

# ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA PARA MÁQUINA DE TRAÇÃO HORIZONTAL<sup>1</sup>

Silas Gambarine Soares<sup>2</sup>

Christian Mariani Lucas dos Santos<sup>3</sup>

Cláudio Patrocínio Júnior<sup>4</sup>

## Resumo

Os equipamentos para ensaios de tração costumam ser de grande porte e montados para trabalharem com grandes cargas. Algumas classes de materiais estão sendo muito estudadas, como os polímeros e os tecidos orgânicos, porém estes necessitam de limites mínimos de carga para a realização de um ensaio de tração. No presente projeto, foi realizado um estudo da viabilidade técnica para se construir uma máquina de tração horizontal de baixos níveis de carga e custo. Para testes preliminares, foi utilizado um corpo de prova de copolímero (EVA). Realizado os ensaios, obtiveram-se gráficos de tensão-deformação, podendo identificar as propriedades mecânicas deste material. Com intuito de acompanhar o ensaio macroscopicamente, foi acoplado um estereoscópio à máquina de ensaios, juntamente com uma interface computacional, sendo possível analisar o comportamento do material até a sua fratura. Com os resultados obtidos em laboratório, foi verificada a viabilidade da construção de uma máquina de tração horizontal.

**Palavras-chave:** Ensaio de tração; Copolímero EVA; Tensão-deformação; Máquina de tração horizontal.

## TECHNICAL FEASIBILITY STUDY FOR HORIZONTAL TENSILE MACHINE

### Abstract

The equipments for tensile tests are usually large and assembled to work with large loads. Some classes of materials are being widely studied such as polymers and organic fabrics. However, these materials require a minimum charge for performing a tensile test. In this project, a study was realized in order to verify the technical feasibility to build a horizontal tensile machine of low load levels and low cost. In preliminary tests, a copolymer (EVA) specimen was used. Tests performed, the stress-strain graphs were obtained, and the mechanical properties of this material might be identified. In order to monitor the test macroscopically, a stereoscope was coupled to the testing machine along with a computer interface, making it possible to analyze the behavior of the material until the fracture. With the results obtained in laboratory, the feasibility of the construction of a horizontal tensile machine was confirmed.

**Key-words:** Tensile test; EVA copolymer; Stress-strain; Horizontal tensile machine.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 68<sup>o</sup> Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>2</sup> Estudante. Engenharia Metalúrgica. IFES. Vitória, ES, Brasil.

<sup>3</sup> Doutor em Ciências dos Materiais, Professor do Ensino Técnico e Tecnológico, IFES. Vitória, ES, Brasil.

<sup>4</sup> Técnico em Mecânica, Técnico de Laboratório, IFES. Vitória, ES, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

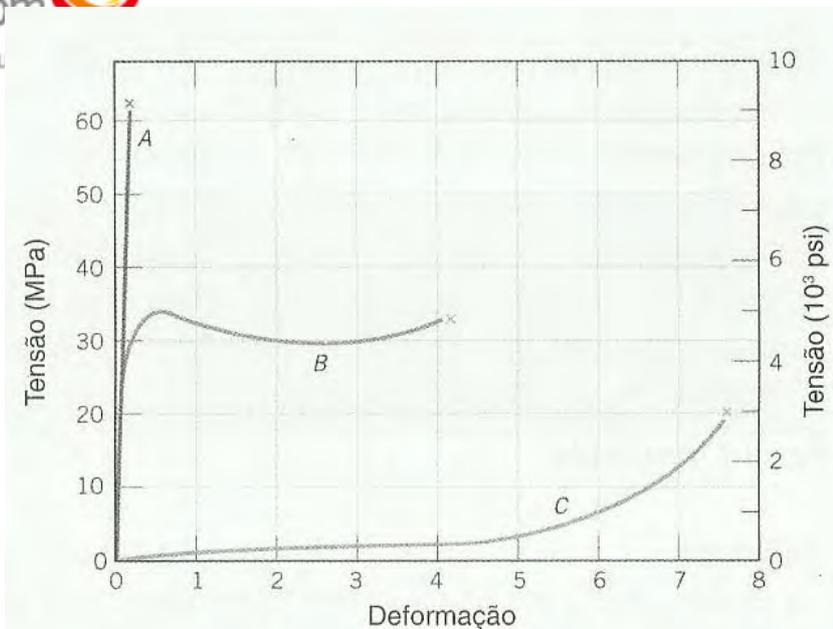
Os equipamentos para ensaios de tração costumam ser de grande porte e montados para trabalharem com grandes cargas. Atualmente duas classes de materiais são bastante estudadas, como os polímeros e tecidos orgânicos, onde as estruturas e as cargas de trabalho das máquinas de tração são demasiadas para os limites mínimos dos ensaios mecânicos. Uma solução prática, de baixo custo e bastante razoável para os níveis de carga e precisão é estudar a viabilidade da construção de uma máquina de tração horizontal para trabalhar com materiais de menor resistência.

O ensaio de tração consiste na aplicação de uma carga uniaxial crescente em um corpo de prova específico até a sua ruptura. Permite conhecer como estes materiais reagem aos esforços de tração, quais os limites de tração que suportam e a partir de qual momento se rompem.<sup>(1)</sup> Diferente do ensaio de tração convencional, este projeto utilizará uma máquina de tração horizontal, devido a sua posição e a facilidade de acoplar microscópios e estereoscópicos sobre o barramento para acompanhamento in situ dos ensaios.

A máquina de tração horizontal é um equipamento versátil para o estudo de resistência e processo de ruptura de amostras poliméricas e naturais por permitir a acoplagem simples de equipamentos de registro visual e monitoramento durante o ensaio. Este tipo de ensaio é frequentemente procurado por empresas da área siderúrgica e petroquímica que objetivam explorar outras propriedades dos materiais citados, mas que precisam de dados de resistência mecânica para o uso estrutural destes materiais nas áreas afins. Uma outra área de atuação é a médica e veterinária, com o objetivo de melhorar os processos cirúrgicos e de recuperação de tecidos orgânicos.

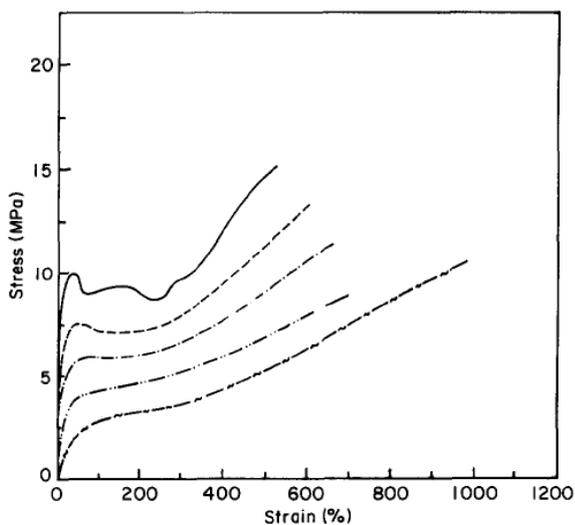
Os polímeros são usados em uma ampla variedade de aplicações, desde materiais de construção até o processamentos de microeletrônicos. A compreensão dos mecanismos pelos quais os polímeros se deformam elástica e plasticamente permite que os seus módulos de elasticidade e as suas resistências sejam alterados e controlados.<sup>(2)</sup> Neste projeto será utilizado para testes preliminares, corpos de prova confeccionados de um copolímero de etileno (Etileno-Vinil-Acetato), mais conhecido comercialmente como EVA. Estes materiais tem como características melhores combinações de propriedades ou propriedades aprimoradas, além de ser fácil e economicamente sintetizados e fabricados.

Quando o ensaio de tração é realizado num laboratório, com equipamento adequado, ele permite registrar informações importantes para o cálculo de resistência dos materiais a esforços de tração, e conseqüentemente, para projetos e cálculos de estruturas.<sup>(3)</sup> Algumas dessas informações são registradas durante a realização do ensaio e outras são obtidas pela análise das características do corpo de prova após o ensaio. Os dados relativos às forças aplicadas e deformações sofridas pelo corpo de prova até a ruptura permitem traçar o gráfico conhecido como diagrama tensão-deformação.<sup>(4)</sup> Para muitos materiais poliméricos, um simples ensaio deste é empregado para a caracterização de alguns parâmetros mecânicos. Em geral, são encontrados três tipos diferentes de comportamento tensão-deformação para estes tipos de materiais, conforme mostra a Figura 1.

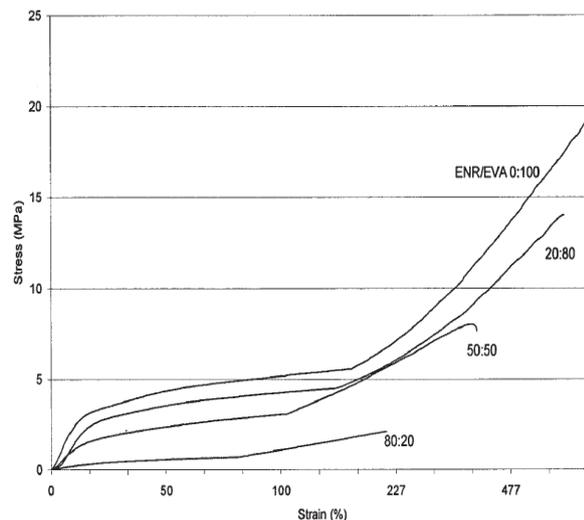


**Figura 1.** O comportamento tensão-deformação para polímeros frágeis (curva A), plásticos (Curva B) e altamente elásticos (elastoméricos) (curva C).<sup>(2)</sup>

Para testes iniciais envolvendo o corpo-de-prova EVA, espera-se obter resultados condizentes com a literatura (Figuras 2 e 3), validando os testes para a máquina de tração horizontal.



**Figura 2.** Copolímero EVA (curva inferior).<sup>(5)</sup>



**Figura 3.** Copolímero EVA (curva superior).<sup>(6)</sup>

O objetivo geral a ser atingido é o levantamento de todos os dados técnicos para a construção de uma máquina de tração horizontal de baixas cargas de tração para polímeros e tecidos orgânicos. Onde o projeto deverá concluir a viabilidade técnica para a construção da máquina de tração horizontal, os equipamentos necessários e as etapas para os mesmos.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Através dos materiais e métodos, pode-se traçar o caminho para atingir os objetivos do projeto, detalhando todos os equipamentos e procedimentos para testar hipóteses, analisar e processar dados.

### 2.1 Materiais

Disponibilizado pelo IFES, foi selecionado o Sistema de Barramento DAS-2 (Aparelho para controle da distância entre os eixos e da excentricidade de engrenagens). Este aparelho foi selecionado, pois se adequava com o projeto em questão, por apresentar: uma faixa de medição na sua lateral, que auxiliaria na coleta de dados durante o ensaio, carros móvel e fixo que atuariam como base para as garras de fixação e um sistema de fuso de fácil manuseio para deslocamento do carro móvel. Por não ser um sistema muito robusto, o mesmo era de fácil locomoção, o que facilitava a sua conexão à sistemas computacionais e outros aparelhos.

A máquina possui as seguintes características: Velocidade de carregamento de 2 a 5 mm por minuto, Peso 100kg, Comprimento 1250mm, Largura 320mm, Célula de Carga de 100kgf, Forma de Aplicação de Força Manual, Fixação dos Corpos de Prova com Mordentes confeccionados de Alumínio, Sistema de Garras confeccionadas de Alumínio.

### 2.2 Métodos

Devido a dificuldade de visualização de como o projeto iria funcionar, foi utilizado o Software Sketchup. Este programa permite criar modelos 3D de casas, carros, astro naves ou qualquer outra coisa que imaginar, podendo acrescentar texturas e fazer desenhos de precisão de modo simples e eficiente. Assim, foi possível criar um modelo inicial de como a máquina de tração horizontal iria atuar.

Analisando como funcionaria a máquina, foi verificado que o Alumínio seria o material ideal para a confecção das garras e mordentes, pois o mesmo possuía baixa densidade, baixo custo, fácil trabalho na usinagem, isso quando comparado com o aço. Definido o conjunto de dispositivos, foi programado a confecção das garras e mordentes na Fresadora e no Centro de Usinagem CNC. Para os cortes do eixo rosqueado utilizou-se a Máquina de Torno, por essa permitir um corte no material com maior precisão e facilidade no manuseio. As chapas de fixação foram trabalhadas na Guilhotina e Dobradeira.

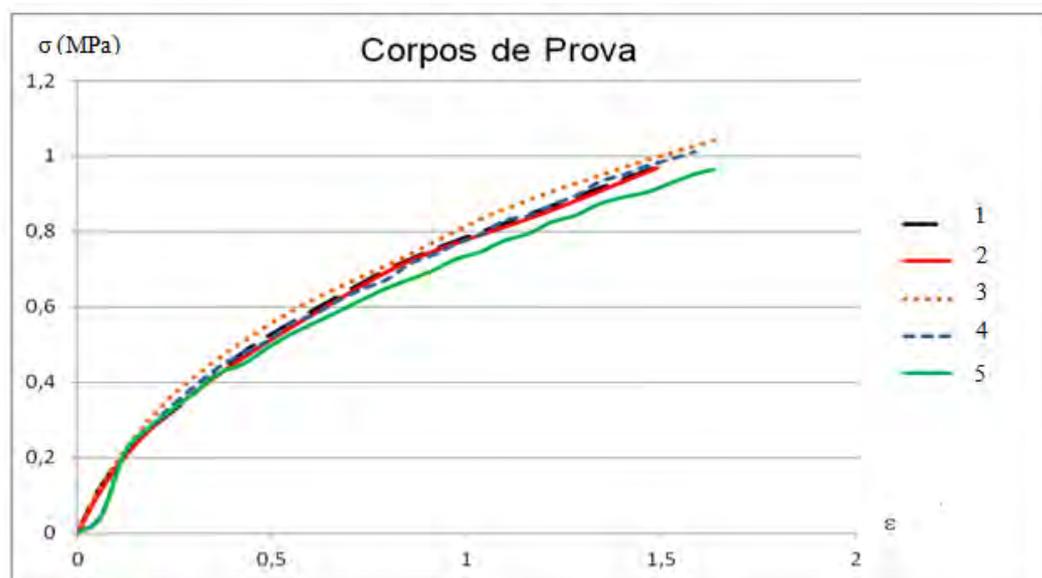
Para se obter um acompanhamento in situ dos ensaios, foi acoplado o Estereoscópico Leica EZ4HD sobre o barramento da máquina de tração horizontal, que efetuando a conexão do mesmo à um sistema computacional, pode-se visualizar quando e onde o corpo de prova começava a se romper.

Afim de maximizar o ensaio, utilizou-se uma célula de carga de 100kgf que conectado à EMIC DL 10000 (Máquina Universal de Ensaio Mecânicos), pode-se analisar à variação da carga aplicada no decorrer do ensaio.

## 3 RESULTADOS

Realizado o estudo dos componentes, pode se constatar que o sistema de suporte para as garras, não atenderiam da melhor forma possível a realização do ensaio.

Devido ao fato, de que a dimensão do mesmo poderia afetar na movimentação do carro móvel, influenciando na coleta de dados e posterior erro na construção da curva tensão-deformação. Desta maneira, foi reduzida as dimensões do suporte, através de cálculos de tensão, compressão e tração, maximizando assim o projeto. Além da redução das dimensões, ao invés das chapas utilizadas na confecção do suporte serem soldadas, foi efetuado um dobramento utilizando apenas uma chapa, o que iria garantir menor flexão do suporte durante a realização do ensaio. Realizado esta modificação no sistema de suporte, foi possível confeccionar todos os componentes da máquina, efetuando a conexão dos mesmos. Assim como na máquina de tração convencional, foi possível coletar os dados de alongamento e calculado a tensão, conseguindo plotar um gráfico de tensão-deformação. Definindo as forças aplicadas com variação de 2 em 2 N, obteve-se os valores do alongamento dos corpo de prova 1,2 e 3. Já definindo os alongamentos com variação de 5 em 5mm, obteve-se os valores da força aplicada nos corpos de prova 4 e 5. Assim foi possível plotar as curvas de tensão-deformação dos mesmos, conforme mostra a Figura 4.

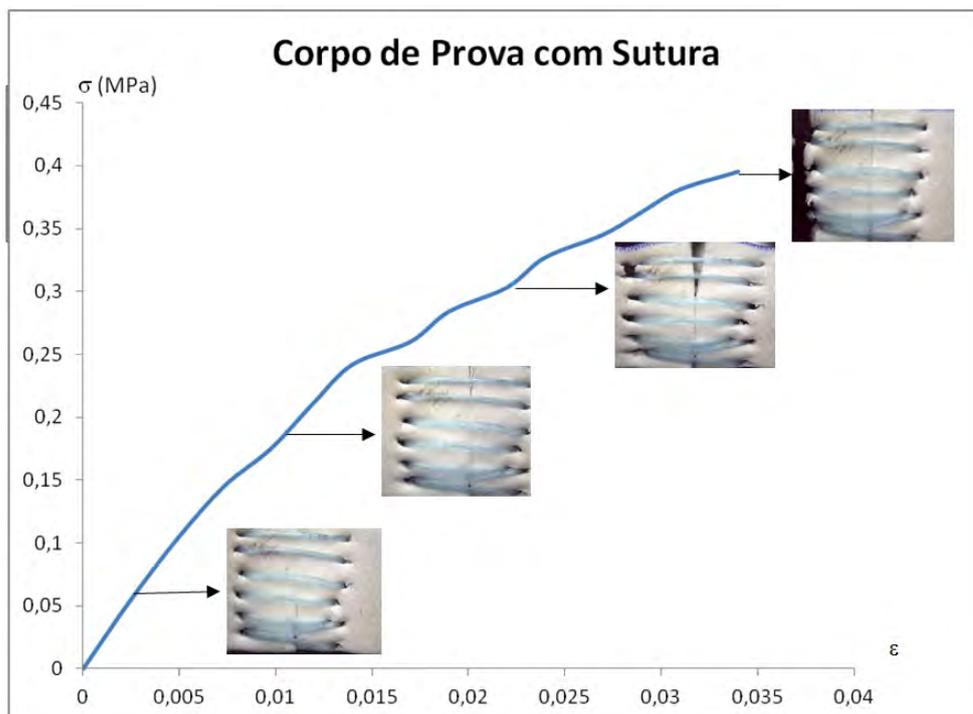


**Figura 4.** Curva tensão-deformação dos corpos de prova 1, 2, 3, 4 e 5.

Pode-se observar na figura 4, que não foi possível identificar a região elástica dos corpos de prova 1, 2 e 3, quando comparada com a curva B, conforme mostra a Figura 1. Um dos motivos que pode ter influenciado para não ter sido identificado esta região, é que durante os ensaios foi analisada uma pequena quantidade de dados. Já nos corpos de prova 4 e 5, pode-se constatar que o comportamento característico deste material é plástico. Onde este apresenta uma deformação inicial elástica, seguida pelo escoamento e por uma região de deformação plástica, semelhante a curva B, da Figura 1. Analisando a curva tensão-deformação dos corpos de prova 4 e 5, pode-se verificar que a mesma apresentou uma leve curva no início do ensaio, isso devido os corpos de prova não terem sofrido uma pré-tensão antes de começar a realizar o ensaio.

Durante os ensaios foi possível observar inicialmente, que em algumas situações a tensão aplicada no corpo de prova diminuía com o transcorrer do tempo, isso devido à processos de relaxação molecular que ocorre nos polímeros. Este comportamento é conhecido como Módulo de Relaxação Viscoelástico dos Materiais Poliméricos.

Confeccionando um corpo de prova com sutura, foi possível analisar através de imagens os vários estágios de deformação da amostra ao longo do ensaio (Figura 5). Assim pode-se verificar onde o material começava a se romper com maior facilidade.



**Figura 5.** Curva tensão-deformação do corpo de prova suturado.

Observando a figura 5, pode-se verificar a dificuldade em identificar a zona elástica deste material, devido ao fato de que havia sido feita uma sutura no mesmo, o que diminuía as suas propriedades mecânicas quando comparado com os corpos de prova 4 e 5 da Figura 4. Foi possível analisar, os vários estágios de deformação deste corpo de prova, identificando os pontos críticos de ruptura do mesmo. Com os dados obtidos da Figura 4, foi possível identificar algumas escalas de valores das propriedades mecânicas deste material, conforme mostra a Tabela 1.

**Tabela 1.** Propriedades Mecânicas obtidas do copolímero EVA

Material	Alongamento na Ruptura(%)	Limite de Escoamento (MPa)	Limite de Resistência a Tração (MPa)	Módulo de Tração (GPa)
EVA	6,1 - 163,4	0,2 - 0,25	0,25 - 1,0	0,02 - 0,6

#### 4 CONCLUSÃO

De acordo com os métodos utilizados, pode-se atingir os objetivos propostos pelo projeto. Os resultados estão avançando à medida que novos ajustes são feitos na máquina, e até o momento, estes são promissores para obter uma máquina de tração simples com possibilidade de aquisição do processo de formação da ruptura com a flexibilidade de acoplamento de estereoscópicos e microscópios, conforme é mostrado na Figura 6. Os valores encontrados na Tabela 1 são condizentes com os valores da literatura, comprovando assim sua validação na realização dos ensaios.



Figura 6. Estereoscópio acoplado a máquina de tração horizontal e à EMIC.

## Agradecimentos

A Deus, por sua presença constante na minha vida. A minha família, pelo apoio incondicional. Ao IFES pela bolsa concedida. Ao meu orientador o Professor Christian Mariani, pelos importantes ensinamentos tanto científicos quanto pessoais. E a meus colegas de laboratório Cláudio Patrocínio e Sávio Cuzzuol, e o Professor Kingston Soares pela ajuda constante neste projeto.

## REFERÊNCIAS

- 1 DIETER, George E. **Metalurgia Mecânica**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, S.A, 1981. p. 15-45.
- 2 CALLISTER, William D. **Fundamentos da Ciência e Engenharia dos Materiais: Uma Introdução**. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. p. 380-387.
- 3 SOUZA, Sérgio Augusto. **Ensaio Mecânicos de Materiais**. 5º Ed. São Paulo: Edgard Blucher, LTDA, 1982. p. 6-56.
- 4 HIBBELER, R. C. **Resistências dos Materiais**. 7 ed. São Paulo: Pearson, 2008. p. 17-32.
- 5 RAY, I.; KHASTGIR, D. Correlation between morphology with dynamic mechanical, thermal, physicomechanical properties and electrical conductivity for EVA-LDPE blends. **Revista Polymer**, Vol. 34, fasc. 10, 1993, pag. 2030-2037.
- 6 MOHAMAD Z.; ISMAIL H.; THEVY C. R.; Characterization of Epoxidized Natural Rubber/Ethylene Vinyl Acetate (ENR-50/EVA) Blend: Effect of Blend Ratio. **Journal of Applied Polymer Science**, Vol. 99, 2006, pag. 1504-1515.
- 7 BUDYNAS, Richard G. **Elementos de Máquinas de Shigley**. 8ª ed. São Paulo: Bookman, 2009. p. 41-43.