

Intérprete do som: bases interdisciplinares da performance eletroacústica – tomada e projeção do som

José A. Mannis

Centro de Documentação de Música Contemporânea - CDMC/Cocen
Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)
Caixa Postal 6136 - 13083-970 Campinas, SP - Brasil

Depto. de Música – CPG/Música/Instituto de Artes/Unicamp
Laboratório de Conforto Ambiental e Física/PG/Fac. Engenharia Civil/Unicamp
Lami – Laboratório de Acústica Musical e Informática/DM/Eca/Usp

jamannis@uol.com.br

***Abstract.** This work addresses elements of acoustics and audio engineering theory relating to electroacoustic music performance: directivity of sound sources, criteria for the evaluation of concert halls acoustics, elements for semi-active control in concert hall, and sound relief/stereophony; its aim is to discuss practical electroacoustic solutions developed by the author, specially in the fields of sound recording (microphone techniques) and 'sound projection'.*

***Resumo.** Este trabalho aborda elementos teóricos de acústica e engenharia de áudio envolvidos na performance musical eletroacústica: diretividade das fontes sonoras, critérios de avaliação acústica de uma sala de concerto, elementos para controle semi-ativo em sala de concerto e relevo sonoro/estereofonia; com o objetivo de discutir práticas eletroacústicas desenvolvidas pelo autor, situadas especificamente nos campos de tomada e projeção do som.*

1. Introdução

Este trabalho interdisciplinar¹ situa-se nas áreas de Engenharia de Áudio, Acústica e Práticas Interpretativas em Música e inscreve-se num projeto de pesquisa reunindo elementos teóricos e técnicos de áudio e acústica aplicados à música, assim como elementos musicais envolvidos na prática de performance e escrita eletroacústicas. Serão apresentados aqui elementos teóricos e técnicos aplicados à performance eletroacústica, ou seja, eventos de música erudita experimental de vanguarda, mais especificamente eventos onde o efetivo instrumental inclui um dispositivo de tratamento ao vivo e/ou projeção do som. O enfoque é ainda mais precisamente dirigido a uma

¹ Trata-se de uma versão resumida do trabalho homônimo apresentado em junho de 2002 no SemEA – Primeiro Seminário Brasileiro de Engenharia de Áudio, em Belo Horizonte, MG (GEP/Cefala/Delt/UFMG).

situação camerística onde o dispositivo procura se harmonizar à acústica natural de uma pequena ou média formação instrumental ou vocal em uma sala de concerto, casos esses onde o refinamento do relevo sonoro e dos jogos de espaço contam muito mais do que o impacto de sistemas de grande potência sonora como, por exemplo, os tradicionais PAs. Será abordada a prática eletroacústica como extensão da acústica natural da sala e dos instrumentos/vozes, num contexto de música fixada em suporte (música para fita magnética solo/outra mídia eletrônica), música mista (instrumentos/vozes mais parte fixada sobre suporte) e *live electronics* (instrumentos/vozes processados ao vivo). Em duas etapas abordaremos captação do som e projeção do som, sendo que para a última entraremos no campo do conforto acústico, no seu aspecto habitual como também no domínio da estética, ao tratar de critérios de avaliação acústica de uma sala de concerto.

2. Elementos de acústica e engenharia de áudio envolvidos na performance eletroacústica

2.1 Diretividade das fontes sonoras

As fontes sonoras envolvidas numa performance eletroacústica são instrumentos/vozes musicais e caixas acústicas. Um dos principais fatores de diferenciação é a diretividade/dispersão. Enquanto os instrumentos/vozes possuem uma diretividade mais hemisférica chegando a esférica, as caixas acústicas apresentam, *grosso modo*, uma dispersão cônica, chegando a hemisférica. Certamente a localização pontual de uma caixa acústica pode parecer semelhante à de um instrumento da família dos metais (p. ex. trompete, trombone) e ser totalmente diferente de um violoncelo, tímpano ou cravo.

Alguns exemplos[14]: *Trompete e trombone* - começam com dispersão de 160° nos graves. O médio grave (800 Hz para o trompete e 650 Hz para o trombone) sai com 280° e, em seguida, o cone se fecha com a frequência crescente. *Violino* – tem dispersão esférica nos graves, a projeção vai se abrindo e fechando irregularmente ao subir para os agudos. O vértice do cone aberto situa-se no cavalete com eixo normal ao tampo do instrumento. Uma parte maior da energia (mas não toda) nos médios e médio-agudos situa-se numa abertura de 90° desse cone. Assim, ao ficar na sua posição habitual o violinista projeta seu som para cima e necessita das reflexões da parte superior da boca de cena para chegar de forma eficiente à platéia no *parterre*.

Durante séculos as características de espalhamento sonoro dos instrumentos e vozes influíram na formação do gosto musical, na evolução do ‘ouvido cultural’, como também suscitou desenvolvimentos na acústica das salas. Portanto, na simples audição de um instrumento no palco, há muitos fatores atuantes na qualidade da escuta. A diretividade da fonte age em muitos deles. Como por exemplo, as reflexões do fundo do palco para a platéia dependem da parcela de som irradiada para trás quando o instrumento está dirigido para a audiência. Isso interfere na intensidade (nível sonoro); na quantidade de reflexões que chegam ao ouvinte após o som direto; no nível do som percebido; no *preenchimento do som* e eventualmente na intimidade, parâmetros que veremos mais adiante. Uma caixa acústica possuindo diretividade mais fechada

geralmente acaba soando com ‘artificialidade’ num palco ao lado de um instrumento/voz, necessitando por isso de um tratamento adequado para harmonizar a cena acústica, ou seja, a imagem sonora formada no ouvinte. Ao irradiar para todos os lados, instrumentos/vozes favorecem um campo difuso onde as múltiplas reflexões se mesclam uniformemente e complementam o som direto com um halo sonoro. As caixas acústicas diretamente dirigidas ao público não preenchem o espaço ao seu redor como os instrumentos/vozes. Porém, adicionando caixas complementares devidamente orientadas, obteríamos uma projeção indireta do som para o público através de reflexões nas partições, produzindo um espalhamento sonoro preenchendo o espaço da sala, o que favorece o campo difuso e dá mais naturalidade à imagem sonora. Isso não seria nada mais do que estar juntando caixas para criar uma ‘macro-caixa’ com diretividade alargada.

2.2 Critérios de avaliação acústica de uma sala de concerto

O conhecimento dos critérios de avaliação acústica de uma sala de concerto nos orienta para definir as necessidades de regulagens e/ou implementações em um dispositivo eletroacústico. Examinaremos aqui os parâmetros principais.

1) *Fullness of tone (Preenchimento do som)*[1][11] – Em uma sala de concerto razoavelmente reverberante, quando um som é emitido por um instrumento/voz a reverberação incorpora uma envoltória, véu, halo que acompanha e completa o som original, podendo prolongá-lo após sua extinção podendo acrescentar até aproximadamente 2 segundos à sua duração. Além de incorporar-se ao som original, completando-o, a reverberação arredondando-o, une e suaviza as articulações, ajudando no fraseado musical. Essa reverberação, muito importante para a música, acrescenta *fullness of tone (preenchimento do som)* ao instrumento, voz ou conjunto. São fatores acústicos determinantes do preenchimento do som: o tempo de reverberação (RT_{60}); a relação entre som direto e som reverberante, a constante da sala e a distância entre a fonte e o ouvinte. Quando há pouco *preenchimento do som* o fraseado pode ficar menos fluente, senão mais duro assim como as sujeiras e ruídos do instrumento(ista) podem aparecer mais. Quando há muito *preenchimento do som*, o resultado é embolado, diminuindo a inteligibilidade, a clareza e a definição do sinal.

2) *Definição ou Clareza*[1] *na terminologia musical* - Quando um músico fala de definição ou clareza, refere-se ao grau de isolamento entre um som e outro, ou seja, até que ponto os sons permanecem à parte uns dos outros. A definição depende de fatores musicais e da habilidade técnica do intérprete, mas também está relacionada à acústica da sala de performance. Pode haver dois tipos de definição: horizontal e vertical. A *definição horizontal* diz respeito ao isolamento entre os sons que se seguem. O intérprete pode variar a definição horizontal na sua execução, através de variações de andamento, articulações e fraseado. Os fatores acústicos que determinam a definição horizontal são os mesmos que atuam no *preenchimento do som*, porém de modo inverso. A *definição vertical* refere-se ao grau com o qual os sons que ocorrem simultaneamente podem ser percebidos separadamente. Depende da música (da partitura, da escrita do compositor), da interpretação, da acústica da sala, da acuidade do ouvinte, do balanço entre os instrumentos, da mistura sonora dos instrumentos no palco, da resposta da sala para frequências médias e agudas e da relação entre som direto e reverberante, portanto da distância entre o ouvinte e a fonte sonora.

4) *Intimidade*[1] – A intimidade acústica está relacionada com o aspecto do som que produz no ouvinte a sensação do tamanho da sala onde ele se encontra, sendo função do *Initial-time-delay-gap* (ITD) (intervalo de tempo entre a chegada do som direto e a primeira reflexão). De forma ideal, o ITD deve ser menor ou igual a 20ms, o equivalente a uma diferença de trajetória de 7m. A partir de 50~60ms (equivalente a uma distância de 17~20m) o sinal se deteriora (*threshold of indistinction*[15][3]) progressivamente, sendo o limite máximo 70ms. Não é necessário mudar o tamanho da sala para adaptá-la a um tipo de música, basta ‘fazê-la soar’ como uma sala de tamanho adequado. Assim, mesmo estando no interior de um grande volume, a sensação de intimidade pode ser obtida havendo uma primeira reflexão com atraso em torno de 20ms em relação ao sinal direto. Eventualmente essa reflexão poderia ser produzida por um dispositivo eletroacústico (v. controle semi-ativo). O ITD, e portanto a intimidade, pode variar conforme a posição do ouvinte na sala.

2.3 Localização do som: Percepção espacial do ouvinte

O ouvinte localiza a fonte sonora comparando os sinais recebidos simultaneamente pelos ouvidos e identificando diferenças de tempo (atraso), fase, timbre, dinâmica.

1) *Influência da intensidade* - A diferença de intensidade produzida pela diferença da distância entre a fonte e um ouvido e outro é mínima e desprezível. O efeito de intensidade predominante é devido à sombra acústica. Quando o comprimento da onda incidente torna-se menor que as dimensões da cabeça humana, esta passa a se comportar como uma barreira, produzindo uma sombra acústica do lado oposto, ou seja, uma Diferença de Pressão Intra-aural (DPI). Esse fenômeno ocorre a partir de 3KHz[9], quando o comprimento de onda é de aproximadamente 11cm. Em 5KHz a DPI, produzida pelo efeito de sombra acústica, é o mecanismo de localização predominante².

2) *Influência do atraso* – O atraso é consequência da diferença de distância entre as trajetórias do sinal para chegar a um ouvido e outro do receptor. Essa diferença varia em função da posição da fonte em relação ao receptor. A localização por atraso depende da natureza do sinal: fala, impulsos, impulsos por bandas de frequência, sons senoidais contínuos. Os efeitos no receptor podem variar totalmente ao passar de um tipo de sinal para outro. Além disso, para um mesmo material sonoro a localização pelo atraso em função da frequência pode apresentar uma resposta bastante complexa em relação ao estímulo, inclusive com possíveis ilusões acústicas[3][7].

2.4 Elementos para Controle Semi-Ativo

Controle Semi-Ativo – Adota-se aqui a denominação de Controle Semi-Ativo para designar intervenções com dispositivos eletroacústicos para correção acústica, reforço/sonorização procurando respeitar a naturalidade da escuta adequando o dispositivo e suas regulagens às características acústicas da sala. *Efeito Håas* – É o elemento essencial para controle semi-ativo. Compreende parâmetros para reforço

² A influência da fase de um sinal de 5KHz não ocorre numa abertura além de $\pm 20^\circ$ (θ em relação ao eixo do olhar do ouvinte), quando a diferença de fase entre os sinais chegando a um ouvido e outro passa de 360° ($\lambda \sim 7\text{cm}$)[13].

conservando a naturalidade da escuta e a localização original da fonte. Já em 1927 Petzold relatava a identificação de um valor limite de atraso a partir do qual ocorre deterioração do sinal[15]: $\Delta t = 50 \pm 10\text{ms}$. Trata-se de um limiar de mascaramento (*threshold of masking*, ou então, *threshold of indistinction* como também é conhecido) equivalente a uma diferença de percurso da onda sonora de $\Delta s = 17 \pm 3\text{m}$. No interior desse âmbito Håas identificou condições nas quais ocorre um *efeito de supressão* onde um sinal atrasado, mesmo de amplitude maior, pode reforçar o sinal original sem ser percebido. *Grosso modo*, as condições relatadas por Håas em 1949 eram que o atraso deve ser maior que 1ms e menor que 30ms,

$$1 \leq \Delta t \leq 30\text{ms} \quad (6)$$

podendo o sinal de reforço estar até 10dB acima do sinal direto (medidos na posição do receptor), sem que com isso seja percebido.

3. Prática: tomada e projeção do som

Não se pode dizer que um instrumento/voz, apesar de ser uma fonte complexa, emita espontaneamente um produto sonoro estereofônico. Na verdade o som do instrumento/voz é refletido pela sala chegando ao ouvinte após o som direto, o que induz à percepção do relevo na escuta. Daí a importância da caixa cênica, boca de cena, reflexões dos balcões e de refletores dispostos na sala, sobretudo lateralmente, para que a acústica seja adequada e favoreça o relevo da cena sonora do instrumento/voz. Então, uma coisa é a fonte sonora isolada e outra é a resposta da sala a esse instrumento, o que determinará o relevo da escuta. Uma tomada de som para gravação numa sala de concerto deve captar uma parte da imagem sonora que se realiza na sala, reproduzindo o relevo sonoro natural do local da melhor maneira possível. A escuta estereofônica em cabine requer um par de caixas de referência, com resposta plana, formando com o operador um triângulo equilátero. Esta situação é de rigoroso controle. Uma sala de concerto é bem diferente de uma cabine. O piso, as paredes laterais, o teto, o fundo do palco, refletores sobre a audiência, a boca de cena, tudo trabalha para criar reflexões que ajudam a construir um espaço com relevo não somente adequado, mas elegante. A sala sempre transformará a imagem originalmente registrada, sobrepondo ao relevo original suas próprias características acústicas, como uma espécie de ‘filtragem’ ou ‘sobreimpressão’ de espaços/ambientes. Quanto à tomada de som, há igualmente duas maneiras de proceder: *a) tomada com distanciamento* - captar o instrumento com distanciamento obtendo uma sonoridade mais homogênea e equilibrada no todo, porém menos presente; *b) tomada em proximidade* – captação próxima procurando otimizar (ou ‘normalizar’) a totalidade do espectro (zoom no instrumento) para posterior processamento ou amplificação em contexto eletroacústico misto ou *live electronics*. Na projeção do som para o público, todo o cuidado deve ser tomado para que, mesmo amplificado, o som do instrumento/voz seja percebido pelo público como emanando do intérprete e não das caixas acústicas. (V. Efeito Håas[10]; Lei da frente de onda[5]; Efeito de precedência[19]) Os sons processados, transformados ou sintetizados eletronicamente devem ser projetados/irradiados com uma certa naturalidade, harmonizando-se com instrumentos/vozes no palco.

4. Conclusões

A música eletroacústica, não somente na performance mas também na criação em estúdio, tem transformado equipamentos e ferramentas de trabalho em instrumentos musicais. Como o jogo musical se produz através da execução desses instrumentos (da operação desses equipamentos) a presença do *performer* eletroacústico tem sido cada vez mais evidente. Da mesma forma é valorizada a responsabilidade artística de um produtor fonográfico enquanto criador, assim como a atitude musical indispensável de um ‘operador de som’. DJs são músicos completos, intérpretes e compositores se autodenominando ‘produtores’. Estamos de fato numa zona limiar onde a divisão das áreas do conhecimento e das práticas suscitam reflexões e eventuais adequações e esclarecimentos.

A luteria dos *performers* eletroacústicos, e demais perfis afins emergentes, está na tecnologia de áudio e na informática. Da mesma forma, muitos compositores da atualidade estão buscando na acústica não somente informações de aplicação técnica, mas modelos inspiradores para suas obras, suscitando novas linhagens musicais, como é o caso da chamada ‘música espectral’ surgida na França na década de 70, baseada na observação-análise de fenômenos/modelos acústicos/eletroacústicos para a criação de modelos musicais atuantes desde os detalhes da escrita musical até a forma global de uma composição, sendo uma das principais tendências da música contemporânea.

Nesse contexto interdisciplinar, a pesquisa musical pode envolver diversas áreas do conhecimento implicadas no processo criativo. O domínio de ferramentas científicas e tecnológicas torna-se então necessário para estudar e desenvolver o fazer artístico.

Por isso é fundamental para este autor reunir e aprofundar conhecimentos, como neste trabalho, através da apresentação e da discussão tanto do ponto de vista musical, quanto científico e tecnológico.

Não somente a reflexão sobre essa prática artística é necessária, como também novas ferramentas, técnicas e procedimentos. Espera-se que as propostas, conexões, comparações, explicações, interpretações, justificativas acima expostas sejam desenvolvidas e desdobradas, abrindo novas perspectivas para a performance eletroacústica.

Gostaria de encerrar recomendando que se procure sempre que possível não dissociar o comportamento físico do som das reações de um observador e da maneira como este apreende e assimila o material sonoro, pois o aparelho de medida que melhor atende ao ser humano continua sendo um bom par de ouvidos.

5. Referências

- [1] ARRUDA, José R. de F., DONADON, Lázaro V. – Depto. de Mecânica Computacional/FEM/Unicamp. Consultas por e-mail. Campinas: Mai/2002
- BERANEK, Leo L. “Music, acoustics & architecture” New York: John Wiley & Sons, 1962. 585p.
- [2] BEKESY. “Zur Theorie des Hörens” (“On the theorie of hearing”), *Phys. Z.*, vol.30, p.118, 1929.

- [3] BLAUERT, Jens. "Spatial hearing: the psychoacoustics of human sound localization" ed. rev. Cambridge (EUA): MIT Press, 1997. 494p.
- [4] CONDAMINES, Roland. "Stéréophonie: cours de relief sonore théorique et appliqué" Paris : Masson, 1978. 301p.
- [5] CREMER, L. "Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik" ("The scientific foundations of architectural acoustics", vol. 1, Stuttgart: S. Hirzel Verlag, 1948.
- [6] DAVIS, Don & DAVIS, Carolyn. "Sound system engineering" 2.ed. Indianapolis (EUA): Howard W. Sams & Co., 1987. 665p.
- [7] DICKREITER, Michael. "Tonmeister technology: recording environments, sound sources and microphone techniques" Tradução: Stephen F. Temmer. New York: Temmer enterprises, 1989. 141p.
- [8] GALINDO, M., ZAMARREÑO, T., GIRÓN, S. "Clarity and definition in mudejar-gothic churches" *Building Acoustics*, vol.6/1, 1999.
- [9] GUITTET, Fabrice. "Le Son tri-dimensionnel" <http://bigiup.univ-lemans.fr/~p9636/son3d.html> França: Univ. Le Mans, 1998. (site fora do ar - arquivo e autor não localizados em outro endereço)
- [10] HAAS, H. "The Influence of a single echo on the audibility of speech" *Journal of AES*. March 1972, V.20, N°2
- [11] MALAFAIA, Soraia F., TENENBAUM, Roberto A. "Estudo psicoacústico dos parâmetros utilizados para caracterizar a qualidade acústica de salas de concerto" In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. *Anais...* p.318-323.
- [12] MANNIS, José A. "Intérprete do som: bases interdisciplinares da performance eletroacústica – tomada e projeção do som" In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AUDIO, 1, 2000, Belo Horizonte. *Anais...* p.10 ISBN:85-89029-01-8 (acompanha CD-ROM com texto completo)
- [13] MANNIS, José A. "Stereofonia: Relevô sonoro" Material didático. In: Impressões Sonoras - Encontro de criação e gravação musical, 1998, São Paulo (SESC-Centro Experimental de Música)
- [14] MEYER, Jürgen. "Akustik und musikalische Aufführungspraxis" Frankfurt: Verlag das musikinstrument, 1980. 259p.
- [15] PETZOLD. "Elementare Raumakustik" Berlin, 1927. p.8
- [16] REICHART, von W., ALIM, O. Abdel, SCHMIDT, W. "Definition und messgrundlage eines objektiven masses zur unbrauchbarer durchsichtigkeit bei musikdarbietung" *Acustica*, vol.32, 1975. p.130
- [17] STEUDEL. "Über Empfindung und Messung der Loudstärke" ("On the sensation of loudness and its measurements"), *Z. Hochfreq. Tech. Elektrotech.*, vol.41, p.116, 1933.
- [18] VALADARES, Victor M. "Avaliação simplificada de desempenho acústico de salas utilizadas para concertos em Belo Horizonte" In: ENCONTRO DA

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. *Anais...*
p.487-492.

[19] WALLACH, H., NEWMAN, E.B., ROSENZWEIG, M.R. “The precedence effect
in sound localization.” *Amer. J. Psychol.* vol.57, p.315-336, 1949.