

Sensor “garimpa” substâncias tóxicas

Desenvolvido por cientistas norte-americanos, o dispositivo portátil utiliza um chip de silício e sondas exclusivas para captar traços minúsculos dos chamados “químicos eternos” na água. Inovação pode ser aplicada em filtros inteligentes

» RAFAELA LEITE*

Cientistas da Universidade de Chicago e do Laboratório Nacional de Argonne (em Lemont, no Illinois) desenvolveram um sensor portátil capaz de identificar, em menos de dois minutos, traços minúsculos de substâncias tóxicas conhecidas como perfluoroalquilicas e polifluoroalquilicas (PFAS). Também chamadas de “químicos eternos”, elas se destacam pela durabilidade extrema no meio ambiente e no corpo humano. Há anos, essas substâncias têm sido utilizadas na composição de diversos produtos domésticos, como painéis antiaderentes, tecidos resistentes a manchas, espumas para combate a incêndios e, também, em aplicações industriais. Algumas delas estão associadas a uma série de problemas de saúde, incluindo o câncer.

As concentrações ínfimas de PFAS referem-se a 250 partes por quadrilhão (ppq) — equivalentes a um grão de areia dentro de uma piscina olímpica. Isso torna o sensor especialmente útil para o monitoramento da água potável em relação a duas dessas substâncias mais tóxicas: o ácido perfluorooctanoico (PFOA) e o ácido perfluorooctanosulfônico (PFOS). Para ambos, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) propôs, recentemente, um limite de quatro partes por trilhão.

Para criar a tecnologia, descrita em artigo publicado na revista *Nature Water*, os pesquisadores desenvolveram um método que utiliza sondas exclusivas para quantificar os níveis de PFAS. Ele foi produzido por meio de técnicas de aprendizagem de máquina, que tornaram o sensor altamente seletivo, ou seja, capaz de reconhecer apenas as PFAS desejada, mesmo em meio a dezenas de outros contaminantes.

Junhong Chen, líder da pesquisa e professor de engenharia molecular na Universidade de Chicago, contou ao **Correio** que sua equipe usou simulações de dinâmica molecular para compreender, em detalhes, as interações entre a sonda e as moléculas-alvo. “Essas

UChicago Pritzker School of Molecular Engineering/John Zich/Divulgação



Cientista manipula o pequeno chip circular, que será utilizado no dispositivo final e funcionará como uma espécie de “nariz eletrônico”

Para saber mais

Limites no Brasil

O biomédico Pedro Veloso lembra que, no âmbito regulatório federal, a Portaria do Gabinete do Ministro/Ministério da Saúde (GM/MS) nº 888/2021 estabelece o padrão

de potabilidade da água. No entanto, ainda não determinam limites numéricos específicos para substâncias da família dos PFAS. O Guia de Implementação de 2024 também não

apresenta parâmetros específicos para esses compostos.

Veloso destaca que o Brasil é signatário da Convenção de Estocolmo, a qual impõe restrições ao uso de PFOS, PFOA e PFHxS (ácido perfluorohexanosulfônico), com controle de importação e uso regulado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos

Naturais Renováveis (Ibama). Não existem, até o momento, limites federais específicos para a presença de PFAS em alimentos.

No âmbito estadual, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) adota valores orientadores para solo e águas subterrâneas e tem intensificado o monitoramento de PFAS.

descobertas computacionais forneceram a base para o trabalho de aprendizagem de máquina que estamos conduzindo atualmente.”

Aparelho

O biomédico Pedro Veloso explica que técnicas de aprendizagem de

máquina são mecanismos que permitem ao computador identificar padrões em grandes volumes de dados para fazer previsões. “Nesse estudo, elas ajudaram a selecionar sondas moleculares com maior afinidade e seletividade para o PFOS, acelerando o desenvolvimento de um sensor mais preciso e sensível”, afirmou.

O funcionamento do sensor se baseia em uma alteração na condutividade elétrica na superfície de um chip de silício, no momento em que uma molécula de PFAS se liga a ele. “Nós optamos pelo chip de silício padrão por seu baixo custo e pela possibilidade de produção em larga escala. Também estamos

explorando chips baseados em nanomateriais, que podem aprimorar ainda mais o desempenho do sensor”, acrescenta Chen.

De acordo com ele, o principal desafio técnico de construir o sensor foi desenvolver uma forma de identificar as PFAS de maneira específica e em concentrações extremamente

baixas, conforme os limites regulatórios definidos pela EPA.

Veloso esclarece que o chip funciona como o próprio sensor. A sonda, por sua vez, é uma película química fixada ao sensor, que se liga ao PFOS e produz uma alteração elétrica. “O dispositivo portátil apenas acomoda o chip, faz a água circular por ele e interpreta o sinal, para exibir o resultado”, afirma. O biomédico acrescenta que “o uso de aprendizado de máquina foi fundamental para selecionar a sonda mais eficaz”. No entanto, ressaltou que o chip é o responsável pela detecção da substância tóxica, ao funcionar como um “nariz eletrônico” do sensor.”

Vantagens e futuro

Entre os principais benefícios do sensor, estão a resposta rápida; o limite de identificação ultrabaixo, na ordem de partes por quadrilhão; e a alta seletividade, diante de outros interferentes. O dispositivo permite o monitoramento contínuo em linha, ou seja, a observação em tempo real. “Na prática, isso viabiliza a triagem em campo, reduz os custos logísticos com análises laboratoriais e antecipa decisões de gestão da água, algo que os laboratórios convencionais, sozinho, não conseguem fazer com a mesma rapidez”, afirma Veloso.

Embora ainda não esteja disponível no mercado, Chen revela que a equipe trabalha intensamente para transformar a tecnologia em produtos comerciais. “Nosso objetivo é desenvolver filtros de água inteligentes integrados a esses sensores”, revela. O líder da pesquisa ressalta que comunidades poderão utilizar o chip de baixo custo para detectar rapidamente a presença de PFAS no abastecimento de água. “Isso é fundamental, pois o consumo de água contaminada com PFAS pode levar ao comprometimento do sistema imunológico, danos ao corpo e até mesmo câncer. O dispositivo é muito fácil de usar, semelhante aos testes de glicose domiciliares, e não requer treinamento especializado”, conclui.

* Estagiária sob a supervisão de Rodrigo Craveiro

DROGAS

Pesquisadores criam detector para celular

» ISABELLA ALMEIDA

A concentração de nicotina presente em cigarros eletrônicos excede em muitas vezes a de cigarros convencionais. Apesar de proibidos no Brasil, os vapores continuam em circulação e não passam por regulação na fabricação, podendo conter diversos tipos de substâncias — como o THC, o principal componente psicoativo encontrado na maconha. Em parceria com colegas de outros países, pesquisadores brasileiros desenvolveram um sensor portátil que detecta, com precisão, canabinoides sintéticos nos líquidos usados nesses artigos e em fluidos biológicos, como a saliva. O trabalho foi publicado recentemente na revista *Talanta*.

O dispositivo utiliza um eletrodo de diamante com boro adicionado, fabricado em colaboração com um grupo da Universidade de Tecnologia de Bratislava, na Eslováquia. Segundo os autores, o sistema se destaca pela simplicidade. “Ele é conectado a um potenciostato — instrumento eletrônico — portátil, que pode ser conectado

a um celular por meio de sua porta USB-C ou até mesmo por bluetooth. A resposta é um gráfico com picos específicos, que identificam e quantificam as substâncias presentes”, explicou Larissa Magalhães de Almeida Melo, primeira autora do estudo, ao lado da aluna Cecília Barroso.

Para Wallans Torres Pio dos Santos, professor da Universidade Federal do Vale do Jequitinhonha e Mucuri, em Minas Gerais, e coordenador da pesquisa, o equipamento representa grande inovação na área. “Ele alia a portabilidade dos sensores impressos à alta estabilidade dos materiais diamantados dopados com boro, que podem ser reutilizados inúmeras vezes”, explica. Segundo Santos, a pesquisa revelou que 63% dos usuários de cigarros eletrônicos não sabem o que consomem.

O sensor foi testado com dois dos canabinoides sintéticos mais comuns e perigosos, AB-Chminaca e MDMB-4en-Pinaca. O equipamento conseguiu detectar concentrações tão baixas quanto 0,2 micromolar, mesmo na presença de altos níveis de nicotina

Larissa Melo/INCT-SP



Dispositivo pode ser conectado à porta USB-C de um celular

e de outras substâncias interferentes. Em química, micromolar é uma unidade de medida para a concentração de uma substância em solução. Um micromolar equivale a um milionésimo de um mol por litro.

Precisão

Mesmo com a complexidade das amostras, o dispositivo foca somente nas substâncias de interesse. “É como entrar em um quarto escuro e iluminar apenas o ponto que queremos observar”, comparou Santos. O objeto pode ser usado no atendimento a indivíduos que sofrem de overdoses ou de outras complicações, mas também para iniciativas de redução de danos.

De acordo com Luciano Arantes, pesquisador e membro do comitê gestor do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Substâncias Psicoativas (INCT-SP), quando um novo método é proposto para detecção rápida — visando cenários de repressão ao tráfico e redução de danos —, algumas características devem ser consideradas. “A portabilidade, o custo, a simplicidade analítica e interpretativa, bem como a escalabilidade, precisam ser considerados.”

O grupo de pesquisa é parceiro do Projeto BACO: Toxicologia e Análise Toxicológica como Fontes de Informação para Políticas de Drogas, que tem o objetivo de avaliar o uso de novas substâncias psicoativas em festas e festivais por meio da análise de amostras de fluido oral. A parceria busca

Palavra de especialista

Esforço coletivo

“Até 10 de outubro passado, um total de 1.396 novas substâncias psicoativas (NSP) foram reportadas ao Escritório das Nações Unidas sobre Drogas e Crime. Portanto, é imprescindível manter o método atualizado com as novas substâncias psicoativas reportadas, ou, para ser mais realista, com aquelas que representam as diferentes estruturas químicas circulando no mercado ilícito de drogas. Esse é um desafio enorme, que somente um esforço coletivo é capaz de alcançar.

Temos visto um enorme avanço no desenvolvimento de métodos portáteis de triagem de substâncias psicoativas no mundo, e

Arquivo pessoal



O Brasil tem sido protagonista nessa área. O sucesso dessa abordagem está relacionado às parcerias estimuladas pelos órgãos de fomento à pesquisa no Brasil, como CAPES, CNPq e o Conselho Nacional das Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa, bem como à aproximação e ao trabalho conjunto das partes interessadas na produção de evidências científicas para a produção de políticas públicas nas áreas de saúde e segurança.”

Luciano Arantes, pesquisador e membro do comitê gestor do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Substâncias Psicoativas (INCT-SP)

fazer a triagem imediata de substâncias que os frequentadores desses eventos pretendem consumir.

A adaptabilidade do método é outro ponto forte indicado pelos pesquisadores, que desenvolveram sensores semelhantes para outros tipos

de drogas. Arantes cita o LSD e seus análogos sintéticos, catinonas e feniletilaminas. “Também estamos trabalhando na incorporação de reagentes colorimétricos aos sensores para facilitar a interpretação visual dos resultados”, frisa.