

Gravando a flauta: aspectos técnicos e musicais

Maurício Freire Garcia

Resumo: Estudo sobre aspectos técnicos e musicais de gravações musicais, especialmente da flauta, e suas variáveis como as características físico-acústicas do instrumento, equipamentos de som, tipos de microfones, ambiente acústico e concepções musicais do instrumentista e do técnico de gravação. Inclui figuras, gráficos e mapas de gravação.

Palavras-chave: gravação musical, flauta, microfone, acústica, performance, equipamentos de gravação

Recording the flute: technical and musical aspects

Abstract: Study on technical and musical aspects of music recording, especially flute recording, focusing on parameters such as the instrument's physical traits and positioning, sound equipment, types of microphones, acoustic environment and the musical conception of the performer and sound technician. It includes figures, graphics and microphones's positioning sketches.

Keywords: music recording, flute, microphone, acoustics, music performance, recording equipments

I - Introdução

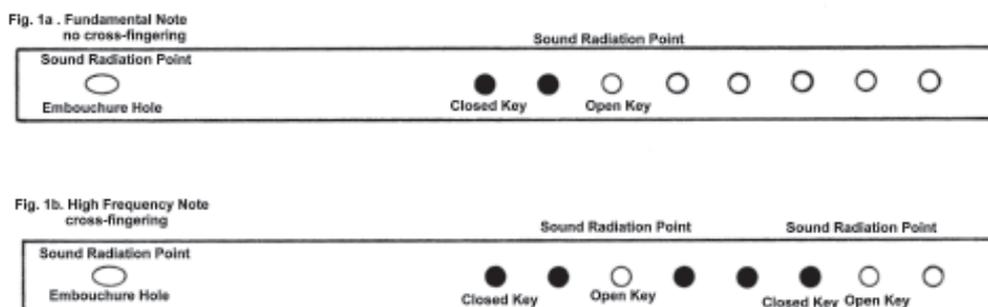
Vários fatores envolvidos no processo de gravação interferem na qualidade do trabalho final, como o equipamento e a sala de gravação, instrumentos e, acima de tudo, o músico e o engenheiro de som. O desenvolvimento das técnicas de gravação desde os primeiros processos mecânico-acústicos até os equipamentos eletro-eletrônicos de alta fidelidade melhorou sobremaneira a qualidade das gravações. Os sistemas de gravação hoje são melhores, mais fáceis de operar e mais baratos. Apesar de todo o aparato tecnológico, fatores subjetivos envolvidos nesse processo ainda são determinantes no resultado: experiências e preferências pessoais com o equipamento de gravação, habilidades de performance e convicções estéticas.

Gravar a flauta é um processo especialmente complexo. As características acústicas únicas do instrumento requerem técnicas específicas de gravação para a reprodução do timbre real do instrumento. Isto é facilmente observável ao compararmos gravações de flauta em gravações comerciais. Frequentemente, o som de um flautista numa sala de concerto é geralmente percebido pelo ouvinte como completamente diferente do que ouvimos em seu CD. Algumas vezes, o mesmo instrumentista não pode ser reconhecido em duas gravações diferentes. Boa parte dessas disparidades são conseqüências do desconhecimento ou má utilização dos microfones, que considero os equipamentos mais importantes envolvidos numa sessão de gravação. O presente artigo estará centrado no uso dos equipamentos de gravação, especialmente dos microfones, mas abordará também as características acústicas da flauta e do papel do flautista e engenheiro de som.

II – Acústica da flauta

As freqüências fundamentais da flauta em Dó se estendem do Si₂ (247 Hz) ao Dó₆ (2.100 kHz), abrangendo pouco mais de quatro oitavas. A flauta em Sol soa uma quarta abaixo, a flauta baixo soa uma oitava abaixo e o flautim, uma oitava acima. Os harmônicos presentes no som da flauta, que podem atingir freqüências acima de 8.000 Hz, variam com a intensidade. Uma nota tocada forte contém mais harmônicos do que a mesma nota tocada piano. Existem ainda os ruídos da respiração e da coluna de ar em atrito contra a parede do orifício do bocal, que também contém altas freqüências. Embora dados sobre estes ruídos na flauta não tenham sido encontrados no levantamento bibliográfico para esse estudo, ruídos semelhantes como os do saxofone podem atingir 12.000 Hz (HUBER, 1988, p.134). Outra característica muito importante da flauta é o modo como seu som se propaga. Seu tubo é aberto dos dois lados (embocadura e orifícios no tubo) ao contrário dos demais instrumentos de sopro (madeiras e metais), que tem um lado do tubo fechado pela boquilha e palheta, como no caso da clarineta. Isto significa que o som produzido no instrumento se irradia sempre em no mínimo duas direções: uma fixa, para a abertura do bocal; a outra móvel, para os orifícios do tubo. Considerando apenas as freqüências fundamentais da flauta em Dó (do Si₂ ao Dó#₄), o ponto de propagação do som move-se na direção do pé do instrumento à medida que a freqüência diminui, porque o comprimento do tubo utilizado aumenta a cada orifício fechado. Por outro lado, a irradiação do som de algumas notas agudas seguem padrões mais complexos, por causa do uso de dedilhados também mais complexos, conforme as Fig.1a e 1b.

Fig.1a e 1b - Dois padrões de irradiação de som diferentes (BARTLETT e BARTLETT, 1992).



Embora o bocal represente um ponto fixo de propagação desejável, ele também representa uma importante fonte de ruídos, pois a coluna de ar produz altas freqüências indesejáveis quando se choca contra o orifício do bocal ou são produzidos pela língua na articulação de ritmos. Estes ruídos são ouvidos, entretanto, somente a uma curta distância devido à sua baixa intensidade. Outra fonte de ruídos considerável é o conjunto de chaves da flauta, que alguns compositores do século XX passaram a utilizar intencionalmente na produção de efeitos musicais. O engenheiro (ou técnico de som) deve estar alerta a estes fatores relacionados aos ruídos ao posicionar o(s) microfone(s) para a gravação da flauta. Ele deve também conhecer profundamente os diferentes tipos de equipamentos e sua utilização, como será discutido a seguir.

III – Equipamentos de som

Os equipamentos de gravação tradicionais incluem uma enorme variedade de aparelhos, que são projetados para captar e processar o sinal de áudio. Os aparelhos mais usados são as mesas de som, os processadores de sinais, os gravadores e os microfones. A mesa de gravação é o equipamento que monitora e controla as entradas, saídas, mixagem e processamento do sinal de áudio. Ela apresenta um número variável de canais, entradas e saídas além de comandos de volume, efeitos e frequência. Independente do número de canais, a função geral da mesa “é aceitar múltiplos sinais que serão processados, balanceados e combinados em um ou mais canais de saída.” (WORAM, 1989, p.461) Isto significa que a mesa de som é o primeiro equipamento no caminho do sinal de áudio a partir da fonte sonora¹, interferindo no processo como um todo.

Processador de sinais é um nome genérico para uma variada gama de equipamentos eletroeletrônicos usados para modificar um sinal de áudio. Entre eles, os equalizadores e os compressores são os mais conhecidos e utilizados. São responsáveis pelo equilíbrio das diferentes frequências presentes na gravação. Em outras palavras, eles controlam o timbre do som. Por outro lado, podem também alterar substancialmente os resultados de uma gravação, melhorando ou distorcendo o som recebido de uma fonte sonora.

Os gravadores constituem uma outra classe de equipamentos, disponíveis em grande número no mercado. O objetivo e a qualidade requerida na gravação é que vão determinar sua escolha. Os gravadores analógicos multi-pista ainda estão em uso e as tradicionais fitas cassetes ainda são necessárias em diversas situações como concursos e audições. Os equipamentos modernos, por outro lado, incluem diferentes sistemas digitais usando suportes diversos, como o DAT (Digital Audio Tape), usado para gravações profissionais estereofônicas, os gravadores digitais multi-pista (Alesis, Tascam etc.), o gravador de CD (Compact Disc), que é o formato mais popular no mercado hoje e o gravador de MD (Minidisc), que é uma versão compacta do CD, disponível tanto para aparelhos portáteis quanto profissionais.

Os microfones constituem o último grupo de equipamentos nesta lista e, provavelmente, são os mais importantes em todo o processo de gravação. O microfone é um transdutor, o que significa que ele pode “. . .converter energia acústica em sinais elétricos, tanto por contato como por captação das ondas sonoras irradiadas por uma fonte sonora” (ALKIN, 1981, p.30). O microfone é o “ouvido” do equipamento de gravação. A performance da melhor mesa de som com os melhores processadores não será muito boa se a qualidade dos microfones deixar a desejar. “É o microfone que determina o nível de qualidade do resultado” (CLIFFORD, 1977, p.86). Por isso, os microfones serão abordados em maior profundidade nesse artigo.

IV – Microfones

O microfone é provavelmente o mais antigo e mais desenvolvido equipamento de gravação ainda em uso. Sua história começa no século XIX com a invenção do telefone: “As exigências eram

¹ Fonte sonora é definida como qualquer sinal de áudio proveniente de um microfone, instrumento acústico ou eletrônico (computadores e sintetizadores, por exemplo) ou gravação feita anteriormente.

basicamente aquelas relacionadas à inteligibilidade da fala. O microfone de carbono, desenvolvido naquela época, ainda é usado em telefones até hoje” (HUBER, 1988). Este tipo de microfone produz muito ruído e distorções e apresenta uma limitada amplitude dinâmica. Isto não representa nenhum problema para seu uso na telefonia. Entretanto, o desenvolvimento dos sistemas de transmissão e entretenimento musical tornaram necessário o desenvolvimento de melhores equipamentos. Como resultado, os microfones de eletreto e de bobina móvel (*moving coil*) foram inventados e seu aprimoramento nos últimos 75 anos criaram a base da moderna tecnologia de microfones. EARGLE (1992, p.66) comenta com surpresa, a demora desse desenvolvimento:

É impressionante que o microfone não se tornou parte da tecnologia de gravação até por volta de 50 anos de seu primeiro uso na telefonia. As gravações de áudio se mantiveram como um processo puramente acústico-mecânico desde de 1870, até a introdução, pela Western Electric, da gravação elétrica nos anos 20.

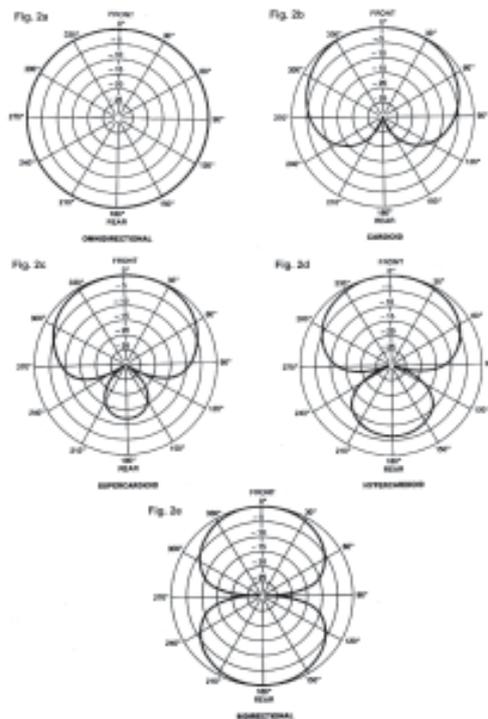
Os microfones mais usados atualmente em gravações se dividem em dois grupos básicos: os dinâmicos e os de condensadores. Os microfones dinâmicos operam por indução eletromagnética para gerar o sinal de áudio. Esses microfones não necessitam de fonte auxiliar de energia para funcionar. Os tipos mais usados são o *ribbon* e o *moving coil*. Os microfones de condensador, ao contrário, são aparelhos estritamente elétricos e necessitam de uma fonte de energia externa para funcionar.

Independente do tipo de transdutor, a característica mais importante de um microfone é a sua polaridade. Os padrões de polaridade mais usados são o direcional e o omni-direcional. Os microfones omni-direcionais (Fig.2a), também chamados de microfones operados por pressão, “são igualmente sensíveis a sons chegando de todas as direções” (BARTLETT, 1991, p.5). São indicados para a captação de som ambiente, de uma fonte distante e para gravações de instrumentos com baixo nível ruído.

Já os microfones direcionais são mais sensíveis ao som vindo de direções específicas e podem ser encontrados nos seguintes padrões polares básicos:

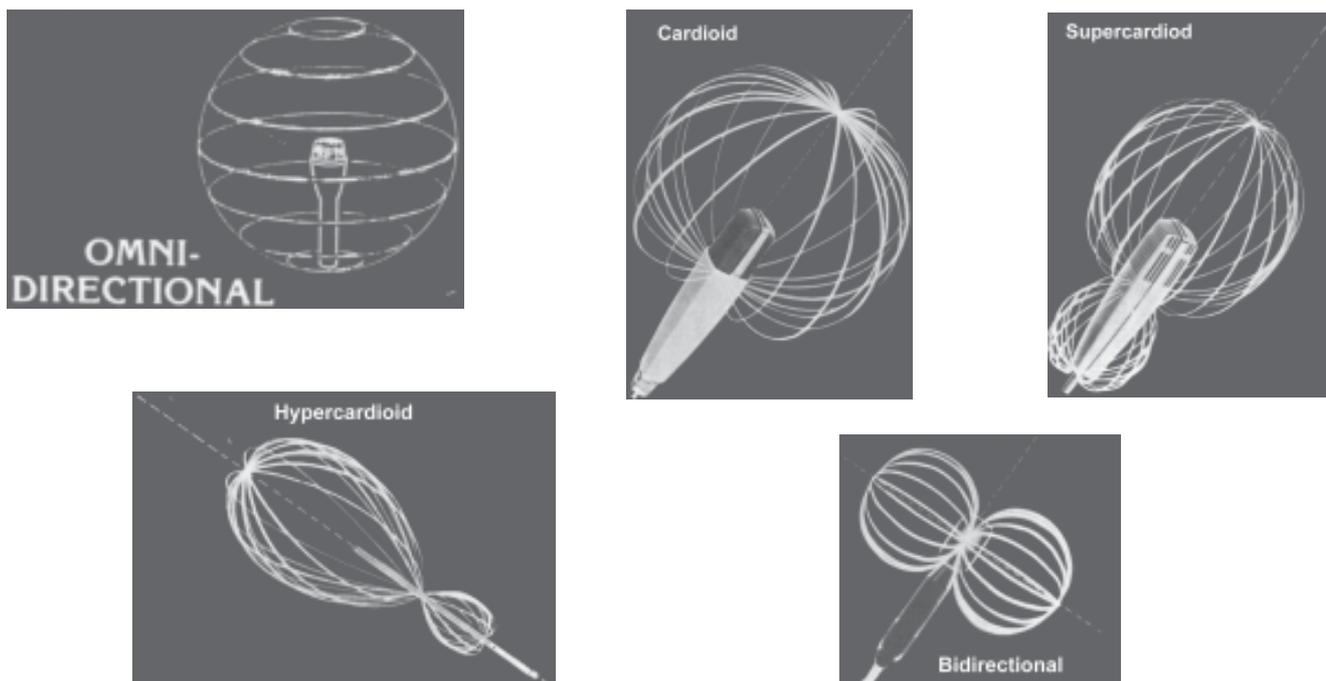
- Cardióide (Fig.2b): este padrão polar criado na década de 30, é conhecido também como uni-direcional, é sensível ao som que atinge os microfones pela frente e seletivo ao som que vem de trás. É largamente utilizado em estúdios de gravação, discursos e entrevistas (palestras, televisão etc.).
- Super-cardiíde (Fig.2c): este padrão é similar ao cardiíde, mas é mais focalizado no som frontal. Esta característica permite gravações com o posicionamento do microfone mais distante do que o cardiíde por causa da forma mais elíptica de resposta na parte frontal.
- Hiper-cardiíde (Fig.2d): esse tipo de microfone é o mais direcional dos três tipos de microfones cardiídes e apresenta a maior eficiência na captação do som frontal. Em um ambiente reverberante, o hiper-cardiíde apresenta a maior rejeição aos sons refletidos.
- Bidirecional (Fig.2e): a forma de resposta desse microfone se assemelha a um “8”. Aqueles de boa qualidade apresentam resposta simétrica na região frontal e posterior do microfone. Podem, por exemplo, ser usados para gravar duas pessoas sem captar sons laterais indesejáveis.

Fig.2 - Microfones direcionais e omni-direcionais (BARTLETT e BARTLETT, 1992, p.111).



É mais fácil compreender a representação gráfica acima se mostrarmos (Fig.3) os padrões de irradiação de som superpostos à figura de cada microfone, que também mostra o *axis* (linha imaginária perpendicular à face frontal do microfone).

Fig.3 - Representação espacial das repostas e *axis* de microfones omni-direcional e direcionais (ZAZA,1991, p.42-45).



A amplitude de freqüência e a sensibilidade dos microfones são outros aspectos importantes destes aparelhos. HUBER (1988, p.285-288) define *resposta de freqüência* como a amplitude entre os limites superior e inferior de um microfone para uma transmissão adequada; *sensibilidade* é definida como a voltagem de saída de um microfone, quando ele é exposto a um determinado nível de pressão sonora. Estes fatores mostram a eficiência de um microfone e variam de acordo com o modelo e a marca. Os melhores microfones apresentam uma resposta homogênea em toda a amplitude de freqüência para a qual foi projetado e níveis de ruído muito baixos.

Marcas tradicionais como Neumann, AKG, Sennheiser, Beyer Dynamic, Sony, Audio-Technica e Sure, entre outras, ainda fabricam os melhores equipamentos. Existe uma enorme variedade de padrões de captação, amplitude de freqüência e de microfones estéreo no mercado. Para escolher o microfone mais adequado para um instrumento, a melhor tática ainda é experimentar. Se isto não for possível, deve-se procurar, em suas especificações, se ele tem uma boa resposta em toda a extensão do seu instrumento. No caso da flauta, é essencial que a região ótima do microfone cubra os registros médio e agudo. A Fig.4a mostra a representação gráfica da resposta versus sensibilidade de um bom microfone. É importante notar que estes valores só são válidos para o som que chega ao microfone em seu axis. Por isso, o posicionamento adequado de cada tipo de microfone é tão importante. A Fig.4b apresenta a resposta da parte da frente e de trás de um microfone cardióide.

Fig.4a - Gráfico de resposta de um bom microfone (HUBER, 1988, p.272).

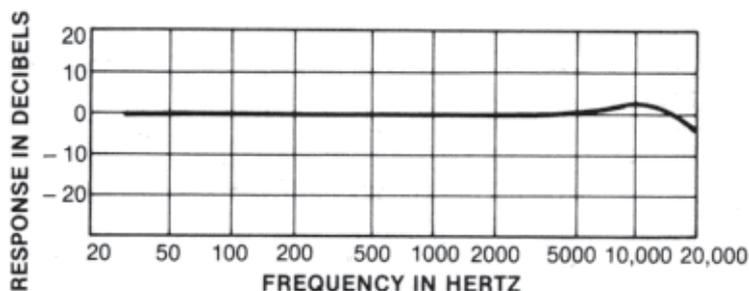
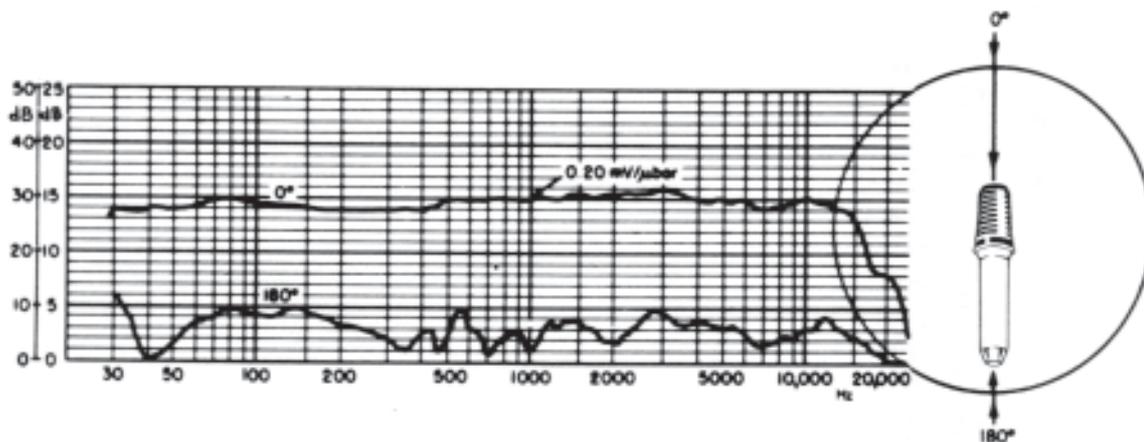


Fig.4b - Gráfico com a resposta da parte frontal e posterior de um microfone cardióide (CLIFFORD, 1979, p.121).



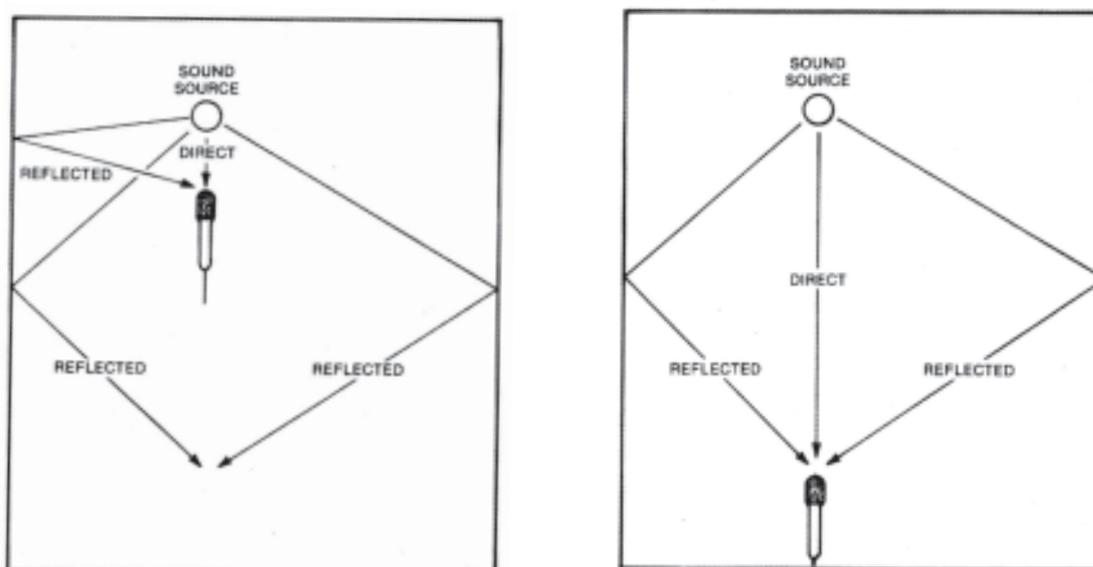
V – Gravando a flauta

A flauta é um instrumento muito difícil de gravar porque o som “real” do instrumento só aparece se captado a uma distância mínima de 1,5 m (BARTLETT e BARTLETT, 1992, p.180; HUBER, 1988, p.132; BALLOU, 1987, p.400). Se uma distância menor for usada, todos os ruídos do bocal, que não refletem o real som da flauta, serão captados na gravação. Outro problema a ser considerado é que cada nota se propaga de uma parte diferente do instrumento. Como discutido anteriormente, isto decorre do fato do tubo da flauta ter duas aberturas e combinações complexas de dedilhados.

Para evitar estes problemas, o microfone (ou microfones) deve não apenas ser posicionado longe o suficiente do instrumento, como também estar direcionado para a área compreendida entre o orifício da embocadura e as chaves da flauta. Isto diminui os ruídos de alta freqüência da coluna de ar que se propagam pela parte frontal do bocal.

O posicionamento do microfone depende também da acústica do local de gravação, que determina a quantidade de som direto e refletido chegando até ele. Um ambiente com menos reverberação, ou mais “seco”, favorece o som direto. Um ambiente muito reverberante aumenta a presença de som refletido, resultando num som distante. A Fig.5 mostra duas técnicas de microfonação num ambiente com alta reverberação. Na primeira, o microfone mais próximo da fonte permite captar mais sons diretos. Na segunda, o microfone mais distante permite uma maior captação de sons refletidos.

Fig.5 - Dois posicionamentos de microfone num ambiente com alta reverberação, favorecendo o som direto ou o som refletido (BARTLETT e BARTLETT, 1992, p.133-134).



Pode-se concluir que, para ambientes reverberantes, os microfones direcionais devem ser preferidos e sua distância da fonte sonora deve ser diminuída. Já em ambientes mais “secos”, pode-se utilizar microfones omni-direcionais, que ficam mais distantes da fonte sonora. (Fig.6)

Fig.6 - Diretrizes básicas para escolha e posicionamento de microfones em gravações.

Acústica da Sala	Pouca Reverberação	Muita Reverberação
Tipo de microfone	Omi-direcional	Direcional
Posição do Microfone	Próximo	Distante

Tratando-se especificamente da captação da flauta, o posicionamento menos indicado do microfone é aquele próximo ao bocal e apontado de baixo para cima em direção ao orifício da embocadura, como mostrado na Fig. 7.

Fig.7 - Posicionamento menos adequado do microfone para captação do som da flauta (CLIFFORD, 1979, p.147).



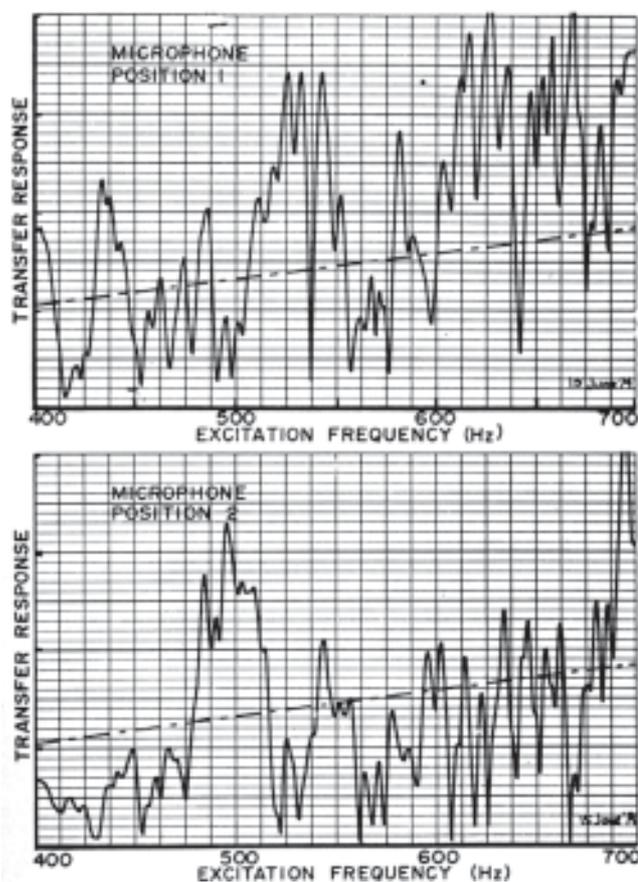
Sob condições acústicas extremas, como por exemplo, um ambiente reverberante repleto de ruídos, onde é impossível evitar que o microfone fique próximo da flauta, a melhor posição situa-se “. . . a poucos centímetros da área entre o bocal e as chaves” (BARTLETT e BARTLETT, 1992, p.180), como mostrado na Fig.8.

Fig.8 - Posicionamento alternativo para microfonação próxima da flauta (BARTLETT e BARTLETT, 1992, p.180).



Um par de microfones colocados a 1,5m do flautista constitui uma boa opção para uma sala com reverberação moderada e equilibrada nas diversas faixas de freqüência. Isto ajuda a prevenir as distorções decorrentes de pequenas mudanças de posição do instrumentista durante a performance. Outra possibilidade é a utilização de um par de microfones direcional e omni-direcional. O direcional deve ser colocado próximo para dar “presença” ao som, evitando o som distante, enquanto que o omni-direcional deve ser posicionado mais afastado para reproduzir a sensação do ambiente. O técnico de gravação deve trabalhar cuidadosamente no equilíbrio dos dois sinais, para reproduzir a qualidade do som natural da flauta. Muitas vezes, uma simples mudança da posição do microfone no ambiente de gravação pode resolver as demandas do instrumentista. A Fig. 9 ilustra a diferença de resposta de um mesmo microfone causada apenas pela mudança de posição na sala.

Fig.9 - Diferença de captação causada pela mudança de posição do microfone (BENADE, 1980, p.77).



Os microfones estéreo também são uma ótima opção, em praticamente qualquer situação, pois hoje estão disponíveis em modelos profissionais ou amadores de boa qualidade, projetados para equipamentos maiores ou portáteis. As mesmas características discutidas para os microfones mono devem ser observadas como critérios para os estereofônicos. Vimos, então, que o tipo e posicionamento dos microfones são tão importantes quanto o modelo e o fabricante dos equipamentos.

VI – O instrumentista e o técnico de gravação

Embora a qualidade dos equipamentos de gravação contribua muito para a eficiência das gravações, as pessoas envolvidas nesse processo são também muito importantes. Além do seu nível técnico-musical, que é uma das matérias-primas da gravação, o músico deve saber como agir dentro de um estúdio: movimentos em excesso, batidas dos dedilhados das chaves da flauta e uma respiração ruidosa podem, inadvertidamente, alterar o produto final de maneira determinante. Por outro lado, o técnico de som também pode arruinar a mais perfeita interpretação musical se usar o equipamento de forma equivocada.

Apesar do processo de gravação parecer um procedimento essencialmente técnico, existem aspectos subjetivos relacionados às convicções estéticas e crenças pessoais de ambos músico e técnico de gravação. A concepção do som “ideal” por exemplo, pode variar enormemente de uma pessoa para outra. Alguns preferem equalizações com predominância das frequências altas, enquanto outros optam pela valorização das baixas frequências. Há ainda os que acham que ruídos da performance, como a respiração e o bater de chaves da flauta, fazem parte do som global do instrumento. O equilíbrio entre os instrumentos ou linhas contrapontísticas da obra musical e o nível de reverberação da gravação também são pontos extremamente controversos. Há uma tendência natural do solista de colocar em evidência o nível sonoro do seu instrumento em detrimento dos demais. Se esse procedimento pode corrigir eventuais problemas acústicos ou de instrumentação da partitura, pode também afastar o resultado final do que se ouve nas salas de concerto. Um técnico experiente procura sempre reproduzir o equilíbrio de uma performance ao vivo ao invés de criar um efeito musical artificial.

O flautista também pode estar certo de que o som que ele ouve não equivale ao som que seu público recebe, porque o som que chega aos ouvidos do primeiro vem de duas fontes diferentes: uma interna e outra externa. O som que o flautista produz se transmite através das cavidades de ressonância do crânio e também chega ao ouvido pelo lado interno da cabeça. Apenas a pessoa que está emitindo este som pode ouvir esta qualidade sonora, que está repleta de ruídos da coluna de ar passando pela garganta e batendo nos dentes, da língua quando articula e da própria salivação. Externamente, o ouvido recebe uma mistura de sons diretos e refletidos do ambiente. O som direto que o flautista ouve também contém ruídos de baixa intensidade gerados no bocal, que também não estão presentes no espectro sonoro que chega à platéia. Esta é a razão pela qual todos nós estranhamos nossa própria voz quando gravada. A consciência deste fato é muito importante quando se prepara uma gravação musical.

É necessário ainda ter em mente que o técnico de som também tem suas convicções estéticas sobre o som do instrumento. Elas dependem muito de seu *background* e sua experiência profissional. Normalmente, técnicos que trabalham com música popular se concentram mais no timbre tradicional do instrumento, enquanto os envolvidos com música erudita se atêm mais a detalhes do som e interpretação como dinâmica, equilíbrio, efeitos e mudanças de cor. A respeito disso, BARTLETT e BARTLETT (1992, p.395-396) escrevem:

A música erudita e popular têm padrões diferentes do “bom som”. Um objetivo em música erudita (e freqüentemente em (...) jazz) é reproduzir com acuidade a performance ao vivo. (...) a música foi escrita e os instrumentos desenhados para soar melhor quando ouvidos ao vivo na

sala de concerto. O engenheiro de gravação (...) deve sempre tentar traduzir aquele som para a fita com a menor intervenção técnica possível. Ao contrário, a tradução acurada do som para a fita não é sempre o objetivo numa gravação de música popular.

Em contrapartida, existem aspectos objetivos na gravação como as características acústicas da sala, do instrumento e dos equipamentos, que independem do instrumentista ou do técnico de gravação. Um maior conhecimento destes aspectos melhora a qualidade do trabalho a ser feito e evita conflitos desnecessários entre as pessoas durante a gravação.

VII – Conclusão

Os conceitos e aspectos técnicos discutidos neste artigo objetivam ajudar os flautistas, como também outros instrumentistas e técnicos, a fazerem melhores gravações. Não existem regras imutáveis em relação a microfones e técnicas de gravação, mas sim diretrizes básicas que podem ajudar na reflexão sobre os procedimentos a serem adotados em situações diversas. Algumas vezes o flautista vai encontrar equipamentos e condições ideais de gravação. Noutras tantas, vai precisar gravar a si próprio, sem contar com um técnico e sem poder escolher o ambiente. Ou vai contar apenas com um equipamento portátil, cujas variáveis geralmente incluem apenas o controle de volume, as características dos microfones e seu posicionamento, sem a prerrogativa de qualquer tipo de equalização.

Dispondo de tempo e recursos financeiros, por outro lado, deve-se planejar a gravação com antecedência, iniciando-se pela seleção do repertório, de um ambiente acústico adequado e de microfones bons e apropriados a esse ambiente e à flauta. Em seguida, o flautista deve analisar e discutir suas concepções musicais com o técnico de gravação profissional, considerando todos os aspectos objetivos e subjetivos. Em cooperação, eles poderão conseguir o melhor resultado possível.

Referências bibliográficas

- ALKIN, Glyn. *Sound recording and reproduction*. London: Focal Press, 1981.
- BALLOU, Glen. *Handbook for sound engineers: the new audio cyclopedia*. Indianapolis: Howard W. Sams, 1987.
- BARTLETT, Bruce. *Stereo microphone techniques*. Boston: Focal Press, 1991.
- BARTLETT, Bruce e BARTLETT, Jenny. *Practical Recording Techniques*. Carmel, Indiana: Howard W. Sams, 1992.
- BENADE, Arthur. *Sound generation in winds, strings, computers*. Ekenäs, Finland: Royal Swedish Academy, 1980.
- CLIFFORD, Martin. *Microphones: how they work and how to use them*. Blue Ridge Summit, Pennsylvania: Tab Books, 1979.
- EARGLE, John M. *Handbook of Recording Engineering*. 2ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.
- HUBER, David Miles. *Microphone manual: design and application*. Indianapolis: Howard W. Sams, 1988.
- WORAM, John M. *Sound recording handbook*. Indianapolis: Howard W. Sams, 1989.
- ZAZA, Tony. *Mechanics of sound recording*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1991.

Sugestões de leitura:

BARTLETT, Bruce. Buyers guide: microphones and studio accessories. *Db-The Sound Engineering Magazine*, v.22, n.5, September/October, 1988: p.49-63.

BORROUGHS, Lou. *Microphones: design and application*. Plainview, New York: Sagmore Publishing Company, 1974.

BORWICK, John. *Sound recording practice*. Oxford: Oxford University Press, 1994.

COLTMAN, John W. Acoustics of the Flute. *Woodwind Anthology* (January, 1972), p.158-166.

FLETCHER, Neville H. Some Acoustical Principles of Flute Technique. *Woodwind Anthology* (February, 1974), p.214-219.

HALL, Donald E. *Musical acoustics: an introduction*. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company, 1988.

MOIR, James. *High quality sound reproduction*. London: Chapman & Hall, 1958.

WHITE, Harvey E., WHITE, Donald H. *Physics and music: the science of musical sound*. Philadelphia: Saunders College, 1980.

Maurício Freire Garcia é professor de flauta da Escola de Música da UFMG, onde foi Diretor de 1994 a 1998. Mestre em Flauta pelo New England Conservatory, EUA, atualmente cursa o Doutorado em flauta na mesma instituição.