

# Estudo da Qualidade Acústica de uma Sala Residencial para Uso de Sistemas de Áudio e Vídeo

Antonio K. Fujimoto<sup>1</sup>, Sylvio R. Bistafa<sup>2</sup>, Elvira B. Viveiros<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Gradiente Eletrônica S.A.

Rua Dr. Fernandes Coelho, 64 – 05423–911 – São Paulo – SP – Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Mecânica – Escola Politécnica –  
Universidade de São Paulo (USP) – 05508–900 – São Paulo – SP – Brasil

<sup>3</sup>Laboratório de Conforto Ambiental – Depto. de Arquitetura – Universidade Federal de  
Santa Catarina (UFSC) Cx P 476 – 88040-900 – Florianópolis –SC – Brasil

antonio.fujimoto@gradiente.com, sbistafa@usp.br, elvira@arq.ufsc.br

**Resumo.** *Este artigo baseia-se na dissertação de mestrado de um dos autores (FUJIMOTO 2004) e apresenta os principais resultados de avaliação e adequação acústica de uma sala residencial para uso de sistemas de áudio e vídeo, equipada com um sistema comercial do tipo 5.1. A adequação acústica, baseada na medição de parâmetros de qualidade acústica de pequenas salas, mostrou a necessidade de uma sala bem amortecida, com difusão para otimização dos efeitos de ambiência, que foi obtida com difusores QRD nas paredes laterais da sala. Um 2º subwoofer estrategicamente colocado atrás da área de audição foi necessário no sentido de conseguir-se uma uniformidade espacial da resposta de baixa frequência.*

**Abstract.** *This article is based on the master dissertation of one of the authors (FUJIMOTO 2004), and presents the main acoustic diagnosing results and adjustments to render a domestic room appropriate to be used as a home theater, equipped with a commercial 5.1 system. The acoustic alterations, based on the measurements of acoustic quality parameters for small rooms, pointed to the need of a well-damped room, with diffusion to enhance the surround effects, which was accomplished with QRD diffusers in the room lateral walls. A 2<sup>nd</sup> subwoofer strategically located on the back of the audition area was found necessary for the spatial uniformity of the low frequency acoustic response and for a better reproduction of the low frequency effects.*

## 1. Introdução

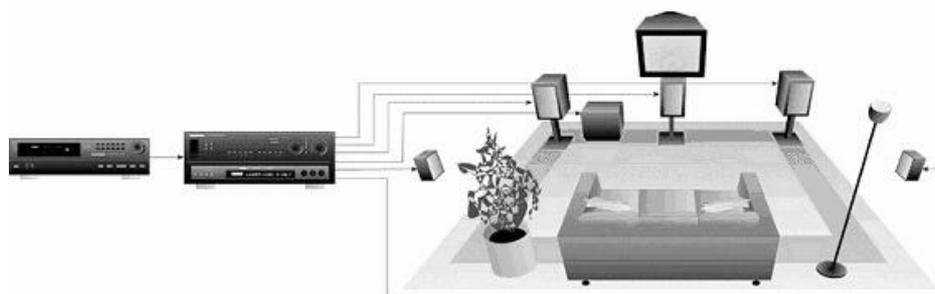
O avanço tecnológico dos sistemas de áudio e vídeo trouxe para o interior dos lares o que até então só era visto ao vivo em teatros ou reproduzido em cinemas. A busca da privacidade, do conforto, da comodidade e segurança, principalmente em grandes centros urbanos, fez com que muitos usuários decidissem por implantar sistemas de áudio multicanais dentro da residência, como mais uma opção de lazer, realizando altos investimentos em equipamentos eletroacústicos sofisticados. Porém, poucos são os usuários que conseguem se beneficiar das potencialidades desses sistemas devido à inadequação acústica das salas. A ampla faixa de frequências encontrada nos programas de reprodução de sistemas de áudio e vídeo, devido aos efeitos sonoros em baixas frequências dos filmes, e o campo sonoro nas médias/altas frequências, gerado

pelos efeitos de ambiência, e que concentra muitos detalhes das gravações nessa faixa, requer que a sala seja acusticamente neutra e balanceada.

## 2. Sistemas de Áudio e Vídeo de Uso Doméstico

Um sistema de áudio e vídeo de uso doméstico, também conhecido como *home theater* ou *home cinema*, é o conjunto de equipamentos que reproduz imagem, som e efeitos sonoros do ambiente de uma cena gravada, como um filme ou um show musical. A empresa *Dolby® Laboratories* define um *home theater* ou *home cinema* como sendo um sistema de reprodução de áudio e vídeo doméstico que se aproxima da experiência de ver e ouvir um filme no cinema. A montagem de um *home theater* pode ser desde um compacto sistema de som com efeitos de ambiente, conhecidos como *surround*, acoplado a um aparelho de TV em uma sala de estar familiar, até um complexo e sofisticado sistema eletroacústico, com áudio potente, caixas acústicas embutidas e tela grande de projeção de imagem, tudo em uma sala especial, semelhante a uma pequena sala de cinema.

No presente estudo, o foco é a acústica de salas domésticas que utilizam o sistema denominado 5.1, com seis canais de áudio (“.1” refere-se ao canal do *subwoofer*) e com sinais processados no formato *Dolby® Digital* ou *DTS®*. A Figura 1 apresenta o conjunto de equipamentos de áudio e vídeo normalmente utilizado em uma residência.



**Figura 1. Conjunto de equipamentos de áudio e vídeo: caixas frontais e *subwoofer* ao lado e a caixa central abaixo da TV, caixas traseiras (*surround*) próximas ao sofá, todas conectadas a um *receiver* e um DVD.**

O sistema 6.1 é semelhante ao 5.1, acrescido apenas de um canal central traseiro que, por sua vez, pode ser dividido em duas caixas acústicas e assim denominado 7.1.

## 3. Tipologia das Salas Domésticas para Sistemas de Áudio e Vídeo

Um levantamento da tipologia das salas destinadas a sistemas de áudio e vídeo em empreendimentos imobiliários de alto padrão na cidade de São Paulo revelou que tais salas apresentam, geralmente, formato retangular ou em L, este último permitindo variar o posicionamento e a área efetiva de audição. O pé-direito das salas encontra-se em geral em torno de 2,8 m. Após análise das dimensões usualmente encontradas nesses ambientes, é proposto que salas com volumes entre 40 – 80 m<sup>3</sup> adotem sistemas 5.1 e salas com volumes entre 80 – 300 m<sup>3</sup> utilizem sistemas 6.1 ou 7.1, FUJIMOTO 2004.

### 3.1. A Sala

Para a investigação da qualidade acústica ideal de salas domésticas para sistemas multicanais, foi escolhida uma sala de 88 metros cúbicos, com 4,7 m de largura, 7,5 m de comprimento e 2,50 m de altura. Inicialmente a sala apresentava teto em gesso e piso revestido com forração. No sentido de conseguir-se uma sala acusticamente neutra, todas as paredes foram revestidas com cortina dupla de tecido de algodão sobreposta a um *blackout*, formando uma camada ondulada de quinze centímetros, aproximadamente, o que conferia um adequado amortecimento à sala, FUJIMOTO 2004. As poltronas na área de audição eram de tecido acolchoado.

## 4. Procedimentos e Resultados Experimentais

Medições acústicas na área de audição foram realizadas com microfone 4134 da B&K e caixa acústica de piso Polkaudio, modelo LS-70, com ampla faixa de resposta em frequência. As respostas impulsivas foram obtidas com o sinal MLS gerado pelo programa de acústica de salas Aurora®, que também calcula os parâmetros de qualidade acústica de salas previstos na norma ISO 3382. Os parâmetros de qualidade acústica medidos constam da Tabela 1, cujos resultados foram obtidos da resposta impulsiva não filtrada, antes e após a correção acústica da sala, abaixo descrita.

**Tabela 1. Parâmetros de qualidade acústica antes e após correção acústica**

Parâmetro	Antes da Correção Acústica	Após a Correção Acústica
EDT	0,24 s	0,23 s
D50	96 %	98 %
BR	1,54	6,6
TR	0,74	1,6

Por ser o EDT um parâmetro que melhor correlaciona-se com a impressão subjetiva de reverberação e, também, por ser mais sensível às condições acústicas locais, preferiu-se realizar a análise do amortecimento da sala com o EDT no lugar do tradicional RT. O resultado de 0,24 s revela uma sala bem amortecida, conforme recomendações da *THX* e da *BBC* para salas pequenas, FUJIMOTO 2004. O valor de D50 de 96% mostra uma excelente condição para a inteligibilidade da fala. A Razão de Graves BR, obtida dos valores de EDT medidos, foi de 1,54, acima do valor mínimo recomendado de 1,0, significando que a sala oferece uma boa sensação de sons graves, porém insuficiente para um “*real bass experience*”. Já a Razão de Agudos TR medida foi de 0,74 e encontra-se abaixo do valor 1,0 recomendado para este parâmetro.

Além do baixo TR e do insuficiente BR, outras deficiências acústicas foram constatadas, como a existência de ecos batentes entre o teto e o piso, e variações audíveis dos sons de baixas frequências em certos pontos da área de audição. Foi, também, subjetivamente constatado, que o som das caixas traseiras responsáveis pela ambiência da cena acústica era excessivamente pontual na área de audição devido a pouca difusão sonora do revestimento das paredes laterais. No sentido de procurar sanar estas deficiências, algumas modificações foram introduzidas na sala.

Para a redução dos ecos batentes, o teto de gesso foi revestido em 90% de sua área com material absorvente do tipo espuma poliéster. Para a melhoria da ambiência gerada pelos sons das caixas traseiras, foram introduzidos difusores Schroeder do tipo QRD (quadratic-residue diffusers), com área de 1,60 m x 2,00 m, especialmente projetados e executados para este uso e colocados próximos às paredes laterais na região

da área de audição (Figura 2a). A Tabela 1 apresenta os valores dos parâmetros acústicos após essas modificações introduzidas na sala e revelam aumento expressivo do BR, o que implica significativa melhoria na percepção dos sons de baixa frequência. Há, também, bom aumento do TR, traduzindo que a sensação das médias/altas frequências ficou mais equilibrada, sem introduzir alterações relevantes nos valores de EDT e D50.

A introdução dos difusores de Schroeder melhorou sensivelmente o espalhamento dos sons de ambiência gerados pelas caixas traseiras na região de audição, em situações onde essa característica era claramente desejável para uma completa imersão na cena acústica (palmas e ovação da platéia em shows musicais gravados).

Para minimizar as variações na resposta de baixas frequências na área de audição, foi utilizado um 2º *subwoofer* ativo atrás dos ouvintes (Figura 2b), defasado de 180º do *subwoofer* frontal. As Figuras 3a–d apresentam formas de onda obtidas de um osciloscópio de dois canais em um ponto da área de audição. A forma de onda na parte superior das figuras é a do sinal captado pelo microfone e na parte inferior a do gerador de sinais (em 50 Hz), apresentada apenas como referência. O sinal da Figura 3a evidencia claramente a existência de um nó acústico no ponto de medição. A Figura 3b mostra que o 2º *subwoofer* remove o nó no ponto. A Figura 3c mostra a melhoria na forma de onda neste ponto, mudando ligeiramente a posição do 2º *subwoofer*. Ocorre que esta nova posição do 2º *subwoofer* alterou para pior a forma de onda num outro ponto da área de audição, cuja melhoria foi conseguida ajustando-se o ganho do 2º *subwoofer* (Figura 3d).

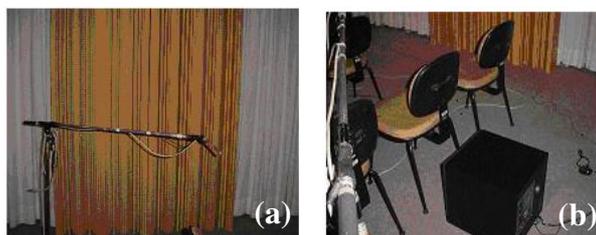


Figura 2. a) QRD na parede lateral da sala; b) 2º *subwoofer* na área de audição.

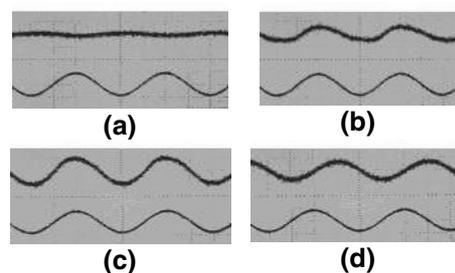


Figure 3. Formas de onda na área de audição com um 2º *subwoofer*.

## 5. Conclusões

Salas residenciais para uso de sistemas de áudio e vídeo devem ser bem amortecidas, acusticamente neutras e balanceadas, e com difusão para efeitos de ambiência, que no presente estudo foi obtida instalando-se difusores QRD nas paredes laterais da sala. Foi necessária a instalação de um 2º *subwoofer* para uniformizar a resposta espacial de baixa frequência na área de audição.

## Referência

Fujimoto, A. K. (2004) “Estudo da Qualidade Acústica de Salas Residenciais para Uso de Sistemas de Áudio e Vídeo”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo.