da união de elementos finitos, que para conseguirmos resultados coerentes necessitamos de um bom refinamento, pois alguns fatores da malha estão diretamente ligados a precisão dos resultados e de forma geral com os deslocamentos desses nós avalia-se a resistência da estrutura analisada (Alves Filho, 2005)”.

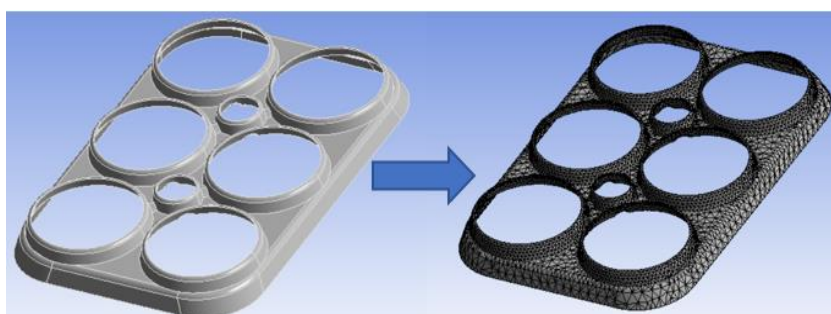


Figura 6. Exemplo de criação de malha e nós (Elaborado pelo autor)

As maiores vantagens da ferramenta engenharia auxiliada por computador (CAE) são: redução do ciclo de desenvolvimento de produto, redução de custos com testes, aumento de possibilidades de novas geometrias e materiais e redução de riscos estruturais.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL

Para criar o material no software escolhemos a curva média e imputamos os valores conforme mostra a “tabela 1”, a curva tensão x deformação ficou conforme a “figura 7”.

Tabela 1. Propriedades e valores, para caracterização do biomaterial no software ANSYS (Elaborado pelo autor)

PROPRIEDADES	VALORES
ISOTROPIC ELASTICITY	
MÓDULO DE YOUNG	1,3863E+09 Pa
RAZÃO DE POISSON	0,14
MÓDULO DE BULK	6,4181E+08
MÓDULO DE SHEAR	6,0803E+08
RESISTÊNCIA À TENSÃO	15,258 Pa
RESISTÊNCIA MÁXIMA À TENSÃO	219,61 Pa

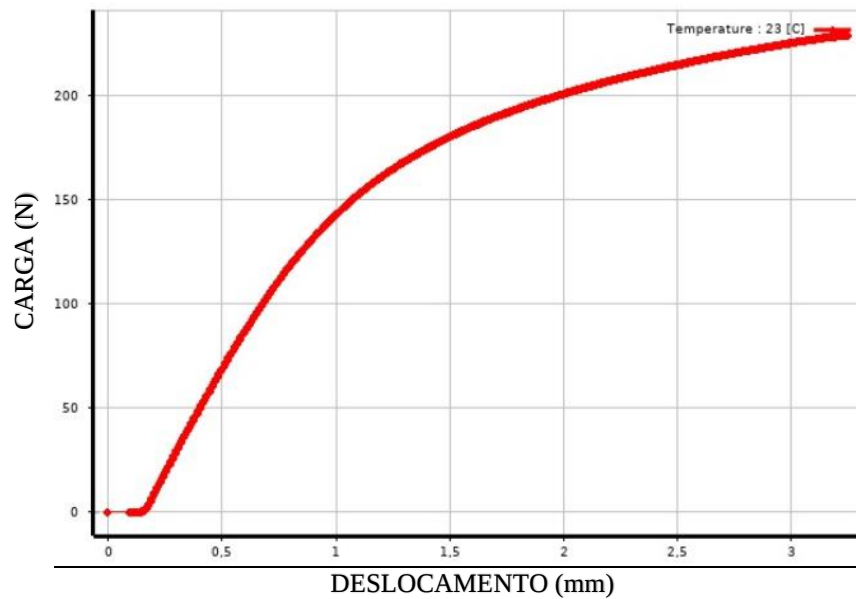


Figura 7. Gráfico tensão x deformação utilizado para caracterização do material (Elaborado pelo autor)

5.3 MALHA

Os parâmetros utilizados para gerar a malha foi uma malha de 2º ordem de formato tetraédrico, onde na região de apoio utilizamos um dimensionamento de 2 mm e no corpo geral do pack de 5mm. O software utilizado foi o Ansys e conseguimos o resultado da malha conforme a “figura 8”.

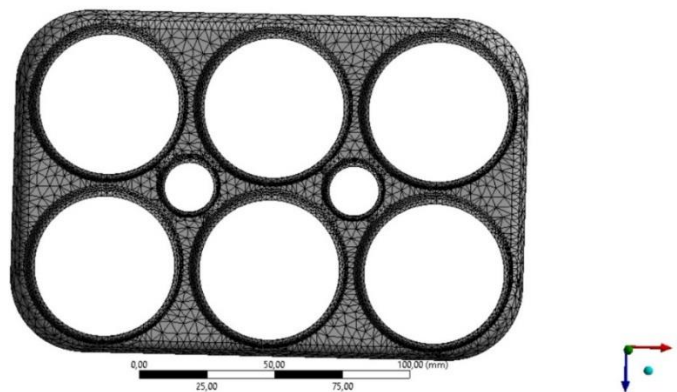


Figura 8. Malha gerada no software ANSYS (Elaborado pelo autor)

5.2 ANÁLISE ELEMENTOS FINITOS

Para fazermos a simulação estrutural utilizamos as seguintes premissas: fixamos os 2 pontos de apoio que são os furos menores e aplicamos 6 forças simulando o peso das latas de 368 gramas, conforme a “figura 9”.

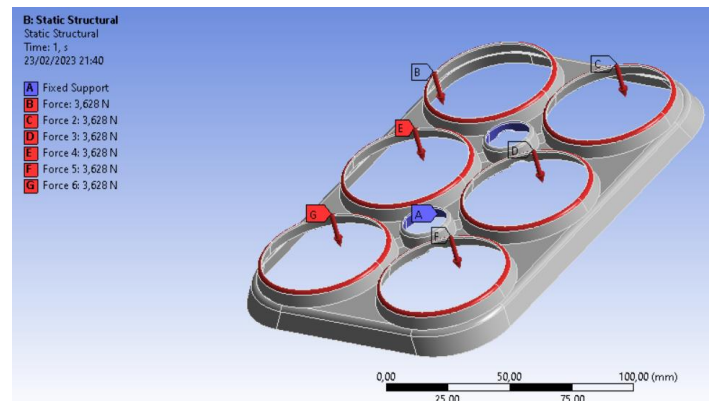


Figura 9. Aplicação das forças no pack (Elaborado pelo autor)

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do ensaio de tração se encontram na “figura 5”. A amostra número 1 teve menor deformação plástica e suportou uma menor carga aplicada, já a amostra 2 e 3, se comportaram de forma muito semelhante, assim mostrando a homogeneidade do biomaterial.

Foi feita uma comparação entre o papelão e o biomaterial pelo fato de sua semelhança, conforme Magalhães, Figueiredo e Dedini (2006), na qual chegaram ao resultado de que a resistência à tração do papel-miolo reciclado com gramatura de 170 g/m^2 é de $\pm 7,74 \text{ kN/m}$. Chegou-se ao resultado de que o biomaterial tem uma resistência à tração de $\pm 8,07 \text{ kN/m}$. Desta forma, nota-se que além de uma resistência tão boa quanto a resistência do papel-miolo, o biomaterial tem vantagens em seu descarte por se tratar de um biomaterial 100% compostável após 12 semanas e ter como sua matéria prima a palha do milho.

Para análise dos resultados encontrados não foi utilizado como parâmetro de validação o limite de escoamento do material, por se tratar de um biomaterial que se assemelha ao papelão no qual o limite de escoamento é muito baixo (limite de escoamento é a transição da fase elástica para deformação plástica). Com a análise do resultado podemos ver que nosso pack faz a transição da fase elástica para a deformação plástica e ainda sim, o biomaterial não chega a se romper, não perdendo a função mecânica do pack.

Levando-se em consideração esta correlação é mais coerente considerarmos a tensão máxima da curva para validação do resultado. Utilizar a premissa de tensão máxima da curva é mais coerente pois o material entra na zona elástica tendendo a se romper e assim eliminar a função do pack, tendo em vista que o biomaterial analisado é descartável e utilizado apenas uma vez.

Chegou-se ao seguinte resultado no qual o pack obteve uma deformação máxima de 4,14mm conforme a figura 10, e assim pode-se validar que ele está apto para executar a sua função mecânica.

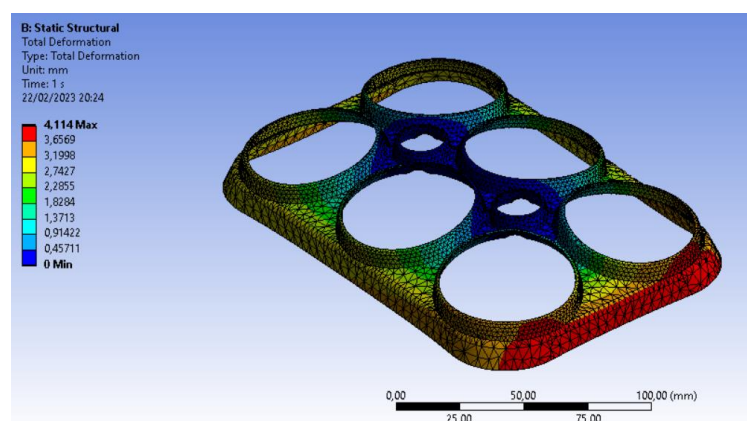


Figura 10. Resultado deformação total (Elaborado pelo autor)

7. CONCLUSÃO

Este artigo tem por objetivo validar o pack de embalagem para sua utilização final, tendo o biomaterial criado no software de simulação para aumentar sua aplicabilidade e melhorar sua geometria.

Conseguiu-se validar sua aplicabilidade através da análise da tensão máxima da curva, uma análise que não é tão comum para determinada situação, porém é a melhor maneira para fazer-se a validação do biomaterial levando-se em conta sua aplicabilidade e condição que será usado apenas uma vez e depois descartado.

Com o resultado obtido de deformação máxima de 4,14mm foi considerado sua aplicabilidade validando que ele está apto para executar sua função mecânica, comparando o teste físico com a simulação computacional obteve-se um acerto de $\pm 80\%$.

Para trabalhos futuros, seria interessante aplicar o biomaterial criado em outros produtos, melhorando sua geometria e fazendo uma comparação com os resultados obtidos neste artigo para obter uma maior resistência mecânica e uma menor deformação plástica.

8. AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram com este trabalho, particularmente, ao orientador professor Leandro Cardoso da Silva, por compartilhar seu conhecimento em “elementos finitos”, pelo apoio e incentivo à empresa “Growpack” por disponibilizar o material a ser estudado e apoiar a ideia e a minha família pelo apoio.

9. REFERÊNCIAS

- Campos, D.M. 2006. O método de elementos finitos aplicado à simulação numérica de escoamento de fluidos, *III Bienal da SBM – IME/UFG*. 2006 <<https://ime.ufg.br/bienal/2006/poster/marcodonisete.pdf>>.
- Alves Filho, A., 2005. *Elementos finitos a base da tecnologia CAE*. Érica, São Paulo, 3ª edição.
- Souza Augusto, 2000. *Ensaio mecânicos de materiais metálicos*. Edgard Blucher, Filho, São Paulo, 5ª edição.
- Magalhães Paulo G., Figueiredo Paulo R., A. e Dedini Franco G., 2006. Rigidez do papelão ondulado: comparação entre resultados experimentais e os obtidos por cálculo analítico, *Engenharia agrícola*, [S.L.], v.26, n.1, p. 190-199, abr. 2006. Fapunifesp (SciELO). <<https://www.scielo.br/j/eagri/a/VtppnxqWV8R3cBL5T3fRSZH/?lang=pt#>>.
- Technical Association of the Pulp and Paper Industry. TAPPI 494 OM-01: Tensile properties of paper and paperboard. 1 ed. Atlanta: Tappi, 2006. 28 p. <<https://www.tappi.org/content/sarg/t494.pdf>>.
- Melconian, S., 2018. *Mecânica técnica e resistência dos materiais*. Érica, São Paulo, 20ª edição.

10. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

O(s) autor(es) é (são) o(s) único(s) responsável(is) pelas informações incluídas neste trabalho.

APPLICATION OF BIOMATERIALS IN PACK PACKAGING DEVELOPMENT

Vinicius Campos Silva

Leandro Cardoso da Silva

Faculdade de Tecnologia Senai Roberto Simonsen, Rua Monsenhor Andrade, 298 – Brás – São Paulo/SP – CEP 03008-000

Antonio Carlos de Carvalho

Faculdade de Tecnologia Senai Roberto Simonsen, Rua Monsenhor Andrade, 298 – Brás – São Paulo/SP – CEP 03008-000

Norberto Gonçalves Neto

Faculdade de Tecnologia Senai Roberto Simonsen, Rua Monsenhor Andrade, 298 – Brás – São Paulo/SP – CEP 03008-000

Carlos Cesar Pestana

Faculdade de Tecnologia Senai Roberto Simonsen, Rua Monsenhor Andrade, 298 – Brás – São Paulo/SP – CEP 03008-000

Nelis Evangelista

Faculdade de Tecnologia Senai Roberto Simonsen, Rua Monsenhor Andrade, 298 – Brás – São Paulo/SP – CEP 03008-000

Abstract.: *With the accelerated development of the industry always focused on its objectives, I believe that the materials currently used were not developed to be absorbed by our ecosystem. An example is plastic and paper, where there is a very inefficient disposal and reuse because they are centralized materials from chains with chemical processes where the extraction of these materials has a process with a high level of carbon emissions. Thus, the biomaterial object of this standard study is a biomaterial that is 100% compostable after 12 weeks and totally new, created by the company GROWPACK, a packaging startup, whose main raw material is corn straw with an appearance similar to cardboard, but with much more features. This study consists of carrying out a tensile test according to the TAPPI T494 om-01 (2006), standard and, with the results, tracing the stress x strain curve of the biomaterial, creating and parameterizing this biomaterial in the SolidWorks software. With this biomaterial created and parameterized, a structural analysis will be made using finite elements and thus design the geometry according to the design parameters, aiming at cost and material savings through finite element analysis and promoting new possibilities of geometries for new types of sustainable packaging.*

Keywords: *Analysis finite elements; Ansys; Biomaterials ; biomaterial characterization.*

RESPONSIBILITY NOTICE

The author(s) is (are) the only responsible for the printed material included in this paper.