

# Microondas para detectar tumores

Una nueva generación de sistemas de diagnóstico por imágenes apunta a evitar la compresión mamaria y la radiación de los mamógrafos tradicionales

GISELLE SOARES

**C**uidadosamente, el ingeniero de información Bruno Sanches coloca sobre la mesa del Laboratorio de Sistemas Integrados de la Escuela Politécnica de la Universidad de São Paulo (Poli-USP) un aparato de color anaranjado y con formato cónico, de 15 centímetros (cm) de diámetro, parecido a la copa de un corpiño o sostén. Tiene su sentido. Se trata del prototipo de una nueva generación de dispositivos diseñados para realizar exámenes de las mamas que se ajustan alrededor de los senos y toman imágenes desde distintos ángulos en busca de tumores que deban eliminarse. El Instituto Nacional del Cáncer (Inca), estima que habrá 73.600 nuevos casos de cáncer mamario al año en Brasil entre 2023 y 2025. Es el tipo de tumor más frecuente entre las mujeres de todas las regiones del país, con índices más elevados en el sur y el sudeste.

Una de las características principales del nuevo sistema de diagnóstico por imágenes, un proyecto conjunto entre la Poli-USP y el Departamento de Ingeniería Eléctrica del Instituto Federal de São Paulo (IFSP), consiste en que su funcionamiento se basa en las microondas, una nueva vía tecnológica que también es objeto de investigaciones en universidades de Estados Unidos, Canadá,

Reino Unido, Suecia, Italia, Japón y Australia. Los mamógrafos que se emplean actualmente para detectar tumores mamarios funcionan con rayos X, un tipo de radiación ionizante que puede entrañar riesgos para la salud.

Aunque la mayoría de las mujeres lo toleran bien, el examen realizado con los mamógrafos tradicionales puede causar molestias y dolor, debido a la compresión que ejercen sobre los senos las placas que componen el aparato. El nuevo dispositivo proyectado por los investigadores paulistas se amolda a las mamas y evita que el proceso sea doloroso. En 2023, en el Sistema Único de Salud (el SUS, la red de salud pública nacional) de Brasil, se realizaron 4,4 millones de mamografías.

“Pretendemos ofrecer una alternativa complementaria a la mamografía”, comenta Sanches. Según el ingeniero, este aparato podría ser especialmente útil para las mujeres con mamas densas, para quienes la mamografía es menos sensible. La densidad de los senos, una característica independiente de su tamaño, es la proporción de tejido fibroso y glandular en relación con el tejido adiposo o grasa.

El estándar del Colegio Americano de Radiología (ACR) para los exámenes por imágenes clasifica a las mamas en cuatro tipos de densidad: predominantemente grasa y menos densa, más fácil de examinar mediante una mamografía; con áreas dispersas de tejido fibroglandular; heterogéneamente densa, lo que puede dificultar la detección de pequeños nódulos o tumores, y extremadamente densa, lo que hace aún más difícil la detección de lesiones en la mamografía. El sistema propuesto podría resultar ventajoso en los casos de mamas densas, ya que las propiedades electromagnéticas de los tejidos implicados son discrepantes, lo que permite diferenciarlos.

“Cuanto más densa es la mama, más blanca aparece en la mamografía, lo que dificulta la detección de los tumores, que también presentan este color”, explica el radiólogo Almir Bitencourt, del A.C.Camargo Cancer Center, uno de los principales centros de investigación, diagnóstico y tratamiento nacionales en este campo. “En estos casos, suelen recomendarse exámenes complementarios tales como la ecografía o la resonancia magnética”.

#### ONDAS DE RADIO

El prototipo de la USP y el IFSP utiliza un dispositivo electrónico que transmite y recibe señales llamado transceptor de microondas, con antenas incorporadas. El transceptor emite ondas de radio de banda ultraancha, con una frecuencia central de 6,4 gigahercios (GHz), que atraviesan el tejido mamario y retornan al dispositivo al toparse con estructuras internas más densas, como los posibles tumores. Las señales reflejadas son procesadas por una unidad de procesamiento de imágenes que utili-

za un algoritmo para generar un mapa detallado de la región (véase la infografía en la página contigua).

Actualmente, el sistema genera imágenes bidimensionales reconstruidas de la mama, pero la estructura del hardware permite ajustar la posición vertical de la plataforma, lo que hace posible variar la ubicación de las antenas. De este modo, el dispositivo podrá realizar exámenes de diferentes secciones de la mama y exhibir imágenes tridimensionales.

**E**n ensayos realizados con un modelo artificial, denominado *phantom*, con materiales que buscan replicar las propiedades eléctricas de los tejidos mamarios, los investigadores constataron que el aparato es capaz de detectar tumores de 1 cm de diámetro y a 3 cm de profundidad, tal como se lo describe en un artículo publicado en enero de 2023 en la revista *Biomedical Signal Processing and Control*.

La estructura interna del *phantom* fue proyectada para simular la anatomía de la mama, con 0,2 cm de piel, 6 cm de tejido glandular y 8,6 cm de tejido adiposo. El cáncer de mama se clasifica en cuatro estadios clínicos, según su extensión y gravedad. Los tumores de hasta 2 cm de diámetro que aún no afectaron a los ganglios linfáticos se encuentran en un estadio inicial y son los menos graves.

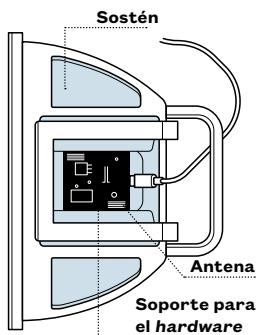
La mamografía por rayos X, recomendada para el diagnóstico de alteraciones sospechosas en cualquier edad, tanto en mujeres como en varones, no solo logra identificar las lesiones de un tamaño inferior a 1 cm, sino también los primeros signos del cáncer de mama, las llamadas microcalcificaciones. “En la actualidad, ningún otro método detecta las microcalcificaciones con la misma precisión”, informa Bitencourt, del A.C.Camargo.

El examen por microondas, aunque en su versión actual es menos preciso, podría evitar la radiación ionizante de los equipos tradicionales. “Los mamógrafos que utilizan rayos X requieren ambientes blindados, mientras que la tecnología basada en microondas no emite radiación ionizante, lo que la vuelve más segura y accesible”, destaca la ingeniera electricista Fatima Salete Correra, también de la Poli-USP, quien no participó en la investigación. Los equipos portátiles y de bajo costo pueden ser beneficiosos, sobre todo en lugares donde el acceso a los exámenes mamográficos es más difícil.

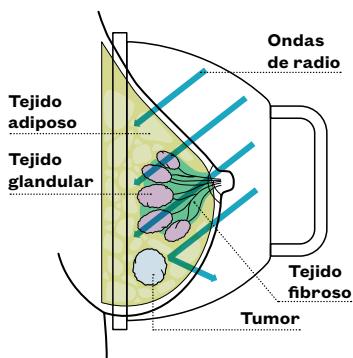
La experiencia previa del equipo paulista con el circuito integrado miniaturizado conocido como Sampa (acrónimo en inglés por *serialized analog-digital multi-purpose Asic*), construido con la ayuda de la FAPESP, contribuyó al desarrollo de los componentes integrados al prototipo portátil. “El conocimiento sobre cómo proyectar y fabricar amplificadores muy sensibles, conversores analógico-digitales y procesadores de señales fue

# Cómo funciona el nuevo examen

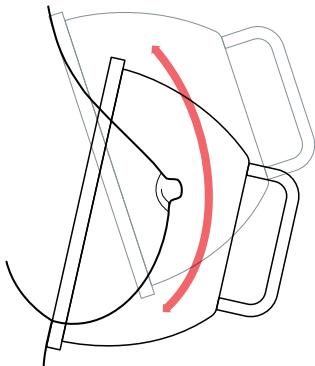
El dispositivo se coloca en diferentes ángulos alrededor de la mama para obtener la mejor imagen



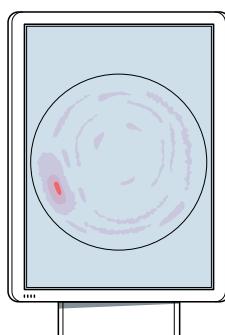
1 El prototipo utiliza un transceptor de microondas con antenas incorporadas y un sujetador de caucho de silicona para el acoplamiento en seco, sin necesidad del gel conductor



2 El transceptor emite ondas de radio de banda ultraancha, que atraviesan el tejido mamario y rebotan hacia el aparato cuando encuentran estructuras internas más densas



3 Para generar una imagen más completa y detallada, el dispositivo se posiciona sobre diferentes partes de la mama, sin necesidad de comprimirla



4 Una unidad de procesamiento analiza las señales reflejadas y, con la ayuda de un algoritmo propio, genera un mapa bidimensional de la zona analizada

FUENTE BRUNO SANCHES (USP)

esencial para poder construir chips aplicados al área de la salud”, explica Sanches, de la Poli-USP. El chip Sampa (también una alusión a la ciudad de São Paulo), creado por investigadores de la USP, la Unicamp y el Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), se encuentra en funcionamiento desde 2020 en uno de los cuatro detectores de partículas del Gran Colisionador de Hadrones (LHC), operado por la Organización Europea para la Investigación Nuclear (Cern), en la frontera francosuiza.

El próximo paso del equipo paulista consistirá en evaluar el desempeño del prototipo en *phantoms* de diversos tamaños de mama y diferentes tipos de tumores. Aún no hay empresas interesadas en colaborar con el proyecto. En otros países, los dispositivos de este tipo ya se encuentran en fases más avanzadas de desarrollo. En un artículo de revisión publicado en diciembre de 2024 en la revista *IEEE Access*, los investigadores de la USP y el IFSP compararon el rendimiento de 12 prototipos

y observaron que presentan niveles dispares de sensibilidad (la capacidad de identificar correctamente a las personas que presentan un tumor) y especificidad (la capacidad de mostrar un resultado negativo en las que no tienen un tumor).

Algunos han mostrado alta precisión, como el dispositivo desarrollado por la Universidad McMaster, en Canadá, que demostró capacidad para detectar tumores de 2,4 milímetros (mm), aunque el examen tarda cinco horas. Uno de los dispositivos más avanzados ha sido bautizado Maria (acrónimo en inglés por *multistatic array processing for radio-wave image acquisition*) y fue creado en la Universidad de Bristol (Inglaterra). En una ensayo clínico con 389 mujeres con una edad promedio de 47 años, la sexta versión del aparato logró identificar correctamente el 47 % de las lesiones malignas, un porcentaje aún bastante inferior al de la mamografía convencional, cuyo índice de acierto es de un 92 %, según se detalla en un artículo publicado en enero de 2024 en la revista *British Journal of Radiology*.

Aunque el examen recibió una evaluación positiva de las mujeres, los autores del estudio, bajo la dirección del radiólogo Richard Sidebottom, del Royal Marsden NHS Foundation Trust, arribaron a la conclusión de que el diagnóstico por microondas aún no puede considerarse completamente eficaz. Del total de participantes, el 94 % prefirió este procedimiento antes que la mamografía tradicional, principalmente porque evitaba la compresión de las mamas y por la ausencia de radiación ionizante. Nueve de cada 10 mujeres declararon haberse sentido más cómodas durante el diagnóstico. ●

Prototipo del sistema de diagnóstico por imágenes vía microondas diseñado en la USP y el IFSP



Los artículos científicos consultados para la elaboración de este reportaje aparecen listados en la versión online.