

Avaliação comparativa de curva de resposta em frequência de microfones condensadores: desempenho de modelos de baixo custo frente ao Neumann KM184

MODALIDADE: COMUNICAÇÃO ORAL EM SIMPÓSIO TEMÁTICO (ON-LINE)

SIMPÓSIO: ST 10 - Áudio e produção musical: agentes, meios, processos e desdobramentos

Alexandre V. Maiorino
Escola de Música da UFRN
alexandre.maiorino@ufrn.br

Yngrew Rafael Mendes Palmeira
Escola de Música da UFRN
yngrewfael@gmail.com

Resumo.

Este artigo apresenta uma análise comparativa da resposta em frequência de quatro microfones condensadores: o Neumann KM184, amplamente reconhecido por sua qualidade em estúdios profissionais, e três modelos de menor custo — Audio Technica AT2020, Alctron T05 (com cápsulas cardioide e hipercardioide) e Alctron DM3 — com o objetivo de avaliar sua viabilidade em contextos de produção musical com orçamento reduzido. A pesquisa foi motivada pela crescente acessibilidade das tecnologias de gravação e pela necessidade de informações técnicas confiáveis sobre microfones de baixo custo, cuja documentação dos fabricantes nem sempre é padronizada ou precisa. Utilizando metodologia baseada na norma IEC 60268-4 (2018) e medições realizadas no Auditório Onofre Lopes da UFRN com resposta impulsiva por varredura de seno exponencial, foram obtidas e comparadas as curvas de resposta em frequência dos microfones. Os resultados mostraram que tanto o AT2020 quanto o T05 (cápsula cardioide) apresentaram respostas próximas à do KM184, com destaque para variações nas altas frequências. Já os microfones T05 (cápsula hipercardioide) e DM3 revelaram características distintas, com atenuações específicas que podem ser úteis, dependendo do contexto de aplicação. As análises também evidenciaram discrepâncias entre os dados fornecidos pelos fabricantes e os resultados medidos, indicando a importância de testes independentes. Considerando a proximidade com a curva do microfone Neumann KM184, o estudo aponta o AT2020 como uma opção equilibrada e com bom desempenho. A pesquisa contribui para orientar técnicos, engenheiros de som e produtores musicais na escolha de microfones mais acessíveis, sem comprometer significativamente a qualidade sonora.

Palavras-chave. Microfones condensadores, Resposta em frequência, Gravação Musical, Avaliação comparativa, Produção musical de baixo custo

Title.



Comparative Evaluation of the Frequency Response Curve of Condenser Microphones: Performance of Low-Cost Models Compared to the Neumann KM184

Abstract.

This article presents a comparative analysis of the frequency response of four condenser microphones: the Neumann KM184, widely recognized for its high quality in professional studios, and three lower-cost models — Audio Technica AT2020, Alctron T05 (with cardioid and hypercardioid capsules), and Alctron DM3 — with the aim of assessing their viability in music production contexts with limited budgets. The research was motivated by the increasing accessibility of recording technologies and the need for reliable technical information about budget microphones, whose manufacturer specifications are often inconsistent or lacking in detail. Using a methodology based on IEC 60268-4 (2018) and measurements carried out in the Onofre Lopes Auditorium at UFRN through exponential sine sweep impulse response testing, the frequency response curves of the microphones were obtained and compared. Results showed that both the AT2020 and the T05 (cardioid capsule) exhibited responses similar to the KM184, particularly in the high-frequency range. In contrast, the T05 (hypercardioid capsule) and the DM3 displayed distinctive characteristics, with specific attenuations that may be advantageous depending on the recording application. The study also revealed discrepancies between manufacturer-provided data and measured results, underscoring the value of independent testing. Considering its similarity to the Neumann KM184's response curve, the study identifies the AT2020 as a balanced option with solid performance. The research contributes to guiding technicians, sound engineers, and music producers in selecting more affordable microphones without significantly compromising sound quality.

Keywords. Condenser microphones, Frequency response, Musical recording, Comparative evaluation, Low-budget music production

Introdução

As tecnologias de registro sonoro evoluíram significativamente desde o final do século XIX. Da era do gramofone, passando pela gravação em fita analógica até a atual era do áudio digital manipulado por estações de trabalho digitais (*DAW*¹), esses avanços transformaram profundamente o processo de produção musical. O processo em si sempre foi especializado, demandando diferentes *expertises* conforme os avanços tecnológicos. Por exemplo, no início da gravação em cilindro, ou mesmo da gravação elétrica com apenas um microfone, a disposição e a arregimentação do grupo musical eram de grande importância, e a experiência dos técnicos de gravação em lidar com a tecnologia da época tornava o trabalho altamente

¹ DAW – *Digital Audio Workstation* – Estação de áudio digital



especializado. Com o avanço tecnológico e a gravação multicanal, o uso de múltiplos microfones e espaços dedicados à gravação não só tornou o processo mais complexo, como também mais caro. Dessa maneira, até o advento da gravação digital por meio de computadores pessoais, a produção fonográfica era exclusividade de grandes conglomerados econômicos, onde estavam as gravadoras e seus estúdios (Milner, 2018). A partir da popularização do computador pessoal como peça central para a gravação, edição e mixagem do material registrado, os custos de produção foram significativamente reduzidos. O que antes era exclusividade das grandes gravadoras, devido ao alto custo dos meios de produção, tornou-se acessível a músicos independentes com o advento das tecnologias digitais e dos computadores. Assim, o processo de produção musical, que outrora se restringia a estúdios especializados, agora pode ser realizado em *home studios*² (Huber; Runstein, 2005).

Um dos principais fatores que contribuíram para a democratização da produção musical foi a redução dos custos e a mudança drástica nos equipamentos de gravação. Durante a era analógica, apenas grandes empresas possuíam os equipamentos necessários para a captação e gravação de áudio, como grandes mesas analógicas e gravadores multicanais de fita. Com a digitalização e o surgimento das *Digital Audio Workstations (DAWs)*, os custos de aquisição desses equipamentos diminuíram drasticamente. Enquanto antes era necessário um espaço acusticamente especializado, como um estúdio de gravação, uma mesa analógica de vários canais conectada a um gravador de fita, seja analógico ou digital, as *DAWs* transformaram radicalmente os processos de produção. Tápia (2021) propõe uma estrutura básica para a produção musical domiciliar utilizando *DAWs*. Essa estrutura requer apenas um computador, uma interface de áudio, um instrumento musical, seja físico ou virtual, fones ou caixas de reprodução e microfones. Das tecnologias citadas, os transdutores, caixas, fones e microfones mantêm seus princípios básicos construtivos praticamente inalterados desde a era da gravação elétrica (Eargle, 2012).

Dentro das etapas da produção musical, a captação de áudio é uma das mais importantes para garantir a qualidade e a fidelidade sonora, além de atender às questões estéticas. A escolha adequada dos microfones desempenha um papel decisivo na obtenção de resultados satisfatórios, conforme a estética musical proposta. Dada a vasta gama de opções

² Os *home studios* são estúdios caseiros, com equipamentos de baixo custo e de número reduzido de canais de entrada de áudio.



disponíveis no mercado, é essencial compreender as características e o desempenho de cada microfone para selecionar a ferramenta mais apropriada para cada situação de captação (Bartlett; Bartlett, 2008).

Microfones são transdutores que convertem energia acústica em sinais elétricos (Eargle, 2012). Embora tenham ocorrido grandes avanços tecnológicos em outras áreas da produção musical, os princípios fundamentais construtivos dos microfones permanecem inalterados desde sua invenção. Mesmo com melhorias na qualidade dos componentes, muitos microfones antigos continuam em uso e são valorizados por sua sonoridade. No entanto, esses equipamentos frequentemente apresentam um custo elevado. Os microfones podem ser classificados de acordo com seu sistema construtivo e sua diretividade. Quanto à construção, os microfones mais comuns são os dinâmicos, ou de bobina, os condensadores, também conhecidos como capacitivos, e os de fita, que são, em essência, uma variação dos microfones dinâmicos. Em relação à diretividade, podem ser omnidirecionais, bidirecionais ou cardioides, com variações intermediárias entre essas categorias (Ballou, 2013).

Os microfones dinâmicos funcionam a partir de uma bobina móvel submetida a um campo magnético, geralmente de um ímã, fixada a um diafragma que vibra com a incidência das ondas sonoras, gerando um sinal de áudio. Os microfones de fita são similares aos dinâmicos; entretanto, seu diafragma é uma fita metálica, também submetida a um campo eletromagnético de um ímã, cuja vibração produz um sinal elétrico. Os microfones condensadores, também chamados capacitivos, possuem duas placas metálicas: uma fixa e outra móvel, que vibra com a incidência sonora. A variação da distância entre as placas produz uma variação de capacitância, sendo as placas eletrificadas por uma fonte externa chamada *phantom power*³. A partir dessa variação de capacitância, o sinal elétrico é gerado. Quanto à diretividade, os microfones podem ser omnidirecionais, ou seja, captam sons que incidem no diafragma de diversas direções; direcionais, como no padrão cardioide, que capta sons que incidem pela frente do microfone e rejeita os que chegam por trás do diafragma; ou bidirecionais, que captam sons que incidem na frente e atrás do diafragma, mas rejeitam os que chegam pelas laterais (Eargle, 2012).

³ Phantom power é uma fonte de alimentação externa que alimenta microfones condensadores com uma fonte de tensão de 48V para que possam funcionar.



Recentemente, diversos fabricantes, especialmente na Ásia, lançaram microfones no mercado a preços significativamente mais baixos do que os praticados por marcas consolidadas, como Neumann, AKG e Sennheiser. Não há, essencialmente, uma maneira de conhecer a qualidade de um microfone até que ele seja testado em funcionamento. Contudo, existem parâmetros propostos pela norma IEC 60268-4 (2018). Embora os fabricantes não padronizem o detalhamento desses parâmetros, em geral, fornecem valores referenciais que permitem avaliar e comparar os microfones, ainda que de maneira indireta. A resposta em frequência é um desses parâmetros, indicando a sensibilidade do microfone para captar a faixa audível de frequências. Essa resposta é representada em um gráfico, no qual o eixo X corresponde à faixa de frequências amostrada e o eixo Y à magnitude da resposta do microfone em função do sinal de excitação. Enquanto fabricantes tradicionais frequentemente fornecem gráficos detalhados de resposta em frequência para seus produtos, muitos dos novos fabricantes, especialmente os de microfones de baixo custo, limitam-se a indicar a faixa de atuação de seus equipamentos, por vezes com uma faixa de tolerância. Mesmo assim, é notável que muitos fabricantes apresentam gráficos claramente ajustados ou suavizados. Dessa maneira, torna-se essencial buscar alternativas para comparar microfones, como forma de avaliar novas opções no mercado e determinar sua viabilidade em aplicações profissionais. Uma dessas alternativas é realizar a medição da curva de resposta em frequência, desde que os microfones a serem comparados estejam disponíveis. É importante ressaltar que a curva de resposta em frequência não é o único parâmetro para se avaliar as características de um microfone, mas é um parâmetro de grande relevância.

O objetivo desta pesquisa é realizar uma avaliação comparativa de quatro microfones distintos: um reconhecido como excelente microfone de estúdio, outro de uma marca consolidada no meio de estúdios de gravação e dois microfones de baixo custo, com foco na análise da resposta em frequência. Será utilizado como referência o Neumann KM184, um microfone condensador de cápsula pequena, amplamente reconhecido por sua qualidade em estúdios de gravação. Os microfones comparados serão o Audio Technica AT2020 e os modelos T05 e DM3 da Alctron, todos condensadores. Além da resposta em frequência, serão analisados seus custos atuais, bem como comparadas as curvas de resposta fornecidas pelos fabricantes com as curvas de resposta medidas.



Espera-se que esta pesquisa forneça *insights* valiosos para profissionais e produtores musicais na escolha de microfones que ofereçam uma boa relação custo-benefício, contribuindo para produções de qualidade mesmo em contextos de orçamento limitado.

Metodologia

Este estudo foi desenvolvido em várias etapas, com o objetivo de realizar uma comparação detalhada da resposta em frequência de diferentes microfones, incluindo modelos de baixo custo e microfones amplamente reconhecidos na indústria musical.

Objetos de estudo

O microfone utilizado como referência na comparação é o Neumann KM184. A linha KM da Neumann apresenta uma série de microfones de cápsula pequena, com 22 mm de diâmetro, e diversos padrões polares. O KM184 é cardioide, o KM183 é omnidirecional, o KM182 é bidirecional e o KM185 é hipercardioide. De acordo com o site da Neumann, o KM184 é um microfone com sonoridade natural e transparente, baixo nível de ruído e capacidade de reproduzir, com baixa distorção, altos níveis de pressão sonora (Neumann, 2020).

O microfone AT2020, da Audio Technica, é um microfone condensador com chassi característico de microfones comumente associados a cápsulas grandes, ou seja, aqueles normalmente utilizados para captação de voz em estúdios de gravação. No entanto, o fabricante especifica que a cápsula do AT2020 tem apenas 16 mm, inferior à do KM184. Embora seu chassi construtivo seja diferente dos microfones comparados, optou-se por avaliá-lo devido a seu baixo custo. De acordo com o site da Audio Technica, o AT2020 alia preço e desempenho, sendo ideal para aplicações em *home studios*. Possui padrão polar cardioide e tem capacidade de reproduzir, com baixa distorção, altos níveis de pressão sonora (Audio Technica, 2017).

O microfone T05, da Alctron, é um microfone condensador de cápsula pequena, com 22 mm de diâmetro, e padrão polar cardioide. O microfone é vendido com a possibilidade de troca de cápsulas, sendo uma cardioide e outra hipercardioide, ambas comparadas nesta pesquisa. De acordo com o site da empresa, o microfone apresenta baixo nível de ruído, resposta



em frequência estendida com um suave aumento na captação de agudos, sendo ideal para a captação de instrumentos de corda, sejam dedilhados, percutidos ou friccionados. Possui, ainda, capacidade de reproduzir, com baixa distorção, altos níveis de pressão sonora (Alctron, [s. d.]).

O microfone DM3, da Alctron, é um microfone condensador de cápsula pequena, com 14 mm de diâmetro, e padrão polar cardioide. De acordo com o site da empresa, o microfone apresenta baixo nível de ruído e ampla resposta em frequência. Embora possa ser adquirido avulso, este microfone faz parte de um kit de bateria fornecido pela empresa e tem como objetivo principal ser utilizado como microfone de *over* ou *overall* da bateria (Alctron, [s. d.]).

A Alctron⁴ é uma empresa sediada na cidade de Ningbo, China. No Brasil, a empresa firmou um acordo comercial com a Titã Group⁵, que revende parte dos microfones chineses sob a marca Arcano. No Brasil, o microfone T05 é conhecido como PYX-Air e comercializado com a marca Arcano⁶. A Figura 1 mostra cada um dos microfones avaliados.

Figura 1 – Microfones Condensadores avaliados: (a) Audio Technica AT2020; (b) Alctron T05; (c) Alctron DM03; (d) Neumann KM184



Fonte: o autor

⁴ <https://www.alctron-audio.com/EN/index.html>

⁵ <https://titagroup.com.br/>

⁶ <https://titagroup.com.br/produto/arcano/pyx-air/#descricao-do-produto>

Procedimentos de medição

As medições foram realizadas, na medida do possível, seguindo as diretrizes da norma IEC 60268-4 (2018). Para a medição segundo a norma, seria necessário o uso de uma câmara anecoica, medição em campo livre ou em tubo de impedância. Infelizmente, não há disponibilidade dessas condições no laboratório da Escola de Música, e a medição em campo livre na cidade de Natal é inviabilizada pela velocidade do vento durante todo o ano. Contudo, como a norma permite o uso de medição de resposta impulsiva para a obtenção da curva de resposta em frequência, há algumas possibilidades de processamento que permitem obter as respostas ao impulso em ambientes não anecoicos. A ideia é isolar a resposta impulsiva do som direto que sai diretamente da fonte sonora, eliminando as contribuições de reflexões do ambiente.

O ambiente de medição selecionado foi o palco do Auditório Onofre Lopes, localizado na Escola de Música da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). A escolha desse local foi motivada pela possibilidade de montar o aparato de medição o mais distante possível de superfícies refletoras. Dessa maneira, foi possível diminuir a contribuição da primeira reflexão, proveniente do piso. Para isso, foi montado um aparato de medição utilizando tripés de suporte para o microfone e a fonte sonora, elevados ao máximo, aumentando a distância entre a reflexão do piso e o som direto. É importante ressaltar que esse procedimento melhora a qualidade da resposta impulsiva nas altas frequências, onde o comprimento de onda é relativamente pequeno, mas não elimina a interferência nas baixas frequências, reduzindo a acurácia das medições nesse espectro. Contudo, ao avaliar a maioria das respostas em frequência de microfones condensadores, a região de maior interesse, devido à variabilidade propiciada por sua construção, está nas altas frequências, uma vez que, em geral, a resposta em baixas frequências é relativamente plana. Isso não invalida os resultados obtidos, apenas aumenta o grau de incerteza nas medições em baixas frequências.

Para a obtenção das curvas de resposta em frequência dos microfones estudados, utilizou-se o método de resposta impulsiva com varredura de seno exponencial. O software empregado para captura e processamento de sinal foi o *ITAToolbox*, ferramenta de medição acústica em *Matlab* (Berzborn et al., 2017). A fonte sonora escolhida foi um monitor YAMAHA HS5, colocado em um pedestal de caixa de som e elevado de modo que o centro dos alto-falantes estivesse a 1,5 m do piso. Para minimizar possíveis vibrações, inseriu-se uma



camada de espuma de 1 cm de espessura entre a caixa e a base do tripé. Os microfones foram posicionados a uma distância de 1 metro da caixa de som e a uma altura de 1,5 metros do chão, centralizados em relação à fonte sonora. Para assegurar a consistência das medições, a posição de cada microfone foi aferida e ajustada a cada troca. Para reduzir as reflexões sonoras provenientes do piso, foram colocadas camadas de material fonoabsorvente, como espumas e mantas, no chão entre a caixa de som e o microfone. Esse procedimento contribuiu para um janelamento⁷ mais preciso da curva de resposta impulsiva. A Figura 2 mostra o aparato de medição no auditório.

Para que a curva de resposta do microfone seja medida, é necessário realizar um processamento adicional, que consiste em eliminar a curva de resposta da caixa de som utilizada como fonte sonora. Para isso, foi escolhido um microfone de pressão capacitivo omnidirecional, considerado como possuidor de uma curva plana de resposta. O microfone selecionado foi o Behringer ECM8000, com diafragma de 1/4", geralmente utilizado para medições acústicas.

⁷ “Janelamento” é um termo utilizado em processamento de sinais que vem do termo “time window”, ou seja, uma janela temporal. O procedimento consiste em escolher um determinado intervalo de um sinal amostrado, isolando determinados componentes do sinal. Neste caso, o objetivo é isolar o som direto das reflexões secundárias que ocorrem após alguns instantes. Assim, o janelamento permite eliminar as reflexões obtidas pela resposta impulsiva, deixando apenas o som direto para ser analisado.



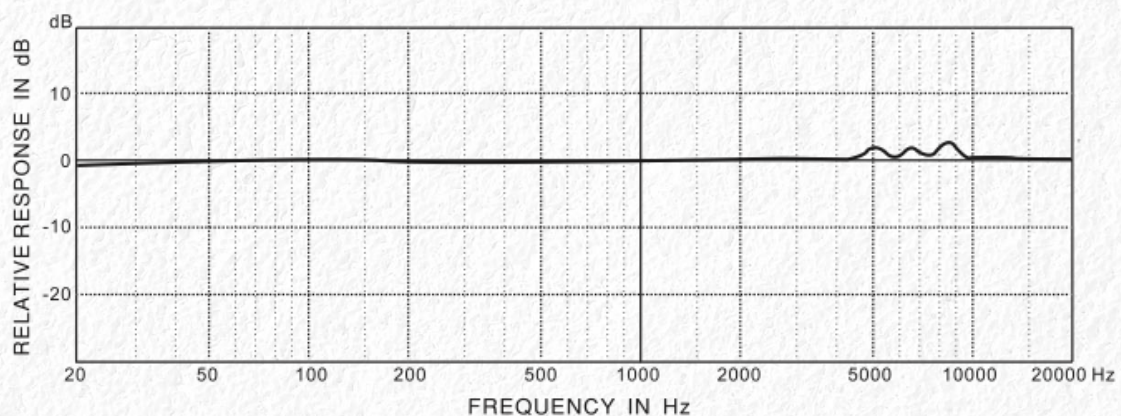
Figura 2 – Aparato de medição das curvas de respostas de frequência por meio da resposta impulsiva



Fonte: o autor

De acordo com dados do fabricante, o microfone apresenta resposta relativamente plana dentro do espectro de 20 Hz a 20 kHz. A Figura 3 mostra a curva de resposta do microfone Behringer ECM8000.

Figura 3 – Curva de resposta do microfone Behringer ECM8000 fornecido pelo fabricante



Fonte: <https://www.behringer.com/product.html?modelCode=0506-AAA>

Assim, uma medição da resposta impulsiva da caixa de som é realizada com o objetivo de torná-la a referência para a curva de resposta em frequência da fonte sonora. Dessa maneira, as respostas impulsivas obtidas com os microfones de interesse serão divididas pela resposta impulsiva obtida com o microfone Behringer. Essa divisão resulta no cancelamento da curva de resposta da fonte sonora, restando apenas a curva de resposta do microfone de interesse.

Ainda como parte do processamento do sinal, foi aplicada uma janela de tempo de 3,5 milissegundos em todas as respostas impulsivas, utilizando a janela de *Hamming*⁸ para minimizar os efeitos de reflexões indesejadas. Esse procedimento garantiu que apenas a resposta impulsiva do som direto da fonte sonora fosse utilizada para a obtenção da curva de resposta em frequência dos microfones avaliados.

Uma vez obtidas as respostas impulsivas de cada microfone e divididas pela resposta impulsiva do microfone de referência, criou-se um código em *Matlab* para plotar as curvas de resposta em frequência sempre aos pares: uma curva da resposta em frequência do microfone Neumann KM184 e outra do microfone a ser comparado. As respostas de ambos os microfones foram normalizadas em magnitude a partir da banda de frequência de 1 kHz, permitindo a comparação da magnitude das respostas obtidas. A partir da Transformada Rápida de Fourier (FFT)⁹, os sinais temporais das respostas impulsivas são convertidos para o domínio da frequência e os resultados, plotados.

Resultados e discussões

Dentre todos os microfones avaliados, foram encontrados no site do fabricante valores de alguns parâmetros propostos pela norma IEC 60268-4 (2018), os quais serão mostrados adiante. Também foram obtidos junto aos fabricantes os gráficos das curvas de resposta em frequência de todos os microfones, que podem ser visualizados na Figura 4.

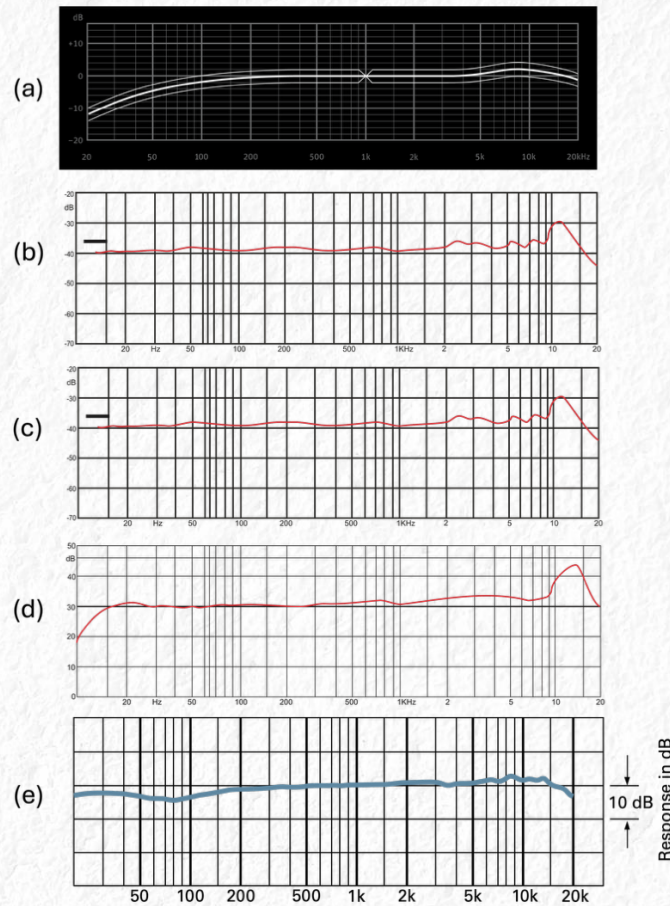
A Figura 5 mostra a comparação das curvas de resposta em frequência dos microfones KM184 e Alctron T05 (Arcano PYX Air) com a cápsula cardioide.

⁸ Técnica de processamento de sinais para reduzir vazamentos espectrais quando é realizada uma transformada de Fourier

⁹ FFT – *Fast Fourier Transform* é um algoritmo matemático que transforma sinais do domínio do tempo em domínio de frequência.



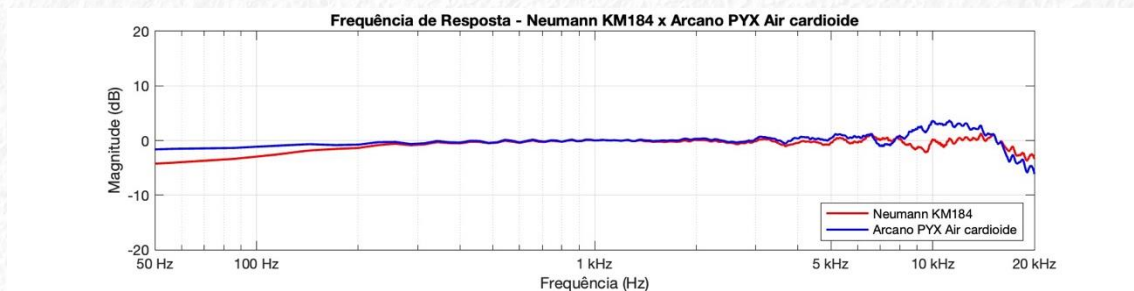
Figura 4 – Curvas de resposta de frequência dos microfones avaliados: (a) Neumann KM184; (b) Alctron DM03; (c) Alctron T05 cápsula cardioide; (d) Alctron T05 cápsula hiper cardioide; (e) Audio Technica AT2020



Fonte: (Alctron, [s. d.], [s. d.]; Audio Technica, 2017; Neumann, 2020)

O gráfico da Figura 5 mostra que, em comparação com o microfone KM184, o Alctron T05 apresenta um ganho de pouco menos de 5 dB em uma faixa de alta frequência, cuja frequência central é de aproximadamente 12 kHz. Essa característica realça as altas frequências, provavelmente proporcionando maior definição aos agudos e dando ênfase a sons dessa região, como, por exemplo, a batida das baquetas nos pratos de bateria ou os agudos dos instrumentos de cordas. De maneira geral, a curva de resposta do microfone é muito semelhante à do KM184, sendo a deste último mais homogênea ao longo do espectro, com pequenas variações que não ultrapassam 3 dB.

Figura 5 – Comparação da curva de resposta em frequência dos microfones Neumann KM184 e Alctron T05 com cápsula cardioide

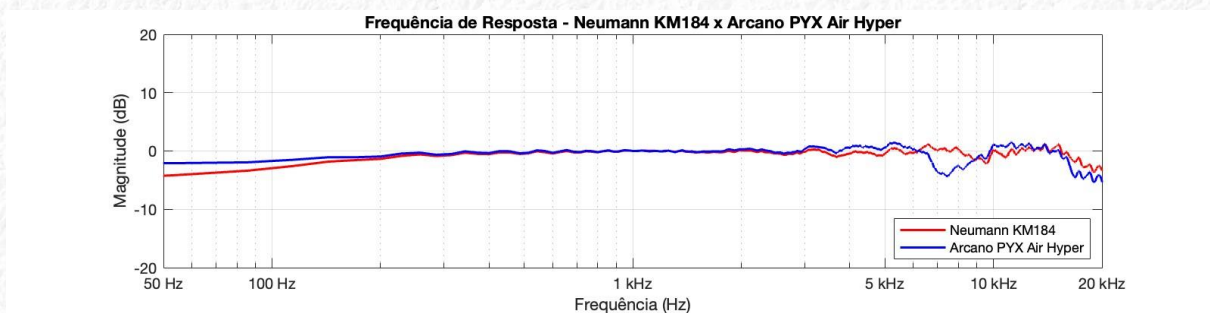


Fonte: o autor

O gráfico também mostra que, a partir de aproximadamente 16 kHz, a resposta tanto do KM184 quanto do T05 começa a cair, sendo o decaimento do Alctron um pouco mais acentuado. Entretanto, apenas a análise da curva de resposta em frequência não é suficiente para afirmar que os microfones são iguais, mas demonstra que ambos podem ser utilizados para aplicações similares e que o microfone Alctron com a cápsula cardioide irá realçar a parte superior do espectro sonoro.

A Figura 6 mostra a comparação das curvas de resposta em frequência dos microfones KM184 e Alctron T05 (Arcano PYX Air) com a cápsula hipercardioide.

Figura 6 – Comparação da curva de resposta em frequência dos microfones Neumann KM184 e Alctron T05 com cápsula hyper-cardioide



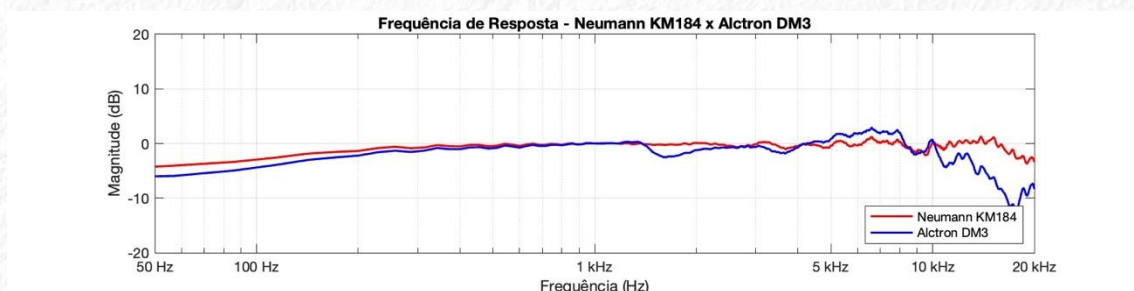
Fonte: o autor

O gráfico mostra que, com a cápsula hipercardioide, o microfone T05 perde a ênfase nas altas frequências. Mostra também que, em uma faixa mais estreita com frequência central de aproximadamente 7,5 kHz, há uma atenuação de aproximadamente 4 dB. Com essa pequena

atenuação, o microfone pode ser uma boa escolha para instrumentos cujos agudos sejam muito marcantes e quando se busca uma atenuação. Como a cápsula é mais diretiva, essa configuração se mostra uma boa opção para microfones individuais de instrumento ou como *spot mic* na gravação de conjuntos musicais.

A Figura 7 mostra a comparação das curvas de resposta em frequência dos microfones KM184 e Alctron DM03.

Figura 7 – Comparação da curva de resposta em frequência dos microfones Neumann KM184 e Alctron DM03



Fonte: o autor

O gráfico mostra que o microfone Alctron começa a decair em sua curva de resposta em frequência a partir de 10 kHz, e que, a partir de aproximadamente 1,5 kHz, apresentam-se pequenas variações em sua resposta: inicialmente, uma atenuação próxima a 1,7 kHz, seguida por um pequeno aumento em uma faixa mais ampla com frequência central em aproximadamente 7 kHz. Como esse microfone faz parte de um kit de bateria, presume-se que seu uso como microfone de pratos ou *overall* trará mais corpo ao som da bateria, suavizando a região de alta frequência do espectro. Mostra-se um microfone diferente, provavelmente com uma sonoridade um pouco mais fechada.

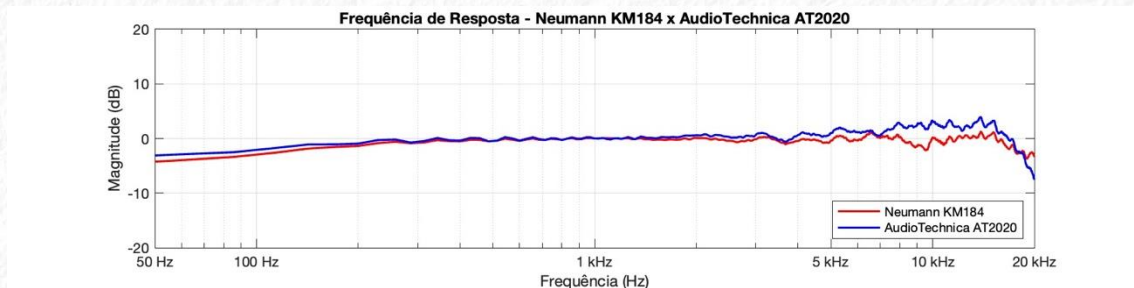
A Figura 8 mostra a comparação das curvas de resposta em frequência dos microfones KM184 e Audio Technica AT2020.

O microfone AT2020 possui uma curva de resposta em frequência muito próxima à do KM184, com uma pequena ênfase em altas frequências a partir de aproximadamente 4 kHz, estendendo-se até próximo a 16 kHz. A partir dessa frequência, assim como o KM184, o AT2020 apresenta um decaimento na resposta de alta frequência. Como comentado anteriormente, embora o *chassis* do AT2020 seja similar ao de microfones de cápsula grande,



sua cápsula é, na verdade, menor que a do KM184, o que faz com que sua curva de resposta em frequência apresente as mesmas características de um microfone tradicional de cápsula pequena, no formato lápis.

Figura 8 – Comparação da curva de resposta em frequência dos microfones Neumann KM184 e Audio Technica AT2020



Fonte: o autor

Em geral, microfones com cápsula grande respondem à região das altas frequências com menor propriedade, já que o tamanho da cápsula gera maior massa, dificultando as vibrações de ondas com frequência mais alta. O tamanho da cápsula também passa a ser um impedimento para a boa resposta nas mais altas frequências devido à interferência por difração das altas frequências com menor comprimento de onda (Ballou, 2013).

Outra comparação necessária é a dos gráficos de curva de resposta dos fabricantes e os medidos *in loco*. É sempre importante salientar as limitações da medição proposta neste trabalho, diante da impossibilidade de realizar medições seguindo fielmente as recomendações da IEC 60268-4 (2018). Tais limitações estão mais presentes no espectro das baixas frequências, devido à impossibilidade de janelar por completo as respostas impulsivas medidas, comprometendo os resultados abaixo de aproximadamente 100 Hz. Mesmo assim, é possível observar algumas questões. A primeira é que os fabricantes, em sua maioria, suavizam as curvas de resposta em frequência. De todas as curvas da Figura 4, a mais suavizada é a do Neumann KM184, seguida pelos microfones da Alctron. De acordo com a curva de resposta do KM184 fornecida pelo fabricante, ele deveria ter um pequeno *boost* nas altas frequências, o que não se observa nas curvas medidas. Mesmo com a incerteza de medição em baixas frequências, o gráfico medido comporta-se de acordo com o apresentado pela Neumann, com um pequeno decaimento a partir de aproximadamente 200 Hz. A curva do AT2020 apresentada pelo

fabricante, além de ter menos suavização, tem um comportamento bastante similar ao medido, especialmente nas altas frequências.

Ao se observarem as curvas apresentadas pela Alctron, percebe-se que as curvas (b) e (c) da Figura 4 são idênticas; entretanto, a curva (b) corresponde ao microfone DM03 e a curva (c) ao microfone T05 com a cápsula cardioide. Claramente, o fabricante não realizou a medição de um dos microfones e apenas copiou as curvas no manual do produto. Ambas as curvas apresentam discrepâncias em relação às medições, especialmente no caso do microfone DM03. Embora haja um aumento nas altas frequências, o gráfico do fabricante aponta um aumento de 10 dB, o que não ocorre na curva medida. A curva (d) da Figura 4 corresponde à curva de resposta em frequência da cápsula hipercardioide do T05, e seu comportamento é bastante diferente do medido.

Essas discrepâncias mostram que um dos problemas em relação a marcas desconhecidas no mercado brasileiro é confiar nos dados técnicos fornecidos pelos fabricantes. Como já comentado, apenas pela leitura dos dados não é possível qualificar os microfones, especialmente porque essa é uma avaliação subjetiva. A melhor maneira de escolher microfones é testando-os em diversos cenários. Entretanto, pesquisas como esta podem trazer informações valiosas para técnicos e engenheiros de áudio, no sentido de contribuir para uma melhor compreensão das possibilidades de uso de microfones de baixo custo.

Conclusões

O presente estudo realizou uma avaliação comparativa entre microfones condensadores, sendo um modelo de referência conhecido no mercado fonográfico e três opções de baixo custo. A análise focou na resposta em frequência dos microfones, utilizando como base de comparação o microfone condensador de cápsula pequena Neumann KM184, e, como modelos comparados, o Audio-Technica AT2020, o Alctron T05 e o Alctron DM03.

Uma alternativa metodológica foi utilizada com sucesso, devido à impossibilidade de medição nos espaços propostos pela norma. A medição consistiu em encontrar um local onde as primeiras reflexões da resposta impulsiva pudessem ser janeladas e eliminadas. Embora a acurácia em baixa frequência não seja ideal, o método apresentou curvas de medição semelhantes às fornecidas pelos fabricantes.



Os resultados encontrados mostraram que tanto o AT2020 quanto o T05 (cápsula cardioide) apresentaram respostas próximas à do KM184, com destaque para variações nas altas frequências, tornando-se possibilidades factíveis para a gravação em *home studios*, com uma coloração de captação semelhante à do KM184 da Neumann. Já os microfones T05 (cápsula hipercardiode) e DM03 revelaram características distintas e diferentes das curvas de resposta em frequência propostas pelos fabricantes, apresentando atenuações específicas que podem ser úteis dependendo do contexto de aplicação. As análises também evidenciaram discrepâncias entre os dados fornecidos pelos fabricantes e os resultados medidos, indicando a importância de testes independentes. Considerando a similaridade com a curva de resposta em frequência do microfone Neumann KM184, o estudo aponta o AT2020 como uma opção equilibrada e com bom desempenho. A pesquisa contribui para orientar técnicos, engenheiros de som e produtores musicais na escolha de microfones mais acessíveis, mantendo significativamente a qualidade sonora.

Referências

ALCTRON. **DM03 Condenser Mic Manual**. [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.alctron-audio.com/api/stl/actions/download?siteId=92&channelId=104&contentId=54&fileUrl=bBtJOUSUCHmZ4LBFQcsja4o8JS4xCUvD3gNBigLb0add01A54YRff5eMIA0equals00equals00secret0>.

ALCTRON. **T05 Condenser Microphone Owner's Manual**. [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.alctron-audio.com/api/stl/actions/download?siteId=92&channelId=104&contentId=43&fileUrl=bBtJOUSUCHmZ4LBFQcsja9x8KsNNj0xMF8tLhH0add0cGosPbGkPCGyNPQ0equals00equals00secret0>.

AUDIO TECHNICA. **AT2020 CARDIOID CONDENSER MICROPHONE**. [S. l.: s. n.], 2017. Disponível em: https://docs.audio-technica.com/eu/at2020_english.pdf?_gl=1*1mby6g1*_up*MQ..*_ga*MjEwNDc5NTY0NC4xNzUzMdMyMjQ5*_ga_9B1Z5FDEW6*czE3NTMwMzIyNDgkbzEkZzEkdDE3NTMwMzIyNDgkajYwJGwwJGgxMTY1NjI4ODM2.

BALLOU, G. **Handbook for Sound Engineers**. [S. l.]: Taylor & Francis, 2013.

BARTLETT, J.; BARTLETT, B. **Practical Recording Techniques, Fifth Edition: The**



Step- by- Step Approach to Professional Audio Recording. Edição: 5ed. Burlington, MA: Focal Press, 2008.

BERZBORN, M. *et al.* The ITA-Toolbox: An Open Source MATLAB Toolbox for Acoustic Measurements and Signal Processing. *In:* , 2017. **Anais [...]**. [S. l.]: 43th Annual German Congress on Acoustics, Kiel (Germany), 6 Mar 2017 - 9 Mar 2017, 2017. Disponível em: <http://publications.rwth-aachen.de/record/687308>.

EARGLE, J. **The Microphone Book: From mono to stereo to surround - a guide to microphone design and application.** [S. l.]: Taylor & Francis, 2012.

HUBER, D. M.; RUNSTEIN, R. E. **Modern Recording Techniques.** Edição: 5th Revised ed.ed. New York: Focal Press, 2005.

INTERNATIONAL ELETROTECNICAL COMMISSION. **IEC 60268-4: Sound system equipment - Part 4: Microphones.** [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em:

<https://webstore.iec.ch/en/publication/32039>. Acesso em: 20 jul. 2025.

MILNER, G. **Perfecting Sound Forever: The Story of Recorded Music.** [S. l.]: Granta Books, 2018.

NEUMANN. **SERIES 180 (KM 183 / 184 / 185) - Operating Manual.** [S. l.: s. n.], 2020.

Disponível em: [https://www.neumann.com/en-de/serviceundsupport/file-finder?productName=KM+184+\(Series+180\)](https://www.neumann.com/en-de/serviceundsupport/file-finder?productName=KM+184+(Series+180)).

TAPIA, D. **Áudio Musical - uma introdução.** Campinas, Brasil: Editora Unicamp, 2021.

