

# Microrrobôs que monitoram o corpo

São quatro dispositivos macios, em fase de experiências iniciais, capazes de captar os indicadores do coração, do estômago, da bexiga e da pressão sanguínea, introduzidos no organismo por ingestão ou cirurgia

» KARIN SANTIN\*

Quatro modelos de robôs flexíveis podem revolucionar tratamentos médicos a partir do monitoramento das funções fisiológicas do corpo humano — o funcionamento do coração, da pressão sanguínea, do estômago e da bexiga. Esses dispositivos, produzidos por meio de nanocompósitos, são colocados no organismo de duas formas: por ingestão ou cirurgia, conforme a situação. Os dados dos indicadores de saúde são coletados em tempo real.

O estudo é conduzido por cientistas da Universidade da Carolina do Norte e Chapel Hill (UNC), nos Estados Unidos, e a pesquisa foi publicada na *Nature Communications*. Dos quatro pequenos robôs, o mais adiantado é o que verifica os indicadores cardíacos (imagem ao lado), pois foi testado em camundongos vivos. Os outros três aguardam experiências em seres vivos.

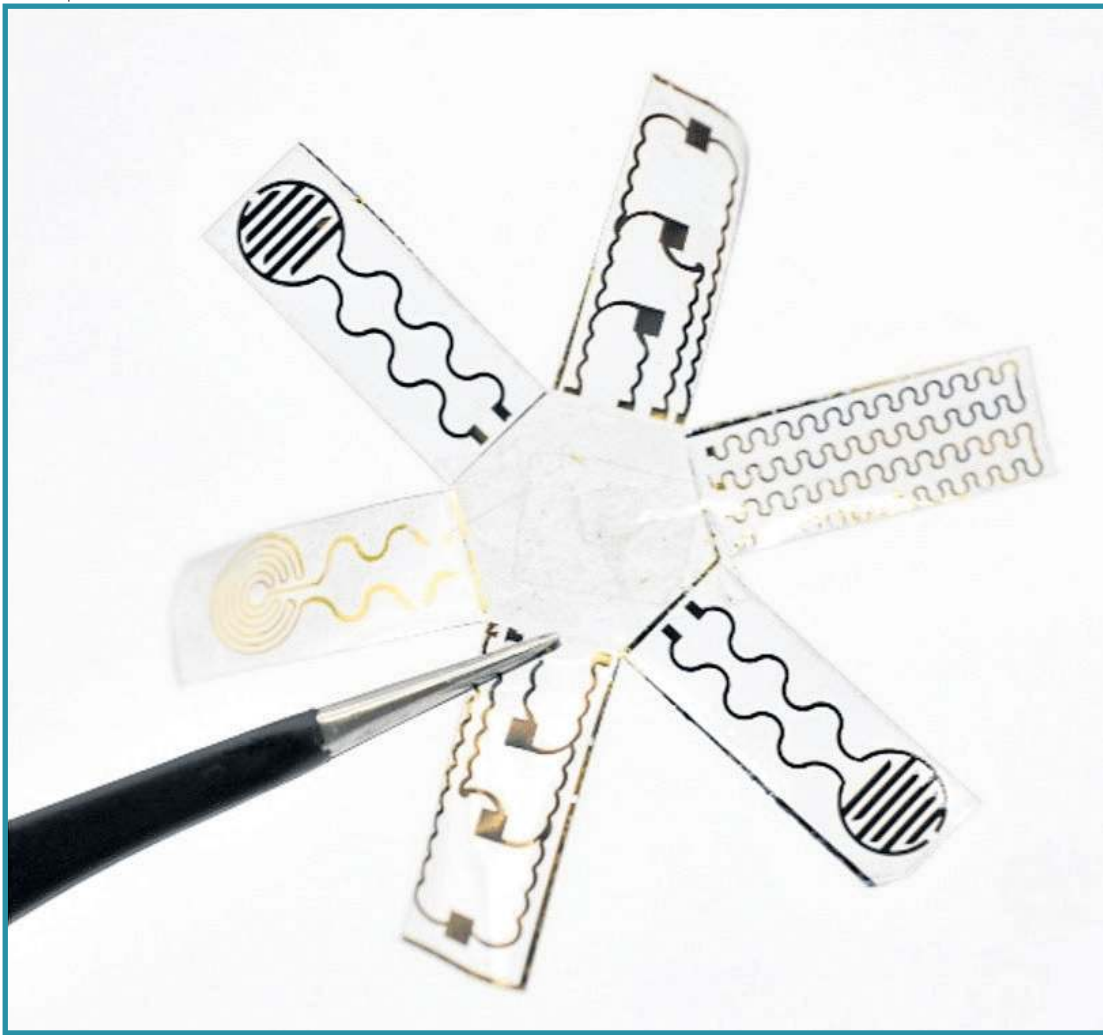
“(Os robôs) são projetados para fixação suave nos tecidos, reduzindo o estresse e danos potenciais. Inspirados em formas naturais, como estrelas-do-mar e vagens, eles podem transformar suas estruturas para realizar diferentes tarefas com eficiência” diz Lin Zhang (foto), líder da pesquisa, em comunicado à imprensa, acrescentando que maleabilidade dos robôs permite que eles sejam anexados aos tecidos com força especificamente moderada para realizar suas funções.

“Para aplicações dentro do corpo humano, a flexibilidade é fundamental. No estudo, ela permite que o mesmo ‘corpo’ do robô se movimente para se locomover dentro do organismo e se ‘agarrar’ em algum órgão e realizar as medidas e intervenções. Algo parecido com um polvo ou outros invertebrados”, afirma Roberto Baptista, pesquisador do Laboratório de Automação de Robôs da Universidade de Brasília (Lara-UnB).

## Dupla atuação

Confeccionada no departamento de Ciências Físicas Aplicadas da UCN, a estrutura tem

UNC-Chapel Hill



Em formato de estrela, o dispositivo foi testado em roedores vivos para interpretar os indicadores cardíacos



**Eles podem transformar suas estruturas para realizar diferentes tarefas com eficiência”**

Lin Zhang, líder de pesquisa



**Ele se movimenta para se locomover dentro do organismo e se ‘agarrar’ em algum órgão e realizar as medidas e intervenções, como um polvo e outros invertebrados”**

Roberto Baptista, pesquisador da UnB

duas camadas conectadas por um bioadesivo intermediário. A primeira é a chamada “e-skin”, a superfície externa do robô feita à base de polímeros que imita propriedades físicas da pele, que contém sensores integrados que captam informações de deformação do material, pressão, acidez (pH) e temperatura.

Além disso, são inseridos estimuladores, que permitem respostas físicas em função dos indicadores captados.

A segunda camada é feita com um hidrogel sensível à temperatura, que permite aos robôs entrarem em atividade e se adaptarem em função desse fator. Segundo o artigo, ela exerce o papel

de um músculo artificial, oferecendo a força necessária aos movimentos dos robôs.

## Funções

Os quatro modelos de robôs têm a mesma base material, no entanto seu desenho varia de acordo com a função

desempenhada. Para monitoramento do fluxo sanguíneo e pressão, a proposta é uma forma de fita inserida cirurgicamente que se enrola ao redor da artéria.

No caso de monitoramento e aplicação de medicação no estômago, o modelo de robô é plano para a ingestão, mas se abre em arco quando chega ao estômago. Os outros dois protótipos têm formas similares a pinças.

A pinça de quatro braços foi projetada para verificar o volume da bexiga humana de modo a auxiliar em caso de incontinência urinária por transbordamento, em que o paciente tem dificuldade de perceber que a bexiga está cheia. Já a de seis braços, lembrando um asterisco, monitora a atividade cardíaca e pode estimulá-la com impulsos elétricos.

Embora exista uma variedade de aplicações pensadas pelos cientistas, os testes in-vivo só foram executados no caso do último robô destinado às funções cardíacas. Além disso, a experiência de monitoramento cardíaco foi realizada apenas em camundongos, não sendo mencionada a previsão para os testes em humanos.

Os resultados da colocação em roedores demonstraram eficácia dos sensores, viabilidade do controle dos braços com base nas leituras em tempo real e aceitação do organismo dos indivíduos. Os outros três dispositivos — do estômago, da bexiga e de pressão sanguínea — foram aplicados apenas em modelos.

Baptista confirma que a pesquisa é promissora, em particular porque combina a possibilidade de monitoramento constante com dispositivos minimamente invasivos, no entanto ressalta que é difícil prever quando os robôs da UNC poderão ser efetivamente utilizados na clínica. “Mesmo em países desenvolvidos, esse tipo de tecnologia ainda é uma promessa e teremos um longo caminho até chegar a um produto comercial. Tudo vai depender do custo-benefício.”

\*Estagiária sob supervisão de Renata Giraldo

## Para saber mais

### O que são nanocompósitos

Os microrrobôs foram construídos a partir de uma combinação de materiais, que se apresentam em estados diferentes em um mesmo instrumento, à base de nanocompósitos, compostos em que uma fase, chamada de dispersa ou particulada — apresenta pelo menos uma de suas dimensões inferior a 100 nanômetros (nm).

Roberto Baptista, pesquisador no Lara-UnB, explica que, no caso da pesquisa da UNC, os nanocompósitos são estruturas de base que permitem o entrelaçamento de materiais distintos criando um “tecido”. “O material pode ter uma flexibilidade elevada e as estruturas podem se comportar como motores e sensores. É como imaginar a diferença dos nossos músculos, da pele e um braço robótico movido por um motor elétrico”, ressalta.

Segundo Borges, o fato de conjugar elementos atuadores e sensores no mesmo dispositivo os aproxima mais do modelo de estruturas biológicas. “Como existem sensores de temperatura, de umidade, de força, que convertem essas grandezas em grandezas elétricas, há os atuadores que realizam o contrário, convertendo grandezas elétricas em temperatura ou força. Seu emprego no corpo humano traz desafios de integração muito grande”, diz.

Geovany Borges, coordenador do Lara-UnB, ressalta que o princípio dos nanocompósitos pode ser compreendido a partir dos termômetros antigos: a diferença de estado do mercúrio e do vidro em resposta à temperatura é o que tornava possível verificar uma febre. “Em alguns sensores eletrônicos, o princípio é parecido. E esses princípios se apresentam em alguns nanocompósitos, o que permite fazer sensores com eles”, conclui o cientista.

## BIOELETRÔNICOS

# Sensores ultrafinos captam partículas no ar

Inspirados em teias de aranha e fios de cabelo, sensores bioeletrônicos ultrafinos foram desenvolvidos por pesquisadores da Universidade de Cambridge, no Reino Unido. A ideia é utilizá-los para detectar sinais biológicos e monitorar a qualidade do ar. Publicado na *Nature Electronics*, o trabalho do grupo de cientistas, liderado por Yan Yan Sherry Huang, criou uma fibra 50 vezes mais fina do que um fio de cabelo cuja aderência foi testada em plantas, embriões de pintinho e dedos humanos.

Nos testes, os fios se adaptaram bem às superfícies, preservando a capacidade de realizar trocas normais com o ambiente. Os pesquisadores trabalharam para criar um material pouco invasivo capaz de fazer o acompanhamento de sinais fisiológicos ou ambientais. O artigo destaca a aplicabilidade do dispositivo em medicina,

monitoramento ambiental, indústria têxtil e eletrônicos.

“A escala de tempo para a aplicação poderia começar na área de Inovação e Desenvolvimento (I&D) no espaço de 2 a 3 anos, depois na medicina, monitoramento ambiental e indústria no intervalo de 4 a 6 anos”, estima Huang.

A colocação da fibra foi inspirada na forma de tecelagem utilizada pelas aranhas, em que a disposição dos fios se baseia na organização espacial de que se dispõe no momento: a chamada abordagem in situ, como explicado no estudo. A técnica utiliza uma máquina que adiciona cada camada de fibra com um movimento circular, o que permite uso sob medida de material.

Feitos com um material capaz de conduzir sinais elétricos (polímero condutor), os fios desenvolvidos são usados em associação com eletrodos para captar e

Universidade de Cambridge/Divulgação



Detectores com espessura de fio de cabelo e das teias de aranha

transmitir os sinais desejados. Para avaliar o funcionamento do sensor, a equipe de Cambridge fez a auferição de impulsos elétricos cardíacos (eletrocardiograma).

“O eletrodo metálico é uma fita de cobre colocado na unha. As fibras bioeletrônicas são enroladas em torno dela e do restante do dedo. Assim, os impulsos são captados pelas fibras, transportados à fita de cobre e, por fim, entregues a um medidor de leitura para visualização”, esclarece Huang.

## Nanofibras

Pesquisas que abordam materiais em forma de nanofibras e medições elétricas já foram realizadas, inclusive, nacionalmente. Mas a aplicação in situ testada em Cambridge é um diferencial, como confirma Maria Luisa Braunger, pesquisadora colaboradora no Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano) do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), em Campinas (SP).

“Deposição de sensores sobre folhas de plantas ou protótipos em tecido epitelial são factíveis com as técnicas comumente utilizadas na área de desenvolvimento de sensores. O método de fabricação sobre uma interface biológica complexa, como a ponta do dedo de uma pessoa, é algo inovador e talvez não amplamente praticado no Brasil”, explica Braunger.

A fibra produzida é constituída por uma solução à base de água, que combina um polímero condutor biocompatível (Pedot:PSS), ácido hialurônico e óxido de polietileno. Essa composição torna seus fios biocompatíveis e hidrofílicos, o que permite sua fácil remoção com água uma vez finalizada sua vida útil. Para reforçar a durabilidade do material, os cientistas recomendam revestimentos com materiais complementares, como uma camada de filme de celulose.

Braunger chama atenção para a diferença de materiais biocompatíveis e biodegradáveis. Biocompatibilidade se refere ao uso em contato com sistemas biológicos sem causar efeitos adversos. Materiais biodegradáveis, por outro lado, são

aqueles possíveis de se decompor sem causar danos ao meio ambiente. “O polímero utilizado no trabalho da professora Huang (Pedot:PSS) é biocompatível, mas não é biodegradável”, conclui a pesquisadora do LNNano.

Os pesquisadores também testaram os sensores para monitoramento ambiental, quando foram combinados com uma pequena luz de LED sobre a folha de uma planta. Em condições normais a luz permanecia acesa, mas diminuiu após exposição à amônia devido ao afrouxamento da fibra reagindo à substância. “[Foi possível] detectar níveis de poluentes em plantas, proporcionando um sistema de alerta precoce para contaminação ambiental”, ressalta Braunger.

Outra possibilidade de aplicação é com a adição dos sensores a luvas de algodão e a incorporação desses sensores à indústria têxtil para criar roupas inteligentes. Esse uso poderia ser expandido também para a área de realidade virtual e videogames, detalhes preservados por motivos de confidencialidade, segundo a pesquisadora. (K.S.)