



Ministério da Saúde  
Instituto Nacional de Câncer  
Coordenação de Ensino/Área de Ensino Técnico  
Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio  
Curso de Educação Profissional Técnica de  
Nível Médio Citopatologia



**KARLA THAIS DE SOUZA PEREIRA**

**CORRELAÇÃO ENTRE A ECOGENICIDADE ULTRASSONOGRÁFICA E AS  
CARACTERÍSTICAS CITOPATOLÓGICAS**

Rio de Janeiro

2026

**KARLA THAIS DE SOUZA PEREIRA**

**CORRELAÇÃO ENTRE A ECOGENICIDADE ULTRASSONOGRÁFICA E AS  
CARACTERÍSTICAS CITOPATOLÓGICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Nacional de Câncer em convênio com a Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio como requisito parcial para a aprovação no Curso de Educação Profissional Técnica de Nível Médio Habilitação em Citopatologia.

Orientador: Prof. Dr. Thiago de Souza Cruz

Rio de Janeiro

2026

**KARLA THAIS DE SOUZA PEREIRA**

**CORRELAÇÃO ENTRE A ECOGENICIDADE ULTRASSONOGRÁFICA E AS  
CARACTERÍSTICAS CITOPATOLÓGICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto Nacional de Câncer  
em convênio com a Escola Politécnica de  
Saúde Joaquim Venâncio como requisito  
parcial para a aprovação no Curso de  
Educação Profissional Técnica de Nível  
Médio Habilitação em Citopatologia.

Avaliado em:

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Thiago de Souza Cruz  
(Instituto Nacional De Câncer)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Daniela Alves Santana  
(Instituto Nacional De Câncer)

---

Prof. Dr. Leandro Medrado  
(Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio)

Rio de Janeiro

2026

# FICHA CATALOGRÁFICA

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
INCA/COENS/SEITEC/NSIB  
Elaborado pela bibliotecária Izani Saldanha – CRB7 5372

P436c Pereira, Karla Thais de Souza.

Correlação entre a ecogenicidade ultrassonográfica e as características citopatógicas / Karla Thais de Souza Pereira. – 2026.

44 f.: il. color.

Orientador: Dr. Thiago de Souza Cruz.

Trabalho de conclusão de curso (Nível Médio) – Instituto Nacional de Câncer, Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio / Fiocruz, Curso de Educação Profissional Técnica de Nível, Médio Habilitação em Citopatologia, Rio de Janeiro, 2026.

1. Citopatologia. 2. Ultrassonografia. I. Cruz, Thiago de Souza. II. Instituto Nacional de Câncer (Brasil). III. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio. IV. Título.

CDD 611.0181

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus por me conceder força, resiliência e saúde em cada etapa desta trajetória. De igual modo, dedico-a à minha família, por ser o meu porto seguro e o incentivo maior, transformando cada dificuldade em aprendizado e cada passo em uma vitória compartilhada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela vida e pela oportunidade de abrir as portas dos meus sonhos. Aos meus pais, Mauro P. Neto e Maria de Fátima, agradeço por todo amor, apoio, incentivo e por acreditarem no meu potencial mesmo em meio a tantas incertezas. Agradeço à minha família e aos amigos pelas orações e energias positivas que foram essenciais para mim.

Ao professor orientador Thiago, agradeço por todo o suporte técnico, paciência e dedicação ao meu trabalho, oferecendo uma supervisão que contribuiu diretamente para o meu desenvolvimento ao longo do curso. Meu agradecimento se estende ao Instituto Nacional de Câncer pelo suporte e infraestrutura oferecidos, incluindo bolsa de estudos, alojamento, laboratórios, recursos tecnológicos, segurança física e emocional, que foram muito importantes para mim.

Por fim, agradeço a todo o corpo docente pelo ensino, pois sem vocês não seria possível concluir essa etapa da minha história. Agradeço por compartilharem seus conhecimentos e pela dedicação em formar profissionais capacitados. Levo comigo cada ensinamento e exemplo de ética que recebi durante as aulas, os quais serão fundamentais para a minha atuação prática de agora em diante.

## EPÍGRAFE

Tente mover o mundo. O primeiro passo  
será mover a si mesmo.

- *Platão.*

## RESUMO

PEREIRA, Karla Thais de Souza. **Correlação entre a ecogenicidade ultrassonográfica e as características citopatológicas**. Orientador: Thiago de Souza Cruz. 2026. 35 f. Trabalho de conclusão de curso (Habilitação em Citopatologia) – Instituto Nacional de Câncer, Rio de Janeiro, 2026.

**Introdução:** O câncer representa um desafio global de saúde pública com incidência crescente e alta mortalidade, em boa parte devido à detecção tardia, que limita as opções terapêuticas. A identificação precoce de lesões é primordial para melhorar o prognóstico e a qualidade de vida dos pacientes. Embora metodologias como a biópsia líquida, biomarcadores e análises citológicas sejam empregadas, a eficácia na detecção inicial, exige a integração de informações não tumorais, onde a ultrassonografia assume um papel essencial. **Objetivo:** Analisar a correlação entre os padrões de ecogenicidade ultrassonográfica fundamentados nos princípios da impedância acústica e as características citopatológicas. **Metodologia:** A pesquisa constitui uma revisão narrativa da literatura, realizada via levantamento bibliográfico em bases eletrônicas, com suporte de descritores MeSH e critérios sistemáticos de triagem de artigos publicados na última década, além de fontes clássicas sobre impedância acústica. **Resultados:** Os dados demonstram que a formação da imagem ultrassonográfica é governada pela impedância acústica, uma propriedade tecidual resultante do produto entre a densidade e a velocidade de propagação do som. Observou-se que variações na microestrutura, como celularidade, presença de fibrose e conteúdo hídrico, alteram significativamente a impedância, gerando padrões de ecogenicidade classificados como anecoicos, hipoecoicos, isoecoicos ou hiperecoicos. **Discussão:** Verificou-se que lesões com alta densidade celular tendem a apresentar hipoecogenicidade, enquanto a presença de colágeno ou gordura eleva a reflexão sonora. A correlação entre esses padrões e os achados citopatológicos permite ao analista inferir a composição tecidual e selecionar áreas representativas para a coleta por punção aspirativa, aumentando a acurácia do diagnóstico diferencial. **Considerações finais:** Nossa revisão indica que o ultrassom capta tecidos em tempo real através de interações com ondas mecânicas de alta frequência, dependendo das características acústicas, como densidade, elasticidade e impedância. A impedância acústica, produto da densidade e velocidade do som, determina a reflexão em interfaces teciduais. Variações na impedância acústica em células e tecidos oferecem informações sobre microestruturas e estados fisiológicos, e patológicos devido a mudanças no conteúdo de água, fluido extracelular, propriedades de membrana e densidade. A manifestação desses achados em padrões de ecogenicidade é de suma importância para a correlação com exames citopatológicos, permitindo inferir a composição tecidual e auxiliar na diferenciação entre lesões benignas e malignas.

Palavras-chave: ecogenicidade; citopatologia; impedância acústica; ultrassonografia.

## ABSTRACT

PEREIRA, Karla Thais De Souza. **Correlation between ultrasonographic echogenicity and cytopathological characteristics**. Advisor: Thiago de Souza Cruz. 2026. 35 f. Course Completion Work (Qualification in Cytopathology) Instituto Nacional De Câncer, Rio de Janeiro, 2026.

**Introduction:** Cancer represents a global public health challenge with increasing incidence and high mortality, largely due to late detection, which limits therapeutic options. Early identification of lesions is paramount to improving prognosis and patients' quality of life. Although methodologies such as liquid biopsy, biomarkers, and cytological analyses are employed, efficacy in early detection requires the integration of non-tumoral information, a sphere in which ultrasonography assumes an essential role. **Objective:** To analyze the correlation between ultrasonographic echogenicity patterns based on the principles of acoustic impedance and cytopathological characteristics. **Methodology:** The research constitutes a narrative literature review, conducted via a bibliographic survey in electronic databases, supported by MeSH descriptors and systematic screening criteria for articles published in the last decade, in addition to classical sources on acoustic impedance. **Results:** The data demonstrate that ultrasound image formation is governed by acoustic impedance, a tissue property resulting from the product of density and the speed of sound propagation. It was observed that variations in microstructure, such as cellularity, presence of fibrosis, and water content, significantly alter impedance, generating echogenicity patterns classified as anechoic, hypoechoic, isoechoic, or hyperechoic. **Discussion:** It was found that lesions with high cellular density tend to present hypoechogenicity, while the presence of collagen or fat increases sound reflection. The correlation between these patterns and cytopathological findings allows the analyst to infer tissue composition and select representative areas for fine-needle aspiration, increasing the accuracy of differential diagnosis. **Conclusion:** The review indicates that ultrasound captures tissues in real-time through interactions with mechanical waves, depending on characteristics such as density and impedance. Variations in impedance in cells and tissues offer information about microstructures and physiological or pathological states. The manifestation of these findings in echogenicity patterns is of paramount importance for the correlation with cytopathological examinations, allowing for the inference of tissue composition and aiding in the differentiation between lesions.

Keywords: echogenicity; cytopathology; acoustic impedanc; ultrasound.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Tipos de Ecogenicidade em Ultrassonografia.....  | 09 |
| Figura 2 – Paleta de Cores da Ecogenicidade.....  | 09 |
| Figura 3 – Ultrassonografia de Massa Parotídea.....   | 10 |
| Figura 4 – Esfregaço Citológico de Massa Parotídea.....   | 10 |
| Figura 5 – Ultrassonografia de Glândula Parotídea.....  | 11 |
| Figura 6 – Esfregaço Citológico de Glândula Parotídea.....  | 11 |
| Figura 7 – Interação do Feixe de USG com Diferentes Meios e tecidos.....                                      | 12 |
| Figura 8 – Reflexão Sonora e Interfaces de Impedância.....  | 14 |
| Figura 9 – Imagem ultrassonográfica de Mama (A) e Esfregaço Citológico de Mama (B).....                       | 16 |
| Figura 10 – Ultrassonografia de Massa Oval na Mama (A) e Fibroadenoma (B).....                                | 17 |
| Figura 11 – Imagem Ultrassonográfica Transversal de Mama.....   | 17 |
| Figura 12 – Esfregaço Citológico de Mama Evidenciando Necrose Gordurosa                                       | 18 |
| Figura 13 – Ultrassonográfica de Cisto Mamário Simples (A), Lâmina com Conteúdo Cístico (B).....              | 18 |
| Figura 14 – Imagem Ultrassonográfica de Massa Pulmonar (A), Citopatologia de Adenocarcinoma Pulmonar (B)..... | 19 |
| Figura 15 – Imagem Ultrassonográfica de Nódulo Subpleural (A), Citopatologia de Linfoma Pulmonar (B).....     | 20 |
| Figura 16 – Imagem Ultrassonográfica de Massa Infiltrativa no Pulmão.....                                     | 20 |
| Figura 17 – Linfoma de Hodgkin.....   | 21 |
| Figura 18 – Ultrassonografia de Nódulo da Tireoide (A), Cisto Coloide de Tireoide (B).....                    | 22 |
| Figura 19 – Ultrassonografia de Nódulo Isoecogênico de Tireoide (A), Nódulo Coloide (B).....                  | 22 |
| Figura 20 – USG de Lobo Direito da Tireoide (A), Esfregaço Citológico de Nódulo Adenomatoso (B).....          | 23 |
| Figura 21 – Imagem Ultrassonográfica de Nódulo Sólido na Tireoide (A), Tireoidite Linfocítica (B).....        | 24 |
| Figura 22 – Ultrassonografia de Corte Transversal da Tireoide.....  | 24 |
| Figura 23 – Carcinoma Papilífero de Tireoide.....   | 25 |

## SUMÁRIO

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | <b>INTRODUÇÃO</b> .....  | 01 |
| 1.1 | <i>Objetivo geral</i> .....  | 02 |
| 1.2 | <i>Objetivos específicos</i> .....   | 02 |
| 1.3 | <i>Metodologia</i> .....   | 03 |
| 2   | <b>DESENVOLVIMENTO</b> .....   | 06 |
| 2.1 | <i>Contextualização e a Evolução do Diagnóstico Citológico</i> .....         | 06 |
| 2.2 | <i>Punção Aspirativa por Agulha Fina (PAAF) e o Suporte da Imagem</i> .....  | 07 |
| 2.3 | <i>Princípios Físicos da Ultrassonografia e Ecogenicidade</i> .....          | 07 |
| 2.4 | <i>Impedância Acústica e Interação Tecidual</i> .....                        | 12 |
| 2.5 | <i>Correlação Ultrassonográfica e Citopatológica: Análise de Casos</i> ..... | 16 |
| 2.6 | <i>Integração dos Achados Ultrassonográficos e Citopatológicos</i> .....     | 25 |
| 3   | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....  | 28 |
|     | <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | 29 |

## 1 INTRODUÇÃO

A incidência global de câncer aumenta progressivamente com diferentes variações entre os países, sendo resultado da interação de fatores ambientais e hereditários. Com a estimativa de mais de 35 milhões de novos casos até 2050 (Opas, 2024). A detecção precoce torna-se crucial como estratégia para reduzir a mortalidade, melhorar a qualidade de vida, a sobrevida e o prognóstico do paciente (Inca, 2021).

Detectar tumores agressivos precocemente possibilita um tratamento mais eficaz. Essa abordagem não só melhora a qualidade de vida dos pacientes, mas também eleva as taxas de sobrevivência em muitos tipos de câncer (Connal, Siobhan *et al*, 2023).

Para o diagnóstico precoce do câncer, existem diversas metodologias, das mais simples às mais avançadas. Entre elas, destacam-se a biópsia líquida e a análise de biomarcadores proteicos, como o antígeno prostático específico (PSA). No entanto, para uma detecção realmente eficaz da doença em seus estágios iniciais, as tecnologias precisam ir além da análise de marcadores tumorais diretos, integrando também informações não oriundas do tumor (Connal, Siobhan *et al.*, 2023). Nesse contexto, métodos como a ultrassonografia desempenham um papel importante (Qi, Bing *et al.*, 2024).

A ultrassonografia atua como forma complementar na detecção e rastreamento de tumores. Isso porque o ultrassom, uma onda mecânica de alta frequência, interage com os tecidos biológicos, sendo absorvido, refletido ou transmitido conforme suas características acústicas. (Santos Silva, *et al.*, 2024). Essas interações estão relacionadas a propriedades como densidade, elasticidade e impedância acústica (Sjeznfeld; Clemente Filho, 1984; Silva *et al.*, 2024).

A impedância acústica resulta do produto da densidade do material pela velocidade de propagação do som (Sjeznfeld; Clemente Filho, 1984). Quando um feixe ultrassônico atinge uma interface com impedâncias diferentes, parte da energia é transmitida e parte é refletida, a amplitude da onda refletida depende desta diferença de impedância (Sjeznfeld; Clemente Filho, 1984).

As variações de impedância acústica nas células e tecidos podem ser usadas para obter informações sobre o estado fisiológico da célula. A impedância acústica permite identificar a fonte de espalhamento do ultrassom nas células, crucial para diagnosticar lesões citopatológicas (Fadhel *et al.*, 2015).

Células inflamadas apresentam alterações em suas propriedades, como capacitância e condutância, impactando sua impedância. Isso ocorre devido a modificações no conteúdo de água celular, volume do fluido extracelular, características da membrana, densidade de empacotamento e destruição das junções, além de mudanças na orientação celular (Fadhel *et al.*, 2015; Zain MN *et al.*, 2014).

Assim, a ultrassonografia, baseada nos princípios da impedância acústica, surge como um recurso promissor. Essa combinação pode otimizar a detecção e o diagnóstico citopatológico, fornecendo informações relevantes para o diagnóstico diferencial de patologias e oferecendo um avanço significativo (Fadhel *et al.*, 2015; Qi, Bing *et al.*, 2024).

## 1.1 Objetivo geral

Analisar a correlação entre os padrões de ecogenicidade ultrassonográfica fundamentados nos princípios da impedância acústica e as características citopatológicas.

## 1.2 Objetivos específicos

- Descrever os fundamentos da ultrassonografia detalhando o conceito de impedância acústica.
- Caracterizar os diferentes padrões de ecogenicidade ultrassonográfica (hipoecoico, hiperecoico, anecoico, isoecoico, heterogêneo) correlacionando com suas prováveis composições teciduais.

- Correlacionar a ecogenicidade ultrassonográfica, fundamentada na impedância acústica, com o diagnóstico citopatológico (benignos, malignos ou indeterminados).

### 1.3 Metodologia

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão narrativa da literatura, de natureza qualitativa e caráter exploratório, voltada à investigação da correlação entre a ecogenicidade ultrassonográfica e as características citopatológicas sob a ótica dos princípios biofísicos da Impedância Acústica. Para a construção deste trabalho, realizou-se uma busca bibliográfica sistemática por artigos científicos e outras fontes de elevada credibilidade, como livros, revistas e jornais especializados.

As buscas concentraram-se primariamente na base de dados eletrônica *National Library of Medicine* (PubMed), escolhida por sua abrangência e relevância global na área da saúde, sendo complementada pela consulta à base *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) para assegurar a inclusão de produções científicas pertinentes ao cenário nacional e regional. Adicionalmente, a pesquisa estendeu-se a portais institucionais de referência, como o Instituto Nacional de Câncer (Inca) e a Organização Pan-Americana da Saúde (Opas), além do portal especializado *Pathology Outlines*, selecionados devido à sua autoridade técnica e importância para o entendimento necessário ao tema.

A estratégia de busca foi guiada pela utilização de descritores controlados extraídos do vocabulário em Ciências da Saúde (MeSH), aplicados nos idiomas português e inglês para garantir a otimização e a abrangência dos resultados. Estes termos foram combinados por meio de operadores booleanos (AND e OR) e integrados a termos livres e suas variações linguísticas (Tabela 1). No suporte tecnológico à triagem bibliográfica, empregou-se a ferramenta de inteligência artificial *AI-driven research* (SciSpace), que auxiliou na síntese interpretativa de informações complexas e na localização célere de dados específicos nos manuscritos, sem prescindir da análise crítica e do julgamento intelectual do autor.

Quanto ao marco temporal, a revisão priorizou publicações dos últimos 10 anos (2014 - 2024). Todavia, fundamentou-se em fontes clássicas e bases teóricas datadas a partir de 1977 para a sustentação de conceitos pilares que permanecem imutáveis,

como as fórmulas de impedância acústica e os princípios de formação da imagem diagnóstica. O processo de seleção inicial identificou aproximadamente 157 artigos, os quais foram submetidos a filtros rigorosos que priorizaram textos completos e com aderência direta ao tema central: a influência da microestrutura tecidual (celularidade, fibrose e calcificações) na apresentação ecográfica das lesões.

Por fim, foram estabelecidos critérios de exclusão para descartar trabalhos duplicados, estudos que não estabeleciam correlação direta entre imagem e citologia ou pesquisas com amostras irrelevantes, resultando em um corpus final de análise consolidado pela coerência técnico-científica e relevância diagnóstica.

**Tabela 1** - Vocabulário Controlado MeSH e lista de Descritores MeSH

| Vocabulário Controlado MeSH   | Lista de Descritores MeSH  |
|---|--|
| "Ecogenicidade Ultrassonográfica" OR<br>"Ultrasonography Echogenicity"<br>"Citopatologia" OR "Cytopathology"<br>"Impedância Acústica" OR "Acoustic Impedance"<br>"Lesões" OR "Lesions"<br>"Diagnóstico Precoce de Câncer" OR "Early Detection of Cancer"<br>"Lesões Citopatológicas" OR "Cytopathology Lesions"<br>"Ecogenicidade de Células" OR "Cells Echogenicity"<br>"Ultrasonography Echogenicity" AND "Cytopathology"<br>AND "Acoustic Impedance" ou "Lesions" AND<br>"Ultrasonography" AND "Cytopathology" | Echogenicity<br>Ultrasonography/methods<br>Ultrasound/methods<br>Sonography/methods<br>Hypoechoic<br>Hyperechoic<br>Isoechoic<br>Anechoic<br>Mixed echogenicity<br>Heterogeneous echogenicity<br>Cytopathology<br>Cytologic Techniques<br>Fine-Needle Aspiration<br>Biopsy FNA<br>Cellular Morphology<br>Histocytology<br>lesions<br>Neoplasms<br>Tumors<br>Nodules<br>Masses<br>Cysts |

Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

A fim de garantir a especificidade e a sensibilidade da revisão, a estratégia de busca foi estruturada em três eixos temáticos fundamentais, permitindo a intersecção científica entre a física das imagens, a morfologia celular e a aplicação

diagnóstica (Tabela 2). O eixo 1 (Imaginologia) concentrou os descritores voltados à física acústica e às propriedades de reflexão tecidual, o eixo 2 (Patologia) agrupou as técnicas de análise citomorfológica e procedimentos de biópsia, e o eixo 3 (Diagnóstico) delimitou o contexto clínico das neoplasias e massas em estudo. A combinação desses eixos por meio de operadores booleanos assegurou que o *corpus* final de análise contemplasse, de forma integrada, a correlação entre a ecogenicidade definida por parâmetros como marginação e padrão ecogênico e os achados citopatológicos correspondentes.

**Tabela 2** - Estratégia de Busca Detalhada (MeSH e Termos Livres)

| <b>Categorias de Busca</b>  | <b>Descritores Controlados (MeSH)</b>                                  | <b>Termos Livres e Variações (Keywords)</b>  |
|-----------------------------|--|--|
| <b>Eixo 1: Imaginologia</b> | Ultrasonography; Acoustic Impedance; Ultrasonography, Mammary.         | Echogenicity; Hypoechoic; Hyperechoic; Isoechoic; Anechoic; Mixed echogenicity; Heterogeneous echotexture. |
| <b>Eixo 2: Patologia</b>    | Cytodiagnosis; Biopsy, Fine-Needle; Cytological Techniques; Neoplasms. | Cytopathology; Cellular Morphology; FNA; Histocytology; Milan System; Cellular density.                    |
| <b>Eixo 3: Diagnóstico</b>  | Early Detection of Cancer; Diagnosis, Differential.                    | Correlation; Microstructures; Salivary gland mass; Lesions; Nodules; Tumors.                               |

Fonte: Elaborado pela Autora, 2026.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E A EVOLUÇÃO DO DIAGNÓSTICO CITOLÓGICO

O câncer continua sendo uma das principais causas de morte em todo o mundo, frequentemente devido a sua detecção tardia, que limita as opções terapêuticas disponíveis (Brito-Rocha *et al.*, 2023). O fardo que ele impõe cresce constantemente em escala global, causando tensões emocionais, físicas e financeiras para indivíduos, famílias e sistemas de saúde, a detecção precoce é fundamental para melhorar a qualidade de vida, a sobrevivência e para reduzir o ônus financeiro dos tratamentos contra o câncer, que é maior na detecção em estágio avançado (Connal, Siobhan *et al.*, 2023).

É neste contexto de necessidade diagnóstica que se insere a Citologia, termo derivado do grego *kytos* (célula) e *logos* (estudo) constitui a disciplina científica dedicada ao estudo da célula, a unidade fundamental de todos os seres vivos. Este ramo da Biologia foca na análise minuciosa da estrutura, das funções e dos processos vitais que ocorrem em nível celular (Mariano Amabis; Rodrigues Martho, 2012). A consolidação do estudo da célula remonta ao ano de 1665, quando o físico inglês Robert Hooke observou cortes de cortiça e identificou pequenas cavidades, as quais batizou de "células" do latim, pequena cela (Crouvisier-Urien *et al.*, 2019).

A partir dessa descoberta pioneira, e com a subsequente formulação da Teoria Celular e o contínuo avanço das técnicas científicas, a citologia se consolidou como um pilar para a compreensão dos mecanismos da vida (Subha Santra; Fãs Tseng, 2022). Contudo foi George Papanicolaou quem revolucionou o campo da microscopia com seu método de detecção do câncer uterino (Chandrasekhar; Krishnamurti, 2018).

Nos últimos 50 anos, o uso do exame de Papanicolaou como teste de rastreamento do câncer do colo do útero reduziu significativamente a taxa de mortalidade por essa doença (Michalas, 2000). O exame de Papanicolaou é considerado o pilar do diagnóstico citológico, sendo uma ferramenta essencial no rastreamento do câncer. Sua criação por George Papanicolaou foi fundamentada em pesquisas microscópicas prévias (Vilos, 1998).

Apesar do profundo impacto e sucesso desse exame na saúde pública, cientistas e pesquisadores continuam focados em aprimorar os procedimentos de

manuseio e processamento de amostras com o objetivo de aumentar a precisão diagnóstica do Papanicolaou (Kamal, 2022).

## 2.2 PUNÇÃO ASPIRATIVA POR AGULHA FINA (PAAF) E O SUPORTE DA IMAGEM

No espectro do diagnóstico citológico, a Punção Aspirativa por Agulha Fina (PAAF) se destaca no campo da citopatologia por ser uma técnica segura, simples, minimamente invasiva, rápida e amplamente aceita, utilizada para o exame de lesões neoplásicas e não neoplásicas em diversas localizações (Domanski, H.A., 2020). Este procedimento consiste na coleta de células isoladas ou de pequenos grupos celulares a partir de nódulos ou massas, visando a sua análise microscópica (Medicine Johns Hopkins, 2023). A PAAF consolidou-se como uma ferramenta diagnóstica eficaz, sendo amplamente utilizada na maioria dos centros médicos que atuam na avaliação e no tratamento de pacientes oncológicos (Domanski, H.A., 2020).

A PAAF é frequentemente realizada sob o acompanhamento em tempo real da ultrassonografia (USG) (Dawood Tafti; Donald Schultz, 2023). A imagem ultrassonográfica permite ao profissional localizar com precisão a lesão-alvo, selecionar a área mais representativa para a coleta e confirmar a correta inserção da agulha, desta forma, integrando com a citologia (Siddig, EE *et al.*, 2022). Portanto, a USG não é apenas um método de imagem, mas uma ferramenta indispensável que eleva a eficácia da punção aspirativa, sendo a base para os protocolos de biópsia guiada (Feldkamp *et al.*, 2016).

## 2.3 PRINCÍPIOS FÍSICOS DA ULTRASSONOGRAFIA E ECOGENICIDADE

No diagnóstico, o ultrassom permite a visualização em tempo real de tecidos e órgãos sem os riscos da radiação ionizante, sendo amplamente utilizado em áreas como obstetrícia, cardiologia e musculoesquelética (Santos Silva *et al.*, 2024). A ultrassonografia representa uma inovação no diagnóstico por imagens em que são utilizadas ondas ultrassonoras para a sua obtenção, essas ondas obedecem aos

princípios que regulam a propagação de ondas sonoras (Sjeznfeld; Clemente Filho, 1984).

O ultrassom é uma onda mecânica de alta frequência que ao ser propagada através de meios biológicos, pode ser absorvida, refletida ou transmitida, dependendo das características acústicas dos tecidos, isso se refere a ecogenicidade (Santos Silva *et al.*, 2024). Ecogenicidade é a capacidade que as estruturas internas têm de devolver as ondas do ultrassom, formando ecos, essa reflexão é o que permite a formação da imagem no monitor do aparelho de ultrassonografia (Augusto Quaggio; Pachaly, 2008).

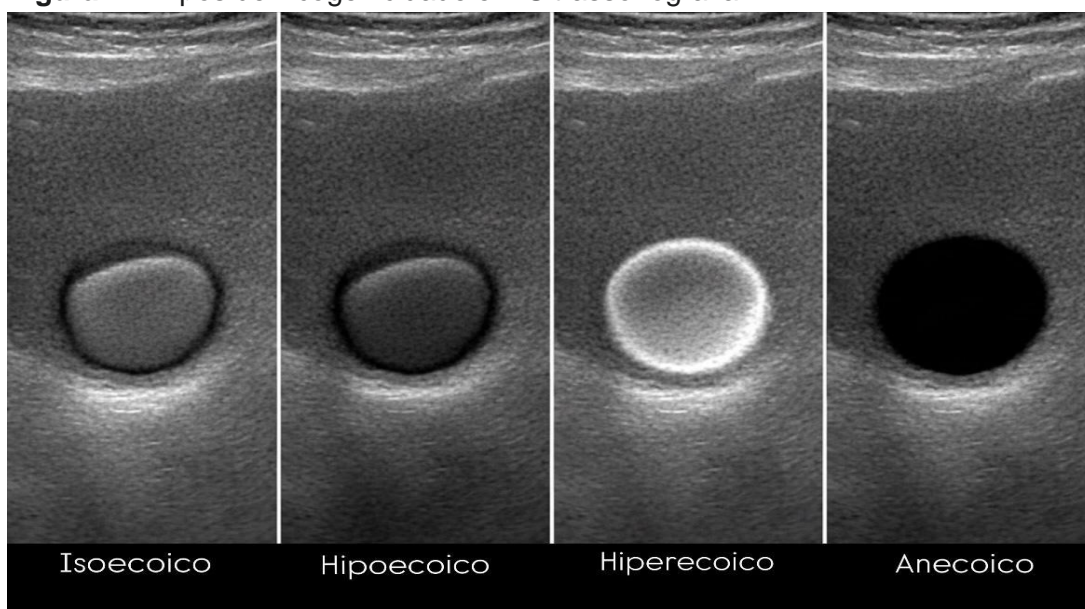
Na imagem, os órgãos e tecidos são mostrados em vários tons de cinza, no entanto, a presença de condições patológicas podem ocasionar alterações na ecogenicidade padrão de um órgão (Augusto Quaggio; Pachaly, 2008).

A ecogenicidade refere-se ao brilho do componente de um tecido quando comparado ao parênquima normal circundante em uma imagem de ultrassom (Langer E., Jill, 2019). Essa é uma característica qualitativa que é considerada fundamental na ultrassonografia de alta frequência (Figura 1) (Dinnes *et al.*, 2018).

A ecogenicidade é classificada em quatro tipos principais com base no brilho, são elas:

- **Hipoecoico:** São as estruturas que parecem mais escuras do que o tecido normal circundante. Uma hipoecogenicidade significa que o nódulo é mais escuro do que os tecidos adjacentes (Langer E., Jill, 2019)
- **Hiperecoico:** Nesta categoria, as estruturas parecem mais brilhantes do que o tecido normal circundante (Langer E., Jill, 2019).
- **Isoecoico:** Estruturas isoecoicas parecem ter brilho igual ao do tecido normal circundante (Langer E., Jill, 2019).
- **Anecoico:** O termo descreve áreas ou estruturas que não geram ecos e, por isso, aparecem na cor preta na imagem de ultrassom, uma vez que não refletem as ondas sonoras (Dinnes, *et al.*, 2018),

**Figura 1 – Tipos de Ecogenicidade em Ultrassonografia.**



Fonte: Elaborada pela autora (2025), com auxílio de Inteligência Artificial (Gemini).

As características do eco podem ainda ser registradas em graus mais detalhados (Figura 2), como hipoecoico acentuado, moderado e mínimo, além de isoecoico, e hiperecoico mínimo, moderado e acentuado, sempre em relação ao tecido circundante (Wu, Ching-Lan *et al.*, 2017).

**Figura 2 – Paleta de Cores da Ecogenicidade.**



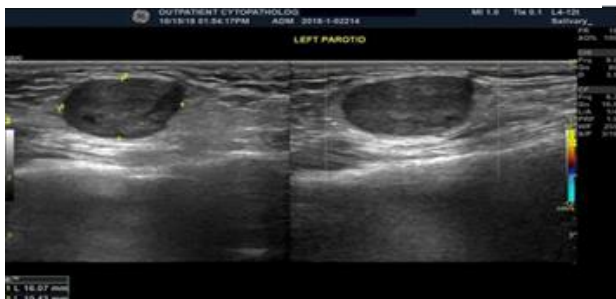
Fonte: Elaborada pela autora, 2025.

Enquanto a ecogenicidade define o brilho do tecido na ultrassonografia (Langer E., Jill, 2019), a ecotextura descreve a uniformidade desse brilho (homogêneo ou heterogêneo), refletindo a composição celular e o arranjo tecidual (Wu, Ching-Lan *et al.*, 2017).

A ecotextura homogênea indica uniformidade, frequentemente associada a arranjos compactos de células semelhantes conforme observado nas (Figuras 3 e 4) que correspondem ao diagnóstico do mesmo paciente.

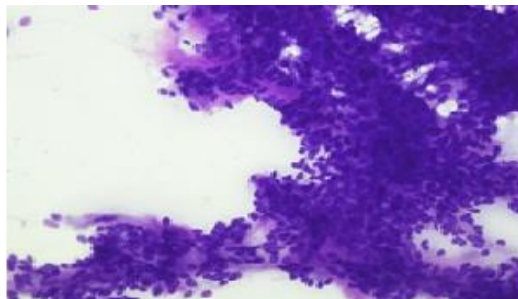
A hipoeogenicidade homogênea, por exemplo, sugere um arranjo denso de células agrupadas, podendo incluir fibras de colágeno, necrose e vasos diminutos (Wu, Ching-Lan *et al.*, 2017).

**Figura 3** – Ultrassonografia de Massa Parotídea.



Fonte: Rollins e Elshenawy, (2019). Nota: USG evidenciando formação sólida de margens nítidas e regulares. O aspecto é hipoeoico, apresentando ecotextura homogênea (Rollins; Elshenawy, 2019).

**Figura 4** – Esfregaço citológico de Massa Parotídea.



Fonte: Rollins e Elshenawy, (2019). Nota: Neoplasia de glândula salivar de significado indeterminado. Classe de Milão 4b. Diagnóstico anatomopatológico cirúrgico: adenoma pleomórfico (Rollins; Elshenawy, 2019).

A ecotextura heterogênea apresenta ecogenicidade variável, manifestada por regiões de brilho diferente, indicando um arranjo celular menos compacto e uma mistura de tipos celulares (Wu, Ching-Lan *et al.*, 2017).

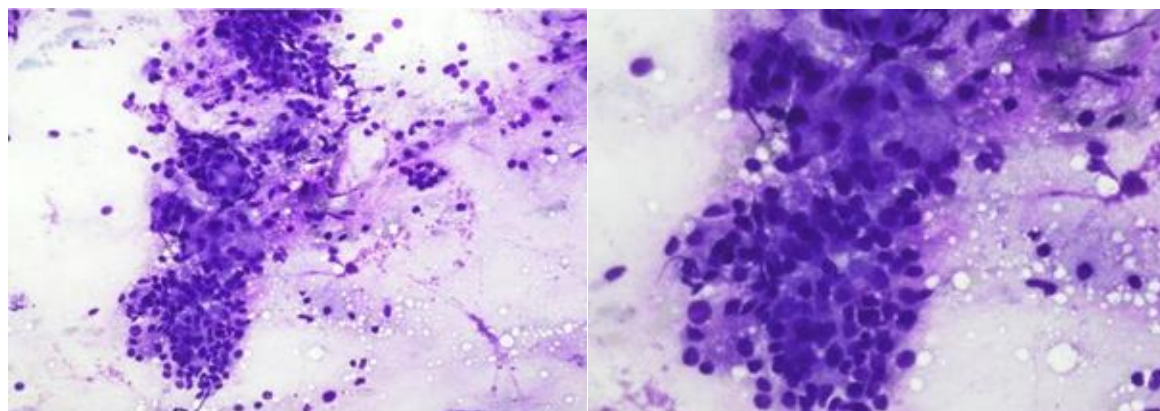
A hipoeogenicidade moderada heterogênea correlaciona-se com um arranjo misto de células compactas e caóticas, com necrose e aumento da diversidade celular, intensificando a heterogeneidade da imagem (Figuras 5 e 6) referentes ao diagnóstico do mesmo paciente (Rollins; Elshenawy, 2019).

**Figura 5** – Ultrassonografia de Glândula Parotídea.



Fonte: Rollins e Elshenawy, (2019). Nota: Identificou-se massa sólida hipoecoica, de ecotextura heterogênea e margens lobuladas. Massa mais alta do que larga (diâmetro anteroposterior predominante). Este conjunto de achados ecográficos sugere um padrão de alta suspeição clínica (Rollins; Elshenawy, 2019).

**Figura 6** – Esfregaço Citológico de Glândula Parotídea



Fonte: Rollins; Elshenawy, 2019. Nota: Positivo para a malignidade. Carcinoma mucoepidermoide. Classe 6 de Milão. Diagnóstico histopatológico: carcinoma mucoepidermoide (Rollins; Elshenawy, 2019).

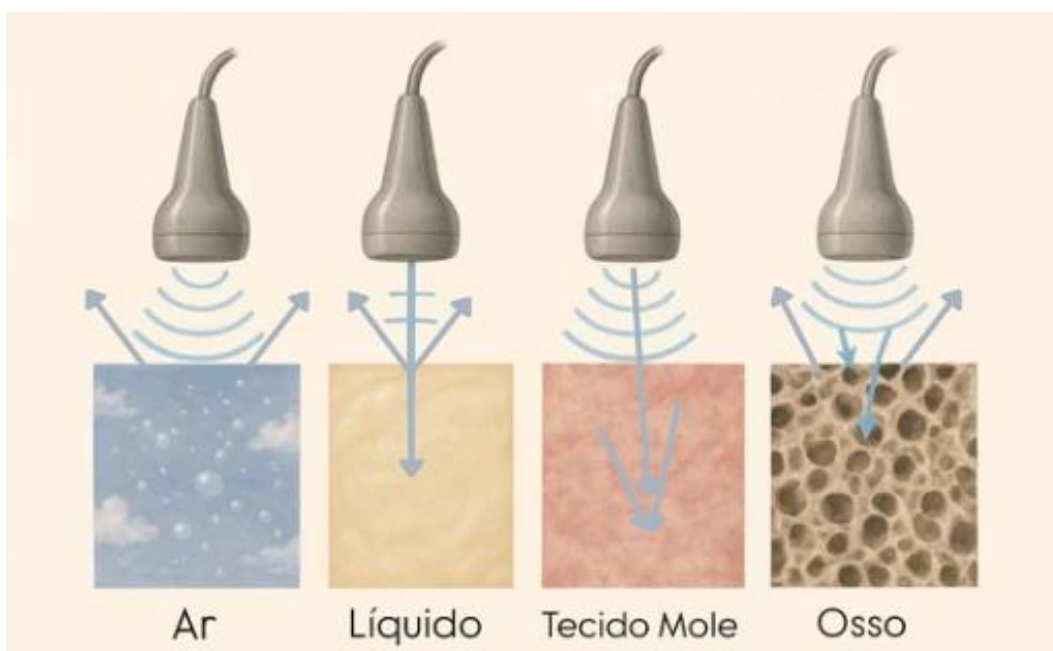
## 2.4 IMPEDÂNCIA ACÚSTICA E INTERAÇÃO TECIDUAL

Durante a passagem de uma onda sonora há transferência de energia para o meio fazendo com que as partículas vibrem, saindo do seu estado de repouso, após a passagem da onda sonora, as partículas retornam à sua posição original,

restabelecendo o estado normal do meio. (Sjeznfeld; Clemente Filho, 1984). Essas interações estão relacionadas a propriedades como densidade, elasticidade e impedância acústica (Santos Silva *et al.*, 2024).

A impedância acústica é definida pelo produto da densidade do material e da velocidade do som. Ao incidir em uma interface com impedâncias distintas, o feixe ultrassônico tem parte de sua energia transmitida e parte refletida (Figura 7). A amplitude de onda refletida depende desta diferença de impedância (Sjeznfeld; Clemente Filho, 1984).

**Figura 7-** Interação do Feixe USG com Diferentes Meios e Tecidos.



Fonte: Elaborado pela autora (2025), com auxílio de Inteligência Artificial (Gemini).

A impedância acústica ( $Z$ ) é a propriedade fundamental que governa o comportamento do feixe ultrassônico ao atravessar tecidos, sendo determinada pelo produto da densidade do meio ( $P$ ) e da velocidade de propagação do som ( $C$ ) (Smith, 1977).

$$Z = p \cdot c$$

A intensidade da onda de ultrassom refletida em uma interface, que o equipamento traduz como ecogenicidade, é determinada pelo Coeficiente de

Reflexão de Intensidade ( $R$ ) (Smith, 1977). Este coeficiente quantifica a fração de energia incidente que é devolvida ao transdutor e é diretamente proporcional à diferença entre as impedâncias acústicas dos dois meios:

$$R = \left( \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2$$

Onde  $Z_1$  é a impedância do meio incidente e  $Z_2$  é a impedância do meio de destino, a estrutura sendo analisada (Smith, 1977).

**Tabela 3:** Impedâncias Acústicas Aproximadas de Tecidos Selecionados

| IMPEDÂNCIAS ACÚSTICAS APROXIMADAS DE TECIDOS SELECIONADOS |   |               |   |
|---|---|---------------|---|
| Material  | Impedância acústica<br>( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ ) $\times 10^{-4}$ | Material      | Impedância acústica<br>( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) $\times 10^{-4}$ |
| Ar  | 0.0004  | Baço          | 1.64  |
| Gordura   | 1.38  | Fígado        | 1.65  |
| Vítreo do olho  | 1.50  | Músculo       | 1.70  |
| Cérebro   | 1.55  | Lente do olho | 1.85  |
| Sangue  | 1.61  | Osso (crânio) | 6.10  |
| Rím   | 1.62  |               |   |

Fonte: Smith, (1977). Traduzido pela Autora, (2025).

Conforme ilustrado na (Figura 8), a interação do feixe sonoro com interfaces de impedâncias contrastantes, como a do ar (baixa impedância) e a do osso (alta impedância) em relação ao tecido mole, produz sinais de reflexão distintos (Fadhel *et al.*, 2015). Essa variação na quantidade de som que retorna ao transdutor é o que permite diferenciar estruturas anatômicas e identificar patologias através da análise da ecotextura e da ecogenicidade (Fadhel *et al.*, 2015).

**Figura 8** - Reflexão Sonora e Interfaces de Impedância



Fonte: Elaborado pela Autora (2025), com auxílio de Inteligência Artificial (Gemini).

Em amostras citopatológicas, alguns componentes e arranjos celulares podem alterar significativamente a impedância acústica. Essas mudanças afetam a densidade e a velocidade do som no tecido (Wu, Ching-Lan *et al.*, 2017). Compreender essas alterações é essencial para interpretar a ecotextura ultrassonográfica. Tal interpretação permite a diferenciação entre tecidos, incluindo patologias (Fadhel *et al.*, 2015).

Um tecido com arranjo compacto de um único tipo celular, como o linfoma, tende a apresentar hipoecogenicidade, porém, se múltiplos tipos de células tumorais estiverem compactamente arranjados, a ecotextura pode ser homogênea ou heterogênea (Wu, Ching-Lan *et al.*, 2017).

A mistura de células, arranjo menos compacto, e a presença de colágeno, hemorragia ou gordura resultam em heterogeneidade e hipoecogenicidade menos intensa (Wu, Ching-Lan *et al.*, 2017).

O quadro a seguir resume como diferentes componentes teciduais afetam a imagem ultrassonográfica, com base nas referências fornecidas (Wu, Ching-Lan *et al.*, 2017).

**Quadro 1** - Correlação entre os componentes teciduais e os padrões de ecogenicidade e ecotextura na imagem ultrassonográfica

| Componente Tecidual                      | Efeito na Ecogenicidade | Padrão Ultrassonográfico Típico                         | Mecanismo/Fator de Variação   |
|--|-------------------------|---|---|
| Células Adiposas                         | Aumenta                 | Hiperecoicas (Leve/Moderada)                            | Agrupadas/Separadas → Heterogênea; separadas por Matriz Homogênea → Homogênea |
| Hemorragia                               | Variável                | Anecoica (fase fluida) → Ecogênica (coágulo organizado) | Estágio do sangramento (fluido → semissólido/sólido)                          |
| Cartilagem/Tecido Osteóide               | Aumenta                 | Hiperecoicas Heterogênea (Moderada a Grave)             | Grande diferença na impedância acústica                                       |
| Cápsula Fibrosa/Colágeno (Agrupado)      | Aumenta                 | Hiperecoicas Heterogênea (Leve a Moderada)              | Arranjo e compactação. Maior reflexo quando perpendicular ao feixe de USG     |
| Fibras de Colágeno/Fibroblastos (Soltas) | Diminui                 | Hipoecoica Heterogênea (Leve)                           | Arranjo disperso  |
| Conteúdo de Fluido                       | Diminui                 | Anecoico ou Hipoecoico                                  | Ausência de diferença significativa na impedância acústica (líquido vs. meio) |

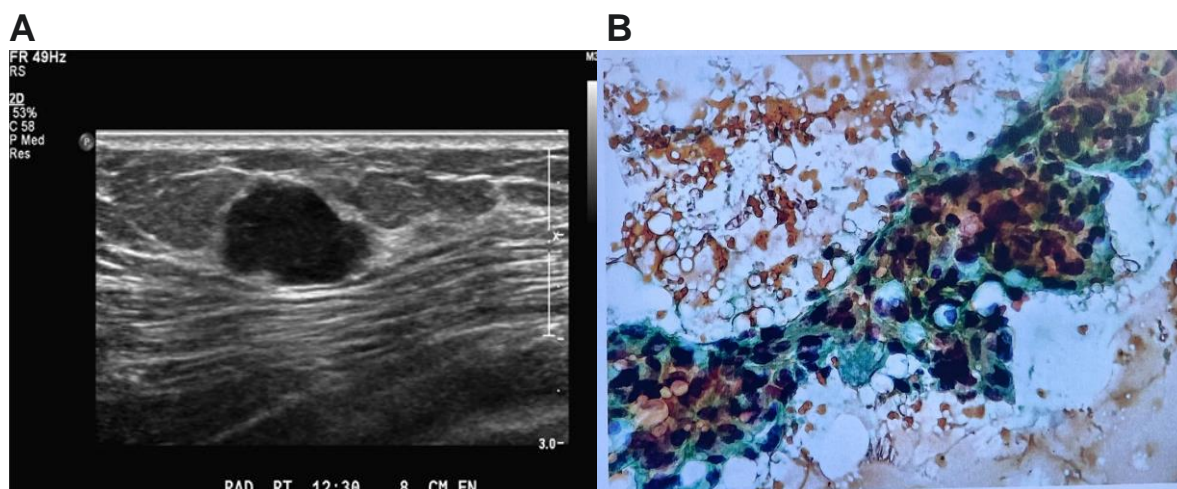
Fonte: Elaborado pela Autora (2025), com auxílio da ferramenta Excel.

## 2.5 CORRELAÇÃO ULTRASSONOGRÁFICA E CITOPATOLÓGICA: ANÁLISE DE CASOS

As imagens de ultrassonografia apresentadas abaixo referem-se a um paciente distinto daquele cujas imagens citológicas são demonstradas. Apesar de se tratarem de casos diferentes, ambos compartilham critérios diagnósticos semelhantes, possibilitando a correlação entre os achados ultrassonográficos e citológicos.

Avaliação ultrassonográfica em plano radial de uma paciente de 62 anos revelou um nódulo sólido Hipoeicoico, com orientação paralela à pele (mais largo do que alto), margens microlobuladas e ausência de cápsula ecogênica (Figura 9 - A). A lesão, previamente detectada em mamografia de rastreamento, foi submetida a estudo citopatológico, que confirmou o diagnóstico de Carcinoma Ductal invasivo sem outra especificação (Figura 9 - B).

**Figura 9** – Imagem Ultrassonográfica de Mama (A) e Esfregaço Citológico de Mama (B).

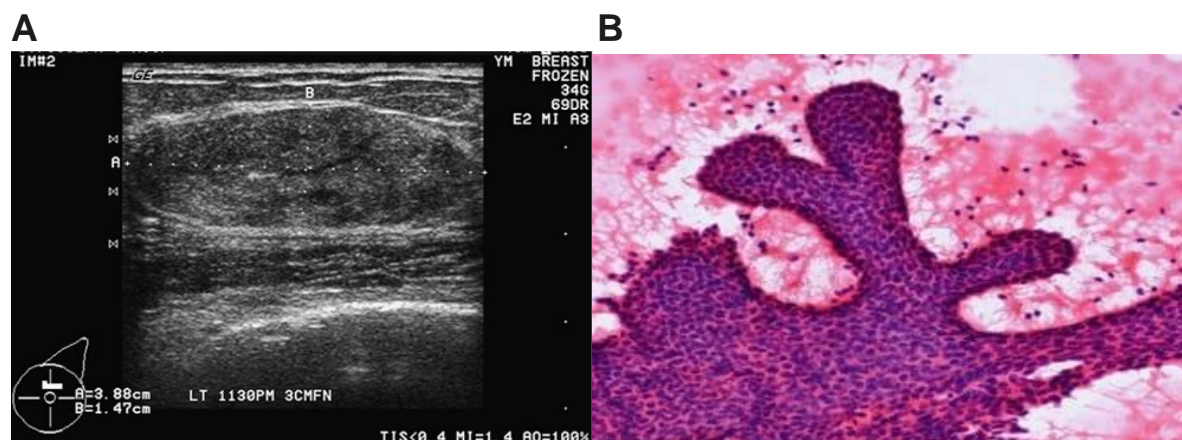


Fonte: Kornecki, 2011.

Fonte: Meira; Arruda, (2022, p. 161).

Imagem ultrassonográfica transversal de paciente de 52 anos revela massa oval e Isoecoica com fina cápsula ecogênica (Figura 10 - A). O crescimento da lesão durante o acompanhamento motivou a realização de biópsia, cujo resultado confirmou o Fibroadenoma (Figura 10 - B).

**Figura 10** – Ultrassonografia de Massa Oval na Mama (A) e Fibroadenoma (B).



Fonte: Kornecki, 2011.

Fonte: Alexander; Pattanashetti, 2021.

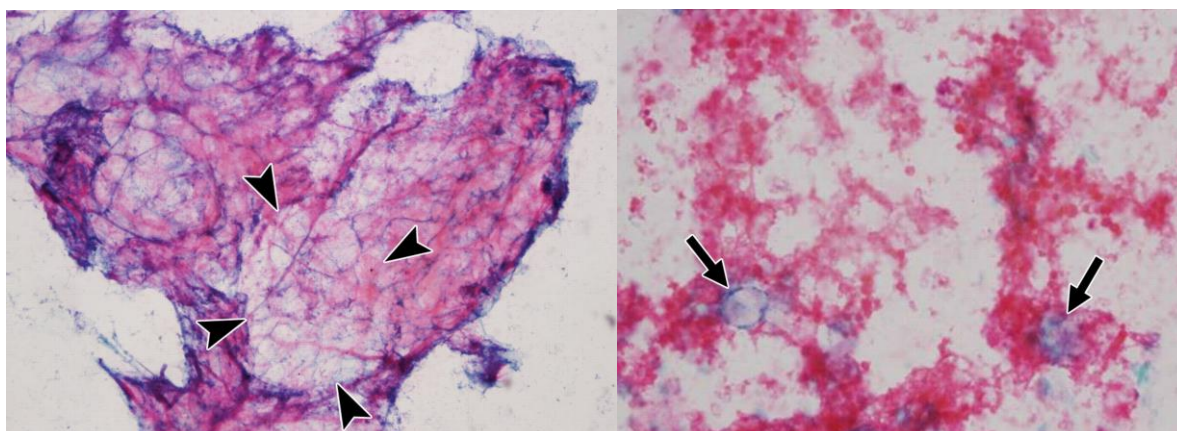
Ultrassonografia transversal de paciente de 61 anos com mastalgia à esquerda e histórico de mamoplastia redutora revela massa Heterogênea com sombra acústica posterior irregular (Figura 11). O achado correlaciona-se a uma lesão radiotransparente identificada em mamografia oblíqua mediolateral. Devido à persistência dos sintomas, procedeu-se à cirurgia, com o exame anatomopatológico confirmando Necrose Gordurosa (Figura 12).

**Figura 11** – Imagem Ultrassonográfica Transversal de Mama.



Fonte: Kornecki, 2011.

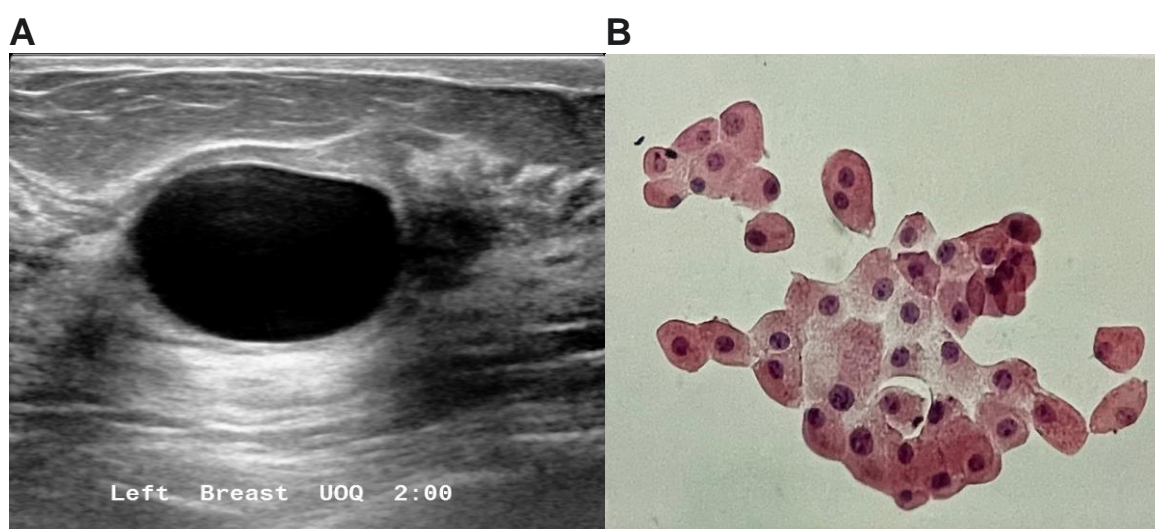
**Figura 12** – Esfregaço Citológico de Mama evidenciando Necrose Gordurosa.



Fonte: Pathology Outlines, 2022 – 2023.

As propriedades diagnósticas do ultrassom caracterizam-se pela identificação de estruturas Anecoicas de formato oval ou arredondado, apresentando margens circunscritas e o fenômeno de realce acústico posterior (Figura 13 - A). A correlação com o exame citopatológico confirmou o diagnóstico de Cisto Mamário Simples, evidenciando, na análise microscópica, a presença de células em metaplasia apócrina (Figura 13 - B).

**Figura 13** – Ultrassonografia de Cisto Mamário Simples (A), Lâmina com Conteúdo Cístico (B).

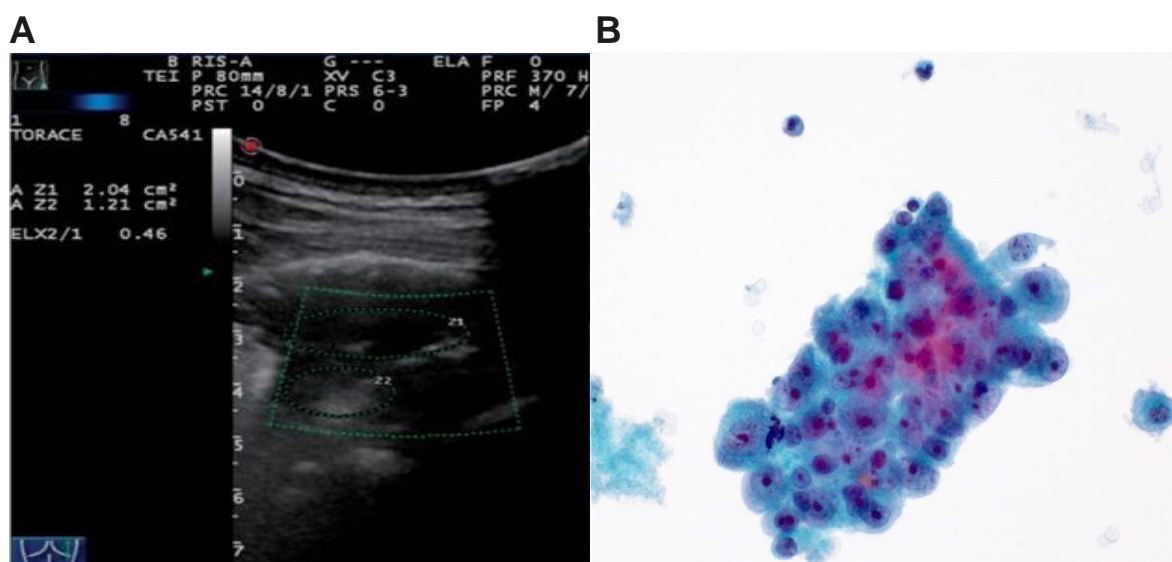


Fonte: Radiopaedia, 2025.

Fonte: Meira; Arruda, (2022, p. 79).

A ultrassonografia de paciente com Adenocarcinoma Pulmonar revelou um nódulo subpleural Hipoecoico e irregular (Figura 14 - A). A análise citológica subsequente confirmou o diagnóstico, evidenciando agrupamentos celulares tridimensionais com núcleos amplos, excêntricos e de membranas irregulares, além de nucléolos proeminentes e vacuolização citoplasmática (Figura 14 - B).

**Figura 14** – Imagem Ultrassonográfica de Massa Pulmonar (A), Citopatologia de Adenocarcinoma Pulmonar (B).

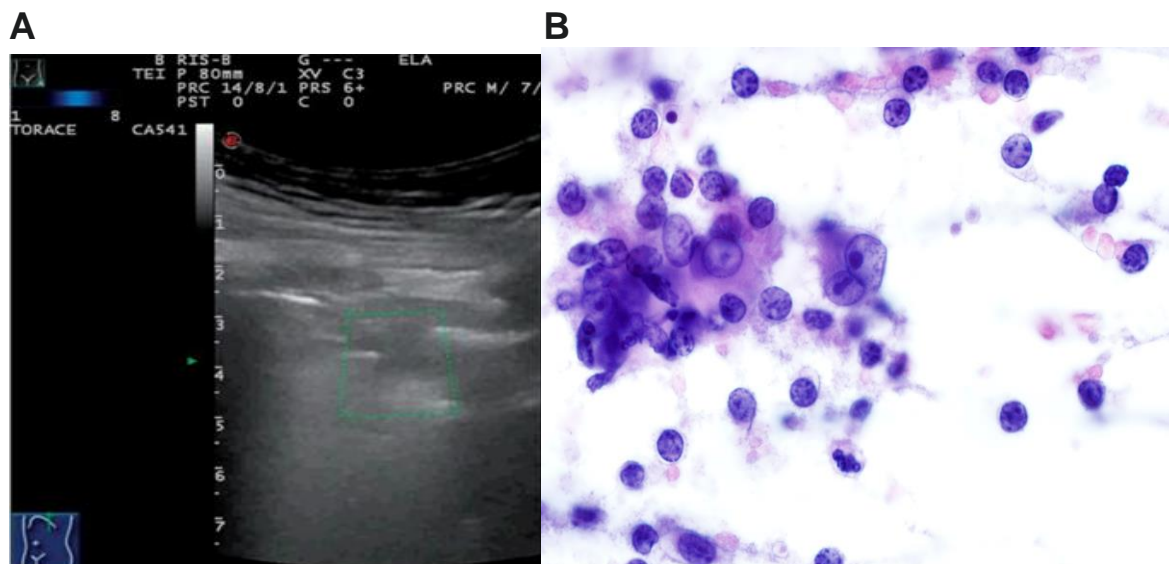


Fonte: Sperandeo *et al.*, 2014.

Fonte: Pathology Outlines, 2024.

No paciente com linfoma, o exame de ultrassonografia transtorácica revelou a presença de um nódulo subpleural com morfologia irregular e padrão Hipoecoico (Figura 15 - A). Após análise citopatológica confirmou – se o diagnóstico de Linfoma (Figura 15 - B).

**Figura 15** – Imagem Ultrassonográfica de Nódulo Subpleural (A), Citopatologia de Linfoma Pulmonar (B).

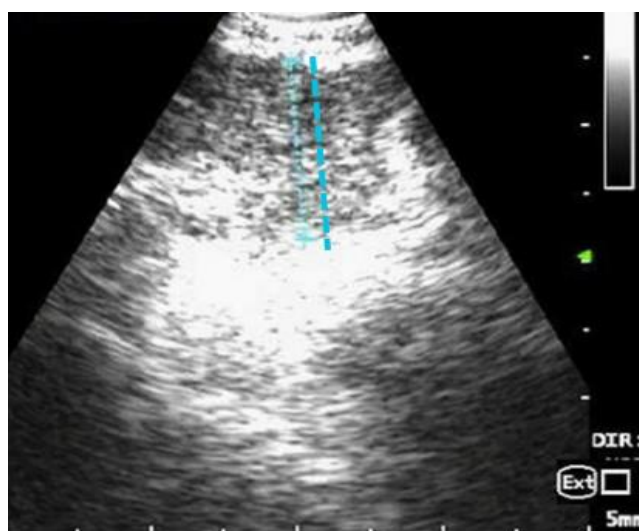


Fonte: Sperandeo *et al.*, 2014.

Fonte: Pathology Outlines, 2025.

Paciente do sexo feminino, 30 anos, com quadro de síncope e identificação de massa infiltrativa em mediastino médio e superior (Figura 16). A avaliação ultrassonográfica revelou uma lesão Hiperecogênica (medida pela linha azul) que, após exame citopatológico, confirmou-se como Linfoma de Hodgkin clássico, subtipo esclerose nodular.

**Figura 16** – Imagem Ultrassonográfica de Massa Infiltrativa no Pulmão.

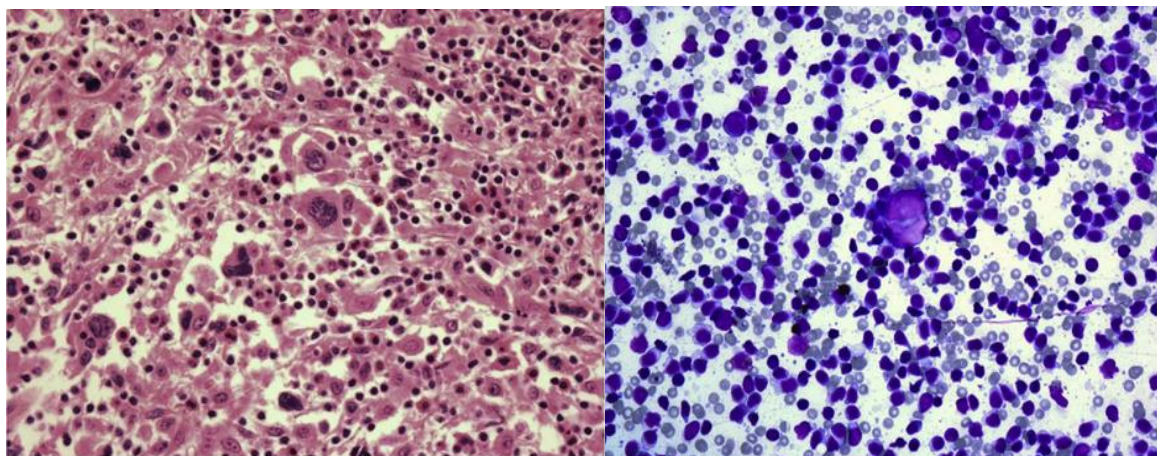


Fonte: Mishra *et al.*, 2016.

A (Figura 17) à esquerda apresenta um corte histológico corado com hematoxilina e eosina (400x). O espécime evidencia um Linfoma de Hodgkin clássico, subtipo esclerose nodular, caracterizado pela presença de numerosas células atípicas dispersas em um fundo linfoide reativo.

A (Figura 17) à direita, observa-se o esfregaço citológico (Giemsa modificado, 400x), que revela uma célula atípica bilobada em meio a um fundo polimorfo de pequenos linfócitos. Nota-se que as células atípicas se assemelham às observadas no corte histológico.

**Figura 17** – Linfoma de Hodgkin.

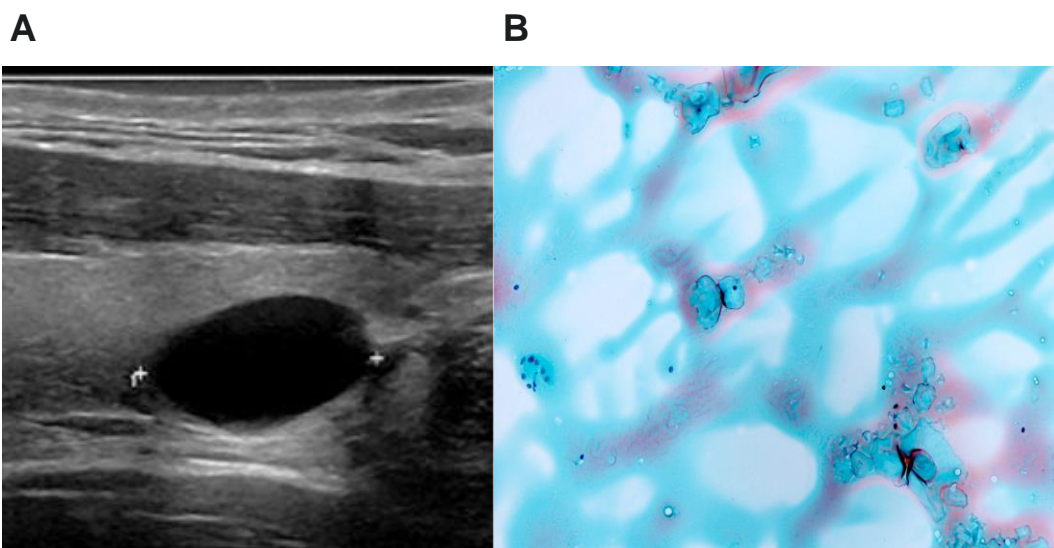


Fonte: Mishra *et al.*, 2016.

Fonte: Mishra *et al.*, 2016.

A ultrassonografia da tireoide identificou nódulo anecóico e cístico de 1,5 cm, bem delimitado e sem microcalcificações, classificado como ACR-TIRADS 1 (Figura - A). O diagnóstico Citológico confirmou: Cisto Coloide, Bethesda I (Figura- B).

**Figura 18** – Ultrassonografia de Nódulo da tireoide (A), Cisto Coloide de Tireoide (B).

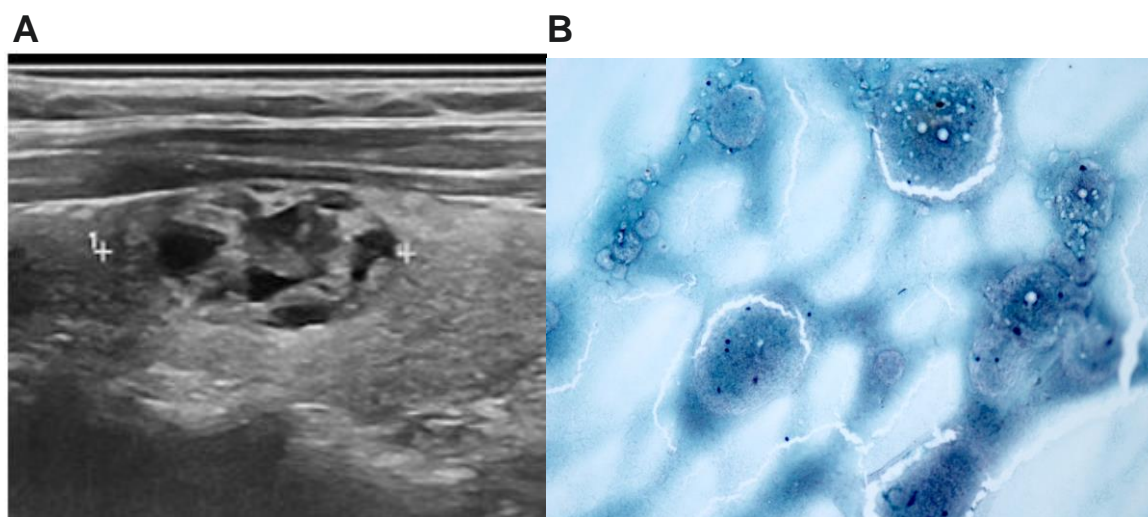


Fonte: Piber *et al.*, 2020.

Fonte: Pathology Outlines, 2025.

Nódulo Isoecogênico, misto, bem definido, paralelo à pele, sem microcalcificações, medindo 2,2cm. ACR-TIRADS 2 (Figura 19 - A). Diagnóstico Citológico confirmou: Nódulo Coloide, Bethesda II (Figura 19 - B).

**Figura 19** – Ultrassonografia de Nódulo Isoecogênico de Tireoide (A), Nódulo Coloide (B).

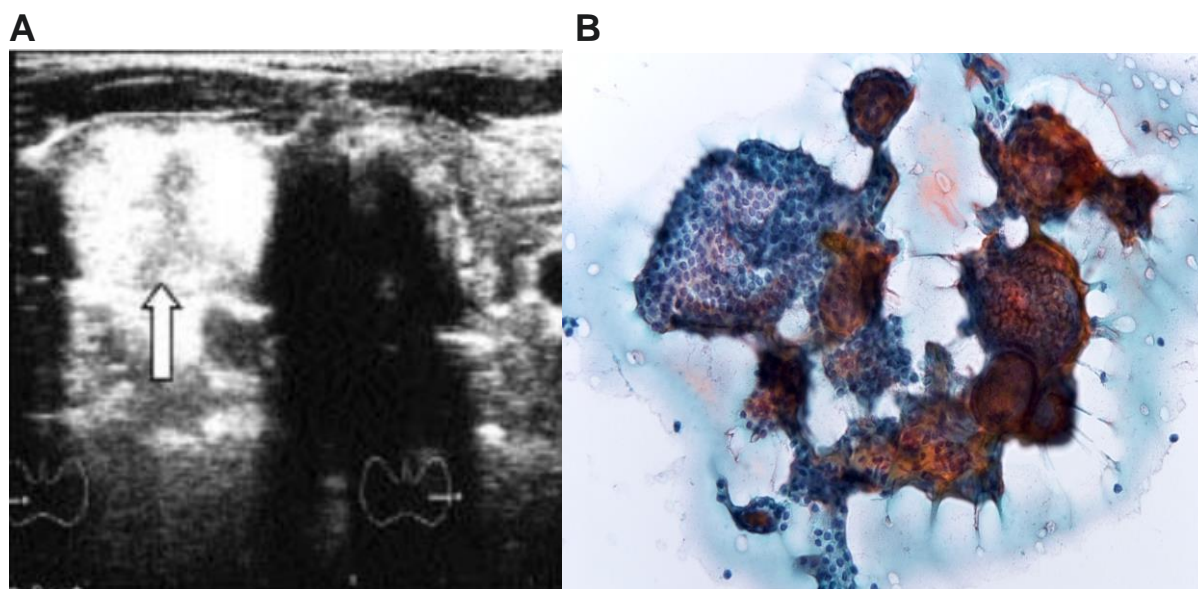


Fonte: Piber *et al.*, 2020.

Fonte: Pathology Outlines, 2025

Imagem ultrassonográfica do corte transversal do lobo direito da tireoide, observa-se nódulo Hiperecoico (seta) (Figura 20 - A). Confirmou -se Nódulo Adenomatoso após diagnostico citopatológico (Figura 20 - B).

**Figura 20** – USG de Lobo Direito da Tireoide (A), Esfregaço Citológico de Nódulo Adenomatoso (B).



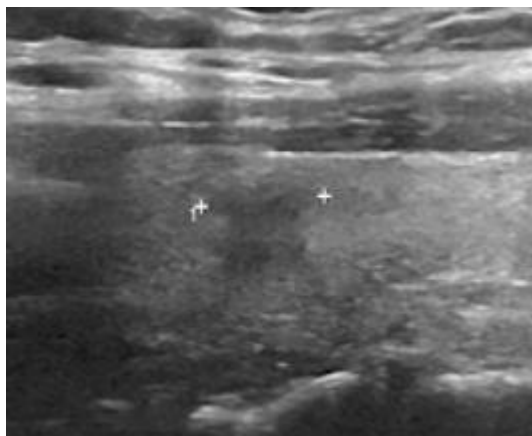
Fonte: Camargo; Tomimori, 2007.

Fonte: Pathology Outlines, 2025.

A ultrassonografia revelou um nódulo sólido e Hipoecogênico de 0,7 cm, caracterizado por limites imprecisos, morfologia irregular e orientação paralela à pele (Figura 21 - A). Nota-se ausência de microcalcificações, a lesão foi classificada como ACR-TI-RADS 4 Contudo, o estudo citopatológico indicou tireoidite linfocítica, Bethesda II (benigno) (Figura 21 - B).

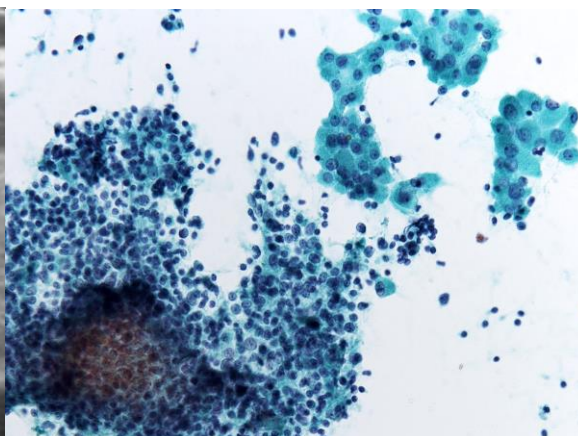
**Figura 21** – Imagem ultrassonográfica de Nódulo Sólido na Tireoide (A), Tireoidite Linfocítica (B).

**A**



Fonte: Piber *et al.*, 2020.

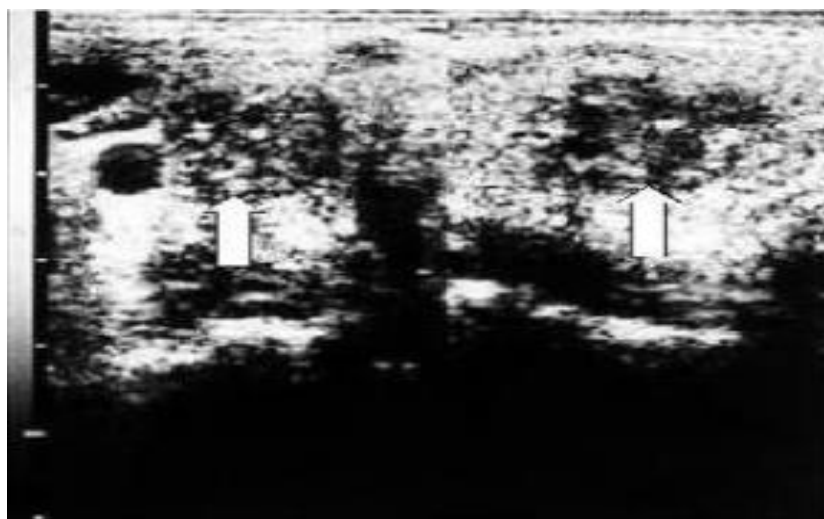
**B**



Fonte: Pathology Outlines, 2025.

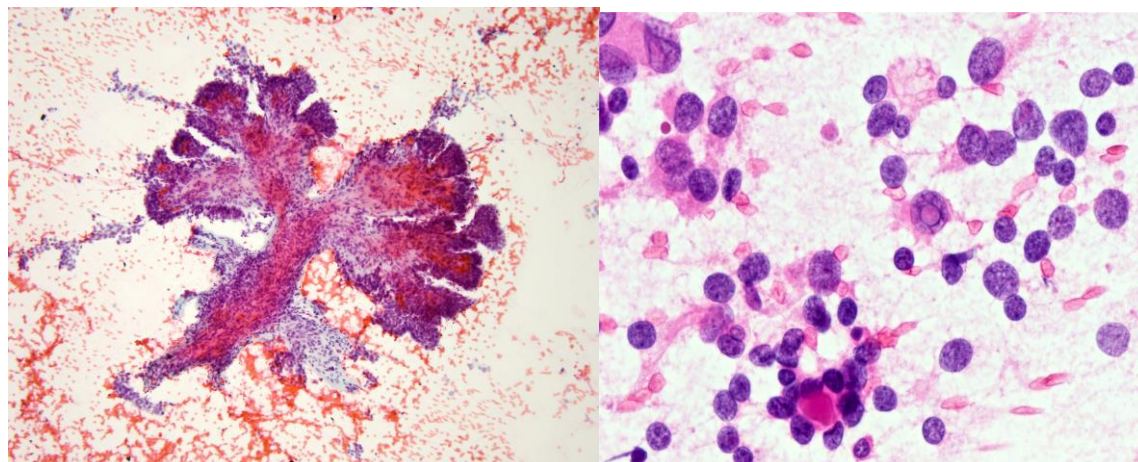
O corte transversal da tireoide por ultrassonografia evidenciou um nódulo sólido e Hipocóico, caracterizado por contornos irregulares e presença de microcalcificações (Figura 22). Tais achados são altamente suspeitos (Grau IV) e compatíveis com Carcinoma Papilífero (Figura 23).

**Figura 22** – Ultrassonografia de Corte transversal da Tireoide.



Fonte: Tomimori *et al.*, 2004.

**Figura 23** – Carcinoma Papilífero de Tireoide.



Fonte: Pathology Outlines, 2020.

Fonte: Pathology Outlines, 2020.

## 2.6 INTEGRAÇÃO DOS ACHADOS ULTRASSONOGRÁFICOS E CITOPATOLÓGICOS

A análise das correlações entre o ultrassom (USG) e a citopatologia revela que as variações na ecogenicidade são reflexos diretos das propriedades biofísicas dos tecidos (Augusto Quaggio; Pachaly, 2008). No espectro das patologias mamárias, o Carcinoma Ductal Invasivo, observado na (Figura 9), apresenta-se tipicamente como um nódulo sólido Hipoeicoico. Esse padrão decorre da alta densidade celular e do arranjo compacto das células malignas, que reduzem a reflexão sonora interna devido a uma impedância relativa menor em comparação ao tecido adjacente (Kornecki, 2011; Fadhel *et al.*, 2015). Em contraste, o Fibroadenoma demonstrado na (Figura 10) exibe uma natureza Isoecoica, resultado de uma mistura equilibrada entre estroma fibroso e elementos epiteliais, o que assemelha sua impedância acústica à do parênquima mamário normal (Alexander; Pattanashetti, 2021).

Processos degenerativos, como a Necrose Gordurosa evidenciada nas (Figuras 11 e 12), manifestam uma ecotextura heterogênea marcante. A destruição dos adipócitos e a formação de debris geram múltiplas interfaces de impedância distintas, resultando em uma mistura complexa de ecos e sombra acústica posterior irregular (Wu, Ching-Lan *et al.*, 2017). Já o cisto mamário simples, detalhado na (Figura 13), apresenta propriedades Anecoicas fundamentadas na física dos fluidos.

Por ser constituído de conteúdo líquido homogêneo, a ausência de interfaces sólidas internas impede a reflexão do som, permitindo que o feixe atravesse a estrutura sem atenuação, o que gera o fenômeno de realce acústico posterior (Smith, 1977; Sjeznfeld; Clemente Filho, 1984).

No campo das patologias pulmonares e linfoides, observa-se que o adenocarcinoma e o Linfoma Pulmonar, apresentados nas (Figuras 14 e 15), manifestam-se como nódulos Hipoeoicos. Enquanto no Adenocarcinoma esse padrão se deve ao agrupamento celular tridimensional denso, no Linfoma a hipoeogenicidade é extrema (Sperandeo *et al.* 2014). Isso ocorre porque o arranjo monomórfico e compacto de linfócitos transmite o som quase sem reflexões internas conforme os princípios de espalhamento acústico (Fadhel *et al.*, 2015). Diferentemente, o Linfoma de Hodgkin do subtipo esclerose nodular, ilustrado nas (Figuras 16 e 17), pode apresentar áreas Hiperecogênicas. Tal achado justifica-se pela presença de bandas espessas de colágeno e fibrose, que possuem alta impedância acústica e refletem intensamente o feixe ultrassonográfico (Mishra *et al.*, 2016).

Por fim, na avaliação da tireoide, as variações de ecogenicidade auxiliam na estratificação de risco. O cisto coloide (Figura 18), é Anecoico por sua composição líquida, enquanto o nódulo coloide da (Figura 19) tende a ser Isoecoico ao manter um arranjo folicular similar ao tecido normal (Piber *et al.*, 2020). O Nódulo Adenomatoso, visto na (Figura 20), frequentemente revela-se Hiperecoico devido à abundância de interfaces refletoras em sua estrutura microfolicular que aumentam o coeficiente de reflexão (Sjeznfeld; Clemente Filho, 1984; Langer E., Jill, 2019). Em quadros inflamatórios como a Tireoidite Linfocítica, demonstrada na (Figura 21), o padrão Hipoeoico reflete a infiltração linfocitária densa que altera a velocidade de propagação do som no parênquima (Piber *et al.*, 2020).

De forma análoga, o Carcinoma Papilífero das (Figuras 22 e 23) é tipicamente Hipoeoico devido à sua alta celularidade. Contudo, a identificação de microcalcificações cria pontos de altíssima impedância, gerando ecos brilhantes e hiperecogênicos dispersos na massa tumoral (Tomimori *et al.*, 2004).

**Tabela 4 – Correlação Entre Impedância Acústica e Achados Citológicos.**

| <b>Patologia<br/>(Exemplo do<br/>Trabalho)</b> | <b>Composição<br/>Celular/Tecidual</b>                       | <b>Impedância e<br/>Reflexão</b>                        | <b>Padrão de<br/>Ecogenicidade</b> |
|--|--|---|------------------------------------|
| <b>Cisto Mamário /<br/>Coloide</b>             | Conteúdo líquido homogêneo, sem interfaces sólidas.          | Impedância uniforme; ausência de reflexão interna.      | Anecoico (Preto)                   |
| <b>Carcinoma<br/>(Ductal/Papilífero)</b>       | Alta densidade celular; núcleos volumosos; arranjo compacto. | Baixa reflexão interna por homogeneidade celular densa. | Hipoecoico (Cinza escuro)          |
| <b>Linfoma<br/>(Pulmonar/Nodal)</b>            | Infiltração linfoide maciça e monomórfica.                   | Transmissão sonora facilitada; pouquíssima reflexão.    | Hipoecoico acentuado               |
| <b>Fibroadenoma /<br/>Nódulo Coloide</b>       | Mistura proporcional de estroma e epitélio folicular.        | Impedância similar ao parênquima circundante.           | Isoecoico (Cinza padrão)           |
| <b>Linfoma de<br/>Hodgkin<br/>(Esclerose)</b>  | Presença de bandas espessas de colágeno e fibrose.           | Alta diferença de impedância nas interfaces fibróticas. | Hiperecoico (Branco/Brilhante)     |
| <b>Necrose<br/>Gordurosa</b>                   | Adipócitos rompidos, debris e calcificações.                 | Múltiplas interfaces com impedâncias distintas.         | Heterogêneo (Misto)                |

Fonte: Elaborado pela Autora, 2026.

Em síntese, a impedância acústica é determinada pela densidade, arranjo celular, matriz, e componentes como gordura, sangue, cartilagem e osso (MN, Zain *et al.*, 2014). Esse conjunto de fatores define a ecotextura ultrassonográfica, fornecendo informações sobre a patologia tecidual (Fadhel *et al.*, 2015). Como nas células cancerosas que exibem diminuição da impedância, devido a mudanças no conteúdo de água, fluido extracelular e orientação celular (MN, Zain *et al.*, 2014).

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão evidenciou que a eficácia do diagnóstico por imagem em tempo real fundamenta-se na interação entre ondas mecânicas de alta frequência e a arquitetura biológica dos tecidos. Conclui-se que a captação e o processamento dos ecos pelo sistema de ultrassonografia não ocorrem de forma arbitrária, mas são estritamente condicionados pelas propriedades acústicas intrínsecas da matéria, notadamente a densidade, a elasticidade e, principalmente, a impedância acústica.

Ficou demonstrado que a impedância acústica é definida como o produto da densidade do meio pela velocidade de propagação do som que atua como a variável governante na interface entre diferentes tecidos. É a diferença entre essas impedâncias que determina o Coeficiente de Reflexão, traduzido visualmente na escala de cinza como os diferentes padrões de ecogenicidade. Nesse contexto, as variações morfológicas observadas, desde massas anecoicas a padrões hiperecogênicos, fornecem dados indiretos, porém precisos, sobre a microestrutura tecidual, o estado fisiológico e a presença de processos patológicos.

A correlação desses achados com a citopatologia mostra-se como um avanço diagnóstico indispensável. A análise microscópica permite confirmar que alterações na ecotextura e na ecogenicidade são reflexos diretos de modificações no conteúdo hídrico, na densidade de colágeno, na vascularização e na compactação celular, características marcantes de lesões neoplásicas e inflamatórias. Em suma, a compreensão física da propagação sonora permite ao profissional não apenas visualizar uma imagem, mas inferir a composição tecidual de forma preditiva. Assim, a correlação entre os padrões ecográficos e os esfregaços citológicos consolida-se como um pilar fundamental para a diferenciação diagnóstica, além de reafirmar o papel da citopatologia como uma disciplina de alta precisão, essencial para a elucidação definitiva de quadros patológicos complexos.

## REFERÊNCIAS

Alexander, Manika; Pattanashetti, Mallikarjun A. Cytomorphological study of benign breast lesions in a tertiary care hospital. **Tropical Journal of Pathology and Microbiology**, v. 7, n. 4, p. 176–180, ago. 2021. DOI: 10.17511/jopm. 2021.i04.04.

Disponível em:

<https://pathology.medresearch.in/index.php/jopm/article/view/518/1032>. Acesso em: 11 dez. 2025.

Amabis, José Mariano; martho, Gilberto Rodrigues. **Biologia das células**: origem da vida, citologia e histologia, reprodução e desenvolvimento. São Paulo: Moderna, 2012.

Augusto, Alessandra Quaggio; Pachaly, José Ricardo. Descrição das Imagens Observadas na Ultra-Sonografia - Revisão de Literatura. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zootecia da UNIPAR**, [s. l.], v. 3, n. 1, 2008. Disponível em:

<https://revistas.unipar.br/index.php/veterinaria/article/view/690>. Acesso em: 24 jul. 2025.

Brito-Rocha, Tiago; Constâncio, Vera; Henrique, Rui; Jerónimo, Carmen. Shifting the Cancer Screening Paradigm: The Rising Potential of Blood-Based Multi-Cancer Early Detection Tests. **Cells**, [s. l.], v. 12, n. 935, 2023. Disponível em:

<https://doi.org/10.3390/cells12060935>. Acesso em: 24 jul. 2025.

Camargo, Rosalinda Y. A.; Tomimori, Eduardo K. **Uso da ultra-sonografia no diagnóstico e seguimento do carcinoma bem diferenciado da tireoide**. Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia, São Paulo, v. 51, n. 5, p. 783-792, 2007. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/abem/a/PvtWG3WmfD6fHJJ8J6JDF3C/?format=html&lang=pt>  
Acesso em: 23 dez. 2025.

Chandrasekhar, V.; Krishnamurti, C. George Papanicolaou (1883–1962):

Descobridor do Papanicolau. **The Journal of Obstetrics and Gynecology of India**, [s. l.], v. 68, p. 232–235, 2018. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s13224-018-1102-z#citeas>. Acesso em: 28 out. 2025.

Connal, Siobhan et al. Liquid biopsies: the future of cancer early detection. **Journal of Translational Medicine**, [s. l.], v. 21, n. 118, 2023. Disponível em:

<https://doi.org/10.1186/s12967-023-03960-8>. Acesso em: 12 jul. 2025.

Crouvisier-urion, Kevin *et al.* Four hundred years of cork imaging: New advances in the characterization of the cork structure. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 9, n. 19682, p. 1-10, 23 dez. 2019. Disponível em: [https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6928211/pdf/41598\\_2019\\_Article\\_55193.pdf](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6928211/pdf/41598_2019_Article_55193.pdf). Acesso em: 28 out. 2025.

Dinnes, j.; bamber, j.; chuchu, n.; bayliss, s. E.; takwoingi, y.; davenport, c.; godfrey, k.; o'sullivan, c.; matin, r. N.; deeks, j. J.; williams, h. C.; cochrane **Skin Cancer Diagnostic Test Accuracy Group**. High-frequency ultrasound for diagnosing skin cancer in adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2018, 12(12): CD013188. DOI: 10.1002/14651858.CD013188. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30521683/>. Acesso em: 23 nov. 2025.

Domanski, H. A. Role of fine needle aspiration cytology in the diagnosis of soft tissue tumours. **Cytopathology**, [s. l.], v. 31, n. 4, p. 271-279, jul. 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cyt.12836>. Acesso em: 28 out. 2025.

Fadhel, Muhannad N.; Berndl, Elizabeth S. L.; Strohm, Eric M.; Kolios, Michael C. High-frequency acoustic impedance imaging of cancer cells. **Ultrasound in Medicine & Biology**, v. 41, n. 10, p. 2700–2713, 2015. DOI:10.1016/j.ultrasmedbio.2015.06.003. Disponível em: [https://www.umbjournal.org/article/S0301-5629\(15\)00400-7/abstract](https://www.umbjournal.org/article/S0301-5629(15)00400-7/abstract). Acesso em: 11 de jun. 2025.

Feldkamp, Joachim *et al.* Fine Needle Aspiration in the Investigation of Thyroid Nodules. **Deutsches Ärzteblatt International**, [s. l.], v. 113, n. 20, p. 353-359, 20 maio 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27294815/>. Acesso em: 28 out. 2025.

Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (Brasil). **Detecção precoce do câncer**. Rio de Janeiro: INCA, 2021. 72 p. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/deteccao-precoce-do-cancer.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2025.

Johns Hopkins Medicine. **Thyroid Fine Needle Aspiration Biopsy**. Baltimore: Johns Hopkins University, 2023. Disponível em:

<https://www.hopkinsmedicine.org/health/treatment-tests-and-therapies/thyroid-fine-needle-aspiration-biopsy>. Acesso em: 28 out. 2025.

Kamal, Meherbano M. George N. Papanicolaou – A tribute. **CytoJournal**, v. 19, p. 20, 29 mar. 2022. DOI: 10.25259/CMAS\_03\_01\_2021. Disponível em: <https://cytojournal.com/george-n-papanicolaou-a-tribute/>. Acesso em: 28 out. 2025.

Kornecki, Anat. **Current status of breast ultrasound**. Canadian Association of Radiologists Journal, v. 62, n. 1, p. 31–40, 2011. DOI: 10.1016/j.carj.2010.07.006. Disponível em: <https://www.carjonline.org>. Acesso em: 11 dez. 2025.

Langer, Jill E. Sonography of the Thyroid. **Radiologic Clinics of North America**, [s. l.], v. 57, n. 3, p. 469-483, maio de 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2019.01.001>. Acesso em: 24 jul. 2025.

Meira, Berlley; Arruda, Elano. Doenças da mama: aspectos clínicos e citopatológicos. 1. ed. São Paulo: Círculo das Artes, 2022.

Michalas, Stylianos P. The Pap test: George N. Papanicolaou (1883–1962): A screening test for the prevention of cancer of uterine cervix. **European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology**, v. 90, p. 135–138, 2000. Disponível em: <https://historiadocancer.coc.fiocruz.br/linhadotempo/imgParalela/Textos%20em%20pdf/Papanicolau%202.pdf>. Acesso em: 28 out. 2025.

Mishra, Manisha M.; Reynolds, Jordan P.; Sturgis, Charles D.; Booth, Christine N. **Diagnosis of mediastinal lesions unassociated with lung carcinoma diagnosed by endobronchial ultrasound transbronchial needle aspiration (EBUS-TBNA)**. Journal of the American Society of Cytopathology, v. 5, n. 3, p. 1–7, 2016. DOI: 10.1016/j.jasc.2016.02.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 15 dez. 2025.

Organização Pan-Americana da Saúde. **Carga global de câncer aumenta em meio à crescente necessidade de serviços**. 2024. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/1-2-2024-carga-global-cancer-aumenta-em-meio-crescente-necessidade-servicos>. Acesso em: 12 jul. 2025.

**Pathology Outlines.** Breast fat necrosis. PathologyOutlines.com, 2022 – 2023. Disponível em: <https://www.pathologyoutlines.com/topic/breastfatnecrosis.html>. Acesso em: 12 dez. 2025.

**Pathology Outlines.** Cytopathology – lung malignant. PathologyOutlines.com, 2024. Disponível em: <https://www.pathologyoutlines.com/topic/cytopathologylungmalignant.html>. Acesso em: 12 dez. 2025.

**Pathology Outlines.** Thyroid — Hashimoto’s thyroiditis. PathologyOutlines.com, 2025. Disponível em: <https://www.pathologyoutlines.com/topic/thyroidhashimotosthyroiditis.html>. Acesso em: 12 dez. 2025.

**Pathology Outlines.** Lymphoma, non-B-cell, classic. PathologyOutlines.com, 2025. Disponível em: <https://www.pathologyoutlines.com/topic/lymphomanonBclassic.html>. Acesso em: 12 dez. 2025.

**Pathology Outlines.** Thyroid — Papillary carcinoma. PathologyOutlines.com, 2020. Disponível em: <https://www.pathologyoutlines.com/topic/thyroidpapillary.html>. Acesso em: 12 dez. 2025.

**Pathology Outlines.** Thyroid & parathyroid. PathologyOutlines.com, 2025. Disponível em: <https://www.pathologyoutlines.com/topic/thyroidbenign.html>. Acesso em: 23 dez. 2025.

**Pathology Outlines.** Thyroid benign. PathologyOutlines.com, 2025. Disponível em: <https://www.pathologyoutlines.com/topic/thyroidbenign.html>. Acesso em: 23 dez. 2025.

**Pathology Outlines.** Thyroid benign. PathologyOutlines.com, 2025. Disponível em: <https://www.pathologyoutlines.com/topic/thyroidbenign.html>. Acesso em: 23 dez. 2025.

Piber, Leonardo; Freitas, Carla; Teixeira, Thiago; Bezerra, Arthur; Fernandes, Mayra; Yoshiassu, Regina. **Avaliação ultrassonográfica e citológica de 499 nódulos tireoidianos.** RBUS – Revista Brasileira de Ultrassonografia, v. 28, n. 28, p. 7–12, mar. 2020. Disponível em: <https://www.sbus.org.br>. Acesso em: 23 dez. 2025.

Qi, Bing. *et al.* Estimates of natural frequencies for nuclear vibration, and an assessment of the feasibility of selective ultrasound ablation of cancer cells. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, v. 160, 2024. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39413547/>. Acesso em: 30 jul. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2024.106778>.

Radiopaedia. Simple breast cyst. Disponível em: <https://radiopaedia.org/articles/simple-breast-cyst-1>. Acesso em: 12 dez. 2025.

Rollins, Susan D.; Elshenawy, Yasmin. **Images for the interventional cytopathologist: salivary gland ultrasound and cytology**. *Cancer Cytopathology*, v. 127, n. 11, p. 675–679, nov. 2019. DOI: 10.1002/cncy.22183. Disponível em: <https://acsjournals.onlinelibrary.wiley.com>. Acesso em: 25 dez. 2025.

Santra Subhra, Tuhin; Fãs Tseng, Gangue. **Análise de Célula Única 2.0**. [s. l.]: MDPI, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4409/12/1/154>. Acesso em: 28 out. 2025.

Schwarz, Marvin; Jendrusch, Michael; Constantinou, Iordania. Spatially resolved electrical impedance methods for cell and particle characterization. **Electrophoresis**, [s. l.], v. 41, n. 1-2, p. 65-80, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/elps.201900286>. Acesso em: 24 jul. 2025.

Siddig, E. E. *et al.* Ultrasound-guided fine-needle aspiration cytology significantly improved mycetoma diagnosis. **Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology**, [s. l.], v. 36, n. 10, p. 1845-1850, jul. 2022. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9543342/pdf/JDV-36-1845.pdf>. Acesso em: 28 out. 2025.

Silva, Ana Paula Santos. *et al.* Fundamentos da biofísica do ultrassom: princípios e aplicações médicas. **Revista Liberum Access**, v. 1, n. 1, p. 110–118, 2024. Disponível em: <https://revista.liberumaccesum.com.br/index.php/RLA/article/view/332>. Acesso em: 11 de jun. 2025.

Smith, Roger P. Basic physics of ultrasound. *Clinical Obstetrics and Gynecology*, v. 20, n. 2, p. 231-241, jun. 1977. DOI: 10.1097/00003081-197706000-00004.

Disponível em:

[https://journals.lww.com/clinicalobgyn/citation/1977/06000/basic\\_physics\\_of\\_ultrasound.4.aspx](https://journals.lww.com/clinicalobgyn/citation/1977/06000/basic_physics_of_ultrasound.4.aspx). Acesso em: 26 nov. 2025.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ULTRASSONOLOGIA (SBUS). **RBUS – Revista Brasileira de Ultrassonografia**. Goiânia: Contato Comunicação, v. 16, mar. 2014. ISSN 1679-8953. Publicação semestral. Disponível em: <https://www.sbus.org.br>. Acesso em: 23 nov. 2025.

Sperandeo, Marco; Trovato, Francesca M.; Dimitri, Lucia; Catalano, Daniela; Simeone, Anna; Martines, Giuseppe Fabio; Piscitelli, Angela Pamela; Trovato, Guglielmo M. **Lung transthoracic ultrasound elastography imaging and guided biopsies of subpleural cancer: a preliminary report**. *Acta Radiologica*, v. 55, n. 9, p. 1042–1049, 2014. DOI: 10.1177/0284185114538424. Disponível em: <https://acr.sagepub.com>. Acesso em: 12 dez. 2025.

Szejnfeld, Jacob; Clemente filho, Antonio S. Ultra-ssom Diagnostico - Aplicação Do Exame No Torax. In: **JORNAL BRASILEIRO DE PNEUMOLOGIA**. Brasília: [s.n.], 1984. v. 10, p. 110. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=d6\\_OVOGjhnQC&oi=fnd&pg=PA110&dq=impedância+acústica+ultrassom&ots=1uWSo\\_sccY&sig=9pfwHC-\\_4i34CKDgMt1rXXZd4U#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=d6_OVOGjhnQC&oi=fnd&pg=PA110&dq=impedância+acústica+ultrassom&ots=1uWSo_sccY&sig=9pfwHC-_4i34CKDgMt1rXXZd4U#v=onepage&q&f=false). Acesso em: 11 jun. 2025.

Tafti, Dawood; Schultz, Donald. *Thyroid nodule biopsy*. In: **StatPearls [Internet]**. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025 Jan–. Atualizado em 24 jul. 2023. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557883/>. Acesso em: 28 out. 2025.

Tomimori, E. K.; Bisi, H.; Medeiro-Neto, G.; Camargo, R. Y. Avaliação ultrassonográfica dos nódulos tireóideos: comparação com exame citológico e histopatológico. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, v. 48, n. 1, p. 105-113, fev. 2004. DOI: 10.1590/S0004-27302004000100012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abem/a/RFtGkqrzDkd6MFxyKD86XhM/?lang=pt>. Acesso em: 23 dez. 2025.

Vilos, G. A. The history of the Papanicolaou smear and the odyssey of George and Andromache Papanicolaou. **Obstetrics & Gynecology**, v. 91, p. 479-483, mar. 1998. Disponível em:

[https://journals.lww.com/greenjournal/abstract/1998/03000/the\\_history\\_of\\_the\\_papainicolaou\\_smear\\_and\\_the.30.aspx](https://journals.lww.com/greenjournal/abstract/1998/03000/the_history_of_the_papainicolaou_smear_and_the.30.aspx). Acesso em: 28 out. 2025.

Wu, Ching-Lan; LAI, Yi-Chen; Wang, Hsin-Kai; CHEN, Paul Chih-Hsueh; Chiou, Hong-Jen. Correlation between histological and ultrasonographic findings of soft tissue tumors: to verify the possibility of cell-like resolution in ultrasonography. **Journal of the Chinese Medical Association**, v. 80, n. 11, p. 721–728, nov. 2017. DOI: 10.1016/j.jcma.2017.04.008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28919293/>. Acesso em: 23 nov. 2025.

Zain, M. N., K. C. Kanaga, M. I. A. Sharifah, A. Suraya e N. H. Latar. Study of Electrical Impedance Tomography as a primary screening technique for breast cancer. **IEEE CONFERENCE ON BIOMEDICAL ENGINEERING AND SCIENCES**, 2014, Kuala Lumpur, Malaysia. 2014. p. 220-224. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IECBES.2014.7047490>. Acesso em: 24 jul. 2025.