



Criação de um material isolante de baixo custo para o desenvolvimento de um sensor piezoresistivo

Aron Longo Michielon¹, aronmichielon@gmail.com
João Vitor Alves Paulino¹, jvapaulino95@gmail.com
Júlio Cardoso Scorpion¹, juliocscorpion@hotmail.com
Lucas dos Santos Umeoka¹, lucas.umeoka12@gmail.com
Gilson Maekawa Kanashiro¹, gilsonkanashiro@gmail.com
Ricardo Gouveia Teodoro¹, rigoteo@gmail.com

Resumo: Materiais piezoresistivos estão sendo muito pesquisados em aplicações táteis, devido ao seu baixo consumo de energia elétrica e baixa complexidade. Visando isto, este artigo trata-se da produção de um material isolante, com base em amido de milho, para ser utilizado na produção de sensores com características piezoresistivas. Seu princípio de funcionamento parte do conceito de que ao exercer uma força mecânica externa sobre ele, sua resistência varia, devido a inserção de materiais condutores em meio a um não condutor. O projeto tem a ideia de criar um sensor mais econômico mantendo a mesma funcionalidade que os utilizados atualmente no mercado. Para isso, é necessário que o composto isolante seja resistente e flexível, para se manter em seu estado elástico ao sofrer uma deformação. Até o momento foram feitos experimentos laboratoriais para determinar as quantidades exatas para a produção do composto que será utilizado no sensor.

Palavras-chave: Sensor, material piezoresistivo, composto.

1 Introdução

“O efeito piezoresistivo é entendido como a mudança da resistividade de um material quando submetido a forças mecânicas externas.” (CASTRO, 2016) Inúmeras pesquisas estão sendo desenvolvidas em busca de compósitos que

possam adquirir tais características. Uma das formas de gerar este efeito é realizar uma mistura entre um composto isolante e partículas de um material condutor.

Visando desenvolver um sensor de baixo custo de fabricação e com efeito piezoresistivo, este artigo tem por finalidade analisar um material isolante, com base em amido de milho, que possa ser deformado por uma força mecânica e permanecer em seu estado elástico, podendo substituir o composto isolante dos sensores já desenvolvidos e disponíveis no mercado.

As seções seguintes tratam da evolução dos compostos piezoresistivos ao longo do tempo, da forma como foi desenvolvido o composto proposto, os resultados adquiridos na experimentação e as referências utilizadas ao longo da pesquisa.

2 Sensor Piezoresistivo

Este tipo de sensor é formado por compostos piezoresistivos, que possui como principal característica uma resistência variável conforme a ação de uma força mecânica externa. Este material é formado por partículas condutoras em meio a um material não condutor que pode apresentar características isolantes ou até condutivas, conforme a concentração do material condutivo. A particularidade do aumento da condutância provém da redução

de seu volume, assim “As pequenas lacunas antes presentes no material, são reduzidas, proporcionando maior probabilidade de condução de cargas, uma vez que as partículas condutoras são aproximadas.” (SAVARIS, 2018) Diferente dos materiais piezoelétricos, que ao serem submetido a uma pressão mecânica externa, produzem uma diferença de potencial que “[...] varia de acordo com as constantes piezoelétricas do material, no entanto pode apresentar alta sensibilidade e valores diferentes em resposta à estímulos semelhantes” (SIROCHI; CHOPRA, 2000 apud. SAVARIS, 2018).

3 Objetivo

O projeto visa a criação de um material isolante, com base em amido de milho, para a montagem de um compósito piezoresistivo, juntamente com pó de Cobre eletrolítico dendrítico com densidade de $1,07 \text{ g/cm}^3$ fornecido pela empresa **BRUTT Indústria Metalúrgica**.

O composto pode ser feito com diversas substâncias, contudo este projeto pretende produzi-lo de uma forma mais rentável e econômica. Além disso, o material isolante proposto, visa possuir as mesmas características que o elastômero PDMS (Polidimetilsiloxano), podendo sofrer a ação de uma força mecânica externa e continuar em seu estado elástico.

4 Desenvolvimento

O primeiro passo para gerar um material com características piezoresistivas é realizar a imersão homogênea do condutor dentro do material não condutor. Para isso, foi pensado, inicialmente, em um composto formado com uma mistura de 100g de amido de milho, 720ml de água e 15ml vinagre. Esta solução foi aquecida à uma temperatura de 120°C , formando um material gelatinoso e sólido, porém, ao mesmo tempo, frágil.

IV Simpósio de Controle e Automação Industrial

A parte positiva desta mistura é a facilidade da inserção do condutor em seu meio, pois a mistura, ao ser retirada do fogo, é líquida e, logo após um período de tempo, ela se solidifica. Porém, ao sofrer a ação de uma pequena força externa de compressão, o material testado não resistiu e se desfez. Por fim, não atingiu as características técnicas necessárias, resultando em seu descarte.

O segundo ensaio foi realizado a partir da mistura de silicone e amido de milho, resultando em um material sólido, elástico e resistente. Foi analisado oito amostras diferentes, sendo que metade delas foram aquecidas e as outras ficaram em temperatura ambiente. Cada teste foi realizado com 10g de silicone e diferentes concentrações de amido, sendo elas conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Concentrações de amido em relação ao Silicone

Silicone	Amido de Milho	Percentual de amido.
10g	0g	0%
10g	1g	10%
10g	2g	20%
10g	2,5g	25%

Fonte: Próprio Autor, 2019.

As experimentações aquecidas foram expostas à uma temperatura de 125°C , até o silicone obter uma característica mais maleável para realizar a mistura com o amido. O silicone utilizado usufrui a umidade do ar como sistema de cura, tendo uma velocidade de secagem de 5mm em 24h e uma densidade média de $1,04\text{g/cm}^3$.

5 Resultados e Discussões

Após serem realizados os ensaios, em laboratório, foi obtido oito resultados diferentes, conforme a tabela 2.

Tabela 2 – Amostras obtidas

Concentração de amido	Temperatura de mistura
-----------------------	------------------------

0%	0°
0%	125°
10%	0°
10%	125°
20%	0°
20%	125°
25%	0°
25%	125°

Fonte: Próprio autor, 2019.

Notou-se duas texturas distintas entre as amostras que foram aquecidas e as mantidas em temperatura ambiente. Uma característica que notada ao realizar a mistura foi que o amido acelerou o tempo de secagem do silicone.

As que foram mantidas puras obtiveram um aspecto parecido, demorando 12 horas para secar totalmente, portanto pode-se concluir que, sem a adição do amido, aquecer ou não o silicone não influencia em suas características.

Porém, quando misturado com o amido, houve uma grande diferença. As amostras com 1g, 2g e 2.5g que foram aquecidas, apresentaram um aspecto mais granulado e, nas duas amostras com mais teor de amido, foi notado que não houve uma total mistura entre os materiais. Contudo, ao adicionar o amido, o tempo de secagem se reduziu a minutos, conforme a tabela 3.

Tabela 3 - Tempo de secagem das amostras aquecidas

Concentração de amido	Tempo de Secagem
10%	33min
20%	26min
25%	18min

Fonte: Próprio autor, 2019.

Além disso, não foi possível fazer com que a mistura obtivesse o formato do recipiente, pois adquiriram uma difícil manipulação, sendo trabalhoso dar forma à composição após exposta ao calor, isto fez com que as amostras obtivessem um formato esférico.

Os experimentos em que não foi realizado o aquecimento demoraram um período de tempo de secagem menor do que

IV Simpósio de Controle e Automação Industrial os aquecidos, entretanto, houve uma homogeneização dos componentes da mistura e sua manipulação não foi muito prejudicada por estarem em temperatura ambiente. O tempo de secagem de cada porção segue na tabela 4.

Tabela 4 - Tempo de secagem das amostras não aquecidas

Concentração de amido	Tempo de Secagem
10%	21min
20%	13-14min
25%	2-5min

Fonte: Próprio autor, 2019.

A mistura se tornou homogênea e a temperatura manteve a manipulação do composto mais fácil, isso fez com que estas amostras adquirissem o formato do recipiente. Um fator que foi notado após todas as porções secarem foi que a amostra de 2.5g, ao ser exposta a uma força de tração horizontal, acabou tendo pedaços de sua estrutura se partindo. Já a amostra com 1g não obteve a rigidez buscada, apesar de sua flexibilidade ser maior, em comparação com as amostras anteriores.

6 Conclusão

Após ser realizado vários testes com a mistura de silicone e amido de milho, foi descoberto que ao aquecer o silicone, o mesmo adquire uma forma mais viscosa, não sendo possível criar uma mistura totalmente homogênea. Portanto, de todos os materiais em discussão, o experimento que obteve as características buscadas foi a amostra com a proporção de 1/4 de amido em relação a massa do silicone, isso sem expor o composto ao calor. O composto escolhido consegue suportar altas pressões, provocadas por uma força externa, sofrendo uma deformação e retornando ao seu estado inicial, mantendo um bom nível de flexibilidade, tornando - o um possível candidato para implementação em sensores e materiais piezoresistivos.

7 Referências

CASTRO, Fabian. **Resistência Elétrica em Compósito Piezoresistivo PDMS-Cu.** UNESP – Campus Ilha Solteira.

CASTRO, Fabian. **Compósitos Piezoresistivos à base de matrizes poliméricas e partículas de materiais condutores.** UNESP – Campus Ilha Solteira, 2016.

SAVARIS, Weslin Kevin. **Utilização de compósitos para desenvolvimento de sensor planar utilizados em baropodômetro.** UNESP – Campus Ilha Solteira, 2018.

ZHAI, T., Li, D., XIA, H. **Piezoresistive and compression resistance relaxation behavior of water blown carbon nanotube/polyurethane composite foam, Composites: Part A72 (2015).** STASSI, S. et al. An innovative copperPDMS piezoresistive composite for flexible tactile sensor. ECCM15 - 15TH European Conference on Composite Materials. Venice: [s.n.]. 2012.