

Desenvolvimento de um instrumento para análise de propriedades mecânicas de filmes finos de elastômeros

Palavras-Chave: POLÍMEROS, PROPRIEDADES MECÂNICAS, INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

Gabriel Siqueira Nunes, IFGW - UNICAMP

Prof. Dr. Varlei Rodrigues, IFGW - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

A caracterização das propriedades mecânicas de filmes finos de elastômeros é um campo de estudo essencial na ciência dos materiais, com aplicações que vão desde a engenharia biomédica até a fabricação de dispositivos eletrônicos flexíveis. Neste projeto de iniciação científica, propõe-se o desenvolvimento de um instrumento de testes mecânicos que possibilita a análise do comportamento tensão-deformação de filmes finos de elastômeros, utilizando um teste de tração. A inovação do projeto reside na construção de um equipamento customizado que integra um motor acoplado a um fuso para a aplicação de força e uma célula de carga para a medição da força resultante, com controle e registro de dados realizados por um microcontrolador Arduino ou ESP32.

METODOLOGIA:

Estudo Teórico

A fase inicial do projeto envolveu um estudo abrangente das propriedades mecânicas dos materiais, fundamental para o desenvolvimento do aparato de teste e a análise dos resultados experimentais. Este estudo incluiu a compreensão de conceitos-chave como tensão (stress), deformação (strain), deformação elástica linear e não linear, anelasticidade, deformação plástica, escoamento, ductilidade, resiliência e tenacidade. Além disso, foi realizado um aprofundamento no funcionamento e procedimentos dos ensaios mecânicos de tensão-deformação sob tração, fornecendo uma base teórica sólida para as fases subsequentes do projeto.

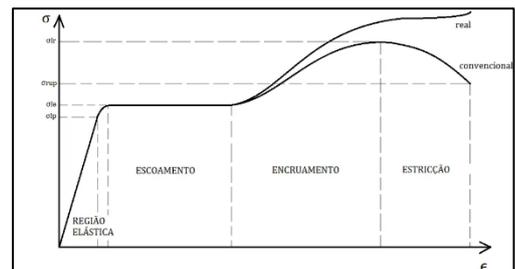


Figura 1 - Diagrama tensão vs deformação típico de um ensaio de tração (sem escala) – fonte: D. G. R. WILLIAM D. JR CALLISTER, *Materials Science and Engineering*, 2012.

Impressão 3D

Após a aquisição do conhecimento teórico necessário, o próximo passo foi aprender a utilizar a impressora 3D, essencial para a fabricação das peças que compõem o instrumento de teste. O filamento escolhido para a impressão das peças foi o PETG, devido à sua resistência mecânica superior.

Desenvolvimento do Protótipo

Paralelamente, foram realizados estudos e experimentos introdutórios com microcontroladores Arduino e ESP32. O ESP32 foi escolhido para o projeto final por suas capacidades de conectividade Wi-Fi e Bluetooth, além de uma ampla gama de interfaces periféricas, tornando-o mais versátil para diferentes aplicações. Inicialmente, foram realizados tutoriais para aprender a usar o ESP32, incluindo sua conexão à rede Wi-Fi e a interface com um display para exibição de informações.

A partir dessas etapas, foi construído um protótipo inicial de uma balança digital utilizando uma célula de carga de precisão, um módulo amplificador HX711 e uma protoboard. Este protótipo permitiu a compreensão do funcionamento da célula de carga, a programação do microcontrolador com as bibliotecas específicas e a calibração do sistema. O protótipo mostrou-se funcional, conforme evidenciado pelos resultados satisfatórios obtidos na pesagem de objetos com massas conhecidas.

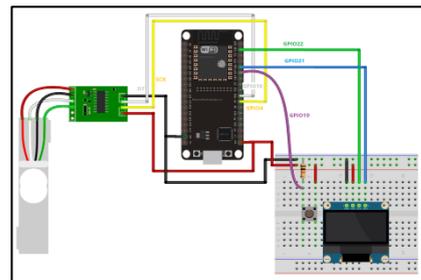


Figura 2 - Esquemático das conexões entre todo o protótipo (protoboard, célula de carga, HX711, ESP32 e display). – fonte: R. N. Tutorial, ESP32 with Load Cell and HX711 Amplifier (Digital Scale), 2020, 2012.

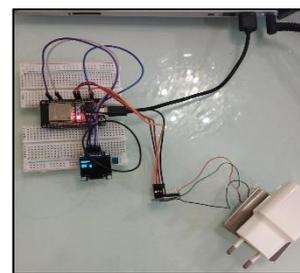


Figura 3 - Testes de medidas da massa de diferentes objetos, mostrando a calibração da célula de carga através do microcontrolador.

Construção da Máquina de Ensaio Mecânico

O protótipo final do aparato de teste mecânico consiste em uma garra fixa e uma garra móvel que seguram a amostra de filme fino de elastômero. A garra móvel é deslocada por um fuso acoplado a um motor de passo (Nema 17), acionado por um drive (DRV8825 ou A4988), no sentido de tracionar a amostra. A força resultante é medida por uma célula de carga conectada à garra fixa, enquanto o deslocamento da garra móvel é registrado pelo passo do fuso e o número de passos realizados pelo motor de passo. O controle do motor de passo e a leitura dos dados do HX711 são gerenciados por um microcontrolador ESP32. As peças necessárias para a construção do aparato foram desenhadas e impressas em 3D. Essas peças incluem o bloco fixo, bloco móvel, bloco da célula de carga, montagem do motor de passo, blocos aderentes e parafusos de aperto. A impressão das peças apresentou desafios devido ao tempo prolongado necessário para a produção de peças grandes e complexas.



Figura 4 - Peças maiores impressas para a montagem da máquina de ensaios mecânicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Apesar dos atrasos na impressão das peças, todas foram eventualmente concluídas, permitindo a montagem inicial do sistema. Os testes preliminares realizados com a célula de carga e o ESP32 demonstraram resultados interessantes. A construção e os testes do protótipo inicial da balança digital forneceram uma visão clara das capacidades e limitações da célula de carga utilizada. Foram realizados diversos testes de calibração com diferentes objetos, conforme mostrado na Tabela 1. Os objetos variaram em peso, e os valores digitais e coeficientes correspondentes foram registrados. Observou-se que o coeficiente da célula de carga, que relaciona o valor digital medido com o peso conhecido dos objetos, variou significativamente entre os diferentes testes, confirmando a necessidade de uma calibração adequada para a funcionalidade do sistema de medição.

Objeto	Massa conhecida (gramas)	Valor Digital da Leitura	Coefficiente de Calibração
ID - 1	4	11222	2805,5
ID - 2	48	98534	2052,791667
ID - 3	61	114216	1872,393443
ID - 4	32	64144	2004,5
ID - 5	24	51303	2137,625
		Média do Fator de Calibração:	2174,562022

Tabela 1 – Diferença do Fator de Calibração para diferentes objetos de massas conhecidas.

O próximo passo é a implementação do controle do motor de passo e a montagem completa da máquina de ensaios mecânicos. Com a máquina completamente montada, serão realizados ensaios de tração em amostras de PDMS com diferentes espessuras e rigidez. Espera-se obter curvas detalhadas de tensão-deformação que permitirão uma análise aprofundada das propriedades mecânicas dos filmes finos de elastômeros. A expectativa é que os resultados contribuam significativamente para o entendimento e desenvolvimento de novos materiais e aplicações.

CONCLUSÕES:

O projeto alcançou marcos importantes, incluindo a aquisição de conhecimentos teóricos, a familiarização com a impressão 3D e microcontroladores, e a construção de um protótipo funcional. Os testes iniciais com o protótipo de balança digital evidenciaram importantes desafios na medição precisa da força utilizando a célula de carga disponível. A variação significativa nos coeficientes de calibração indicou problemas de consistência, que precisam ser abordados para assegurar a precisão das medições de força no instrumento de teste de tração.

A conclusão da máquina de ensaios mecânicos permitirá a realização de testes precisos, proporcionando dados valiosos sobre as propriedades mecânicas de filmes finos de elastômeros. Este trabalho não apenas contribui para a formação acadêmica e técnica do aluno, mas também tem o potencial de gerar avanços significativos na caracterização de materiais inovadores.

BIBLIOGRAFIA

PELLEG, J. *Solid Mechanics and its Applications*. Vol. 190. Publisher, Address, 2013.

GREAVES, G. N., Greer, A. L., Lakes, R. S., & Rouxel, T. *Nature Materials*, 10, 823 (2011).

CALLISTER, W. D. Jr. *Materials Science and Engineering: An Integrated Approach*. 2012.

SANTANA, L., Alves, J. L., & Sabino Netto, A. da C. *Estudo comparativo entre PETG e PLA para Impressão 3D através de caracterização térmica, química e mecânica*. 2018.

BABIUCH, M., Foltýnek, P., & Smutný, P. *Using the ESP32 Microcontroller for Data Processing*. 2019.

RANDOM. *ESP32 with Load Cell and HX711 Amplifier (Digital Scale)*. 2020.

XIESHI. *Universal Tensile Testing Machine*. Instructables, 2020.