

# Pesquisadores desenvolvem sensor impresso em 3D capaz de identificar biomarcadores associados à Parkinson e Alzheimer

Tecnologia desenvolvida em conjunto pela USP, UFRJ e UFRRJ é mais prática e barata do que as técnicas diagnósticas tradicionais



O envelhecimento populacional faz com que as doenças neurodegenerativas se tornem um desafio crescente de saúde pública. Apesar disso, o acesso ao diagnóstico e ao tratamento de condições como Alzheimer e Parkinson permanece desafiador e desigual. Segundo o Relatório Nacional sobre a Demência, elaborado pelo Ministério da Saúde, os altos custos dos exames e a falta de centros especializados em diversas regiões do país dificultam tanto a identificação precoce quanto o acompanhamento adequado dos pacientes.

É diante dessa lacuna que uma pesquisa desenvolvida no Instituto de Química de São Carlos (IQSC) da USP apresenta um avanço importante. O estudo, que foi publicado em uma revista internacional, apresenta o desenvolvimento de um sensor e um biossensor eletroquímico impressos em 3D capazes de detectar biomarcadores associados ao Alzheimer e à doença de Parkinson.

“Os resultados mostram que é possível usar impressão 3D junto com a eletroquímica para criar dispositivos de análise clínica eficientes e acessíveis”, afirma a professora Laís Canniatti Brazaca do IQSC, uma das autoras do trabalho. Segundo os pesquisadores, a tecnologia é mais barata, simples e prática do que os métodos convencionais para detecção das patologias.

O trabalho é fruto de uma colaboração da USP com outras duas instituições brasileiras: Universidade

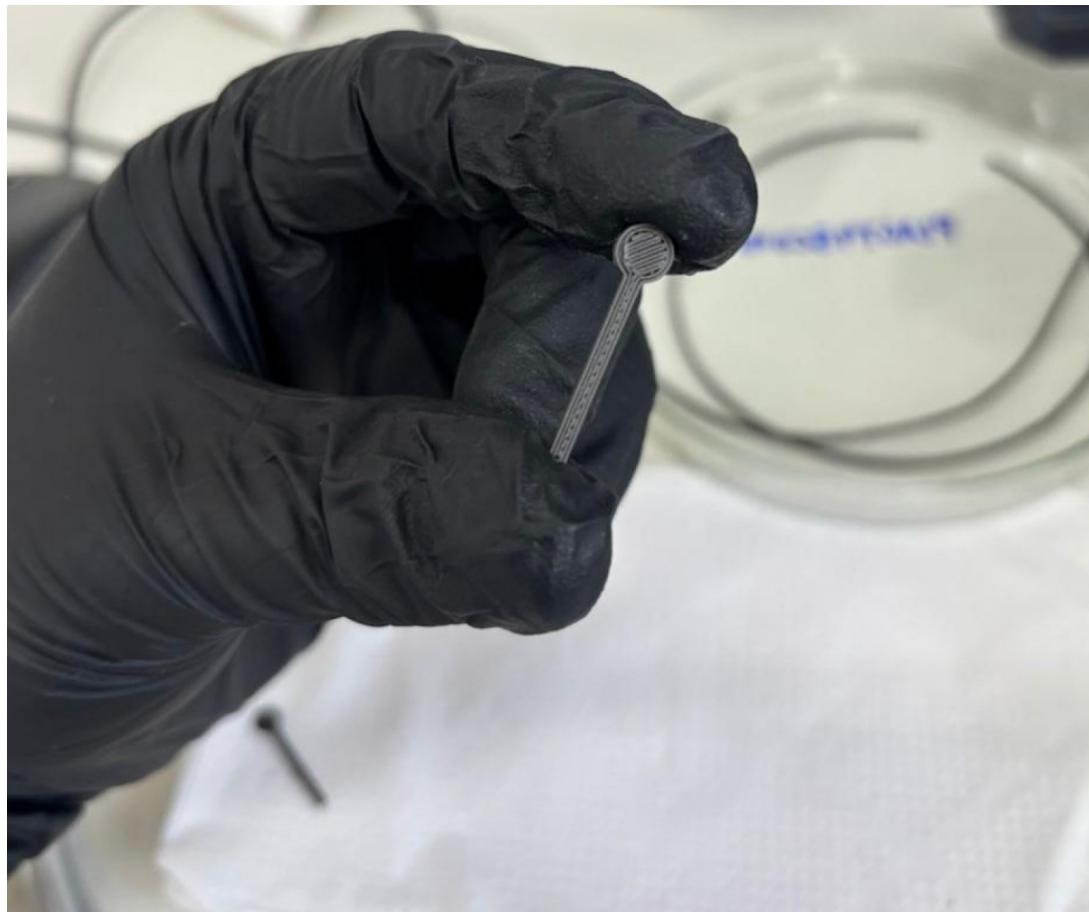
Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). A pesquisa foi iniciada quando o doutorando Guilherme Sales da Rocha, da UFRJ, participou de um período de mobilidade acadêmica no IQSC, entre abril e julho de 2025.

"Foi uma oportunidade que permitiu acelerar o trabalho que eu já desenvolvia na UFRJ, aproveitando a expertise que a professora Laís tem na detecção de doenças neurodegenerativas", conta o doutorando.

## Dupla detecção

O sensor desenvolvido atua na detecção simultânea de dois biomarcadores associados a doenças neurodegenerativas: a dopamina, relacionada à doença de Parkinson, e a clusterina, ligada ao Alzheimer. "A dopamina, por ser eletroquimicamente ativa, pode ser detectada diretamente no eletrodo impresso, sem necessidade de qualquer modificação adicional. Na prática, basta imprimir o eletrodo em 3D para realizar a leitura. A clusterina, por outro lado, não é eletroquimicamente ativa. Para detectá-la, foi preciso incluir na superfície do eletrodo anticorpos específicos capazes de capturar a proteína, transformando o sistema em um imunossensor", explica Laís.

Dessa forma, o dispositivo pode operar como sensor eletroquímico direto (dopamina) ou como imunossensor (clusterina), ampliando o potencial da plataforma e evidenciando a versatilidade do eletrodo desenvolvido. Nos dois casos, o dispositivo se baseia na aplicação de voltametria cíclica, técnica eletroquímica simples, barata e amplamente difundida em laboratórios.



Eletrodo impresso em 3D a partir de um filamento condutor produzido em laboratório, composto por grafite, óleo de rícino e PLA – um plástico

biodegradável | Imagem: Arquivo pessoal

Apesar de existirem filamentos condutores comerciais, a equipe decidiu criar o próprio material para conseguir controlar suas propriedades de forma precisa, adequando-o à produção do sensor desejado. O filamento desenvolvido é de baixo custo e composto por três componentes principais: um biopolímero (PLA), grafite e óleo de rícino. Cada componente tem uma função específica: o PLA dá forma e estrutura, o grafite permite a condutividade elétrica e o óleo evita que o material fique quebradiço.

“A grande dificuldade era equilibrar a condutividade elétrica com a imprimibilidade. Com apenas a carga do grafite no PLA, o filamento ficava muito quebradiço, então usamos o óleo de rícino no intuito dele agir como plastificante”, descreve Guilherme.

Além do trabalho experimental, o grupo também recorreu a ferramentas computacionais para otimizar a composição do filamento. Parte dos dados coletados nos testes foi analisada com técnicas de aprendizado de máquina, área da inteligência artificial (IA) usada para identificar padrões e propor combinações mais eficientes. “Isso nos ajudou a direcionar a escolha da composição ideal do filamento, equilibrando condutividade e capacidade de impressão”, explica o doutorando.

Depois de encontrar a composição ideal, a mistura foi transformada em um filamento parecido com os usados em impressoras 3D domésticas. Esse filamento passou por testes para verificar sua condutividade elétrica e adequação para estudos eletroquímicos. Com essa etapa validada, os pesquisadores puderam imprimir os eletrodos e avaliar se eles respondiam corretamente quando entravam em contato com as moléculas estudadas.

A etapa seguinte envolveu a parte biológica do dispositivo. Para a dopamina, bastou usar o eletrodo impresso, já que ela é naturalmente detectável por técnicas eletroquímicas. Já com a clusterina, o processo foi diferente, sendo preciso modificar a superfície do eletrodo com anticorpos específicos que reconhecem essa proteína. Essa técnica transforma o eletrodo em um imunossensor seletivo.

Uma etapa importante foi demonstrar que o sensor funciona não apenas em soluções puras de laboratório, mas também em matrizes mais próximas da realidade clínica. No estudo, a detecção de clusterina foi realizada com sucesso em amostras comerciais de soro humano, indicando que o dispositivo reúne maturidade suficiente para avançar para testes pré-clínicos. Além disso, o sensor eletroquímico também foi bastante seletivo em detectar a dopamina mesmo em amostras que continham o ácido ascórbico e ácido úrico, as principais espécies eletroativas que coexistem com a dopamina em fluidos biológicos e que normalmente estão presentes em concentrações mais elevadas.

Para a professora Helen Conceição Ferraz, da UFRJ, o projeto exemplifica a soma de expertises em um tema de alto impacto. “Trabalhamos há anos com fenômenos de interface, caracterização e detecção de câncer. Unir esse conhecimento ao desenvolvimento de materiais condutores e impressão 3D foi extremamente positivo para acelerar avanços nessa área”.

## Vantagens do dispositivo

Além da inovação no material, os pesquisadores destacam vantagens ambientais e econômicas da impressão 3D. A técnica permite personalizar o formato do sensor, reduzir resíduos, controlar áreas ativas de contato e utilizar insumos amplamente disponíveis, como o grafite. Segundo o professor João Victor Nicolini, da UFRRJ, o desenvolvimento nacional desses filamentos tem ganhado destaque. “Os pesquisadores brasileiros são pioneiros no uso de filamentos condutores

para sensores impressos em 3D, e nosso trabalho se soma a essa produção crescente", afirma.

Para o futuro, a equipe planeja adaptar o sensor para formatos portáteis, visando a criação de um dispositivo semelhante aos glicosímetros usados por pessoas com diabetes.

Também assinam o artigo as doutorandas do IQSC Iana Vitória de Souza Oliveira e Beatriz Bertin.

"Hoje, nas diretrizes clínicas, o diagnóstico dessas doenças depende basicamente da avaliação neurológica e de exames de imagem que são muito caros. Um sensor portátil, barato e sensível pode ampliar o acesso a pacientes que vivem fora dos grandes centros", finaliza Beatriz.



Guilherme Sales da Rocha apresentou o trabalho no Simpósio Brasileiro de Eletroquímica e Eletroanalítica, evento que reúne pesquisadores do Brasil e do exterior | Imagem: Arquivo Pessoal

*Matéria: Gabriele Maciel, da Fontes Comunicação Científica*