

# Acústica & Vibrações

Revista Semestral da Sociedade Brasileira de Acústica - Sobrac

Nº 29

Julho 2002

(vol. 17)

## ACÚSTICA DAS SALAS DE AULA

um recurso para criar ambientes de aprendizado com condições desejáveis de audibilidade

# Acústica & Vibrações

## EXPEDIENTE

### REVISTA SEMESTRAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA - SOBRAC

Departamento de Engenharia Mecânica - EMC  
Campus Universitário  
Cx. Postal 476 - CEP 88040-900  
Florianópolis - SC - Brasil  
http://www.sobrac.ufsc.br  
e-mail: <sobrac@mbox1.ufsc.br>  
Tel: (048) 234-4074 / 331-9227  
Fax: (048) 233-4455 R. 4408

#### DIRETORIA SOBRAC 2002/2005

Presidente: Samir N.Y. Gerges  
Vice-Presidente: José Augusto de Azevedo  
1º Secretário: Mauricy C. Rodrigues de Souza  
2º Secretário: Moysés Zindeluk  
1º Tesoureiro: Ulf H. Mondl  
2º Tesoureiro: Carlos M. Grandi

#### CONSELHO SOBRAC 2002/2005

Fernando H. Aidar (Consultor)  
Marco Vecci (UFMG)  
Mario Pimentel (VIBRANIHIL)  
Mauricy Cesar Rodrigues de Souza (UFSC)  
Moyses Zindeluk (UFRJ)  
Emmanuel B. Garakir (EMBRAER)  
Marcos Fernando Piai (BRUEL & KJAER)  
Ricardo E. Muscifer (UFRJ-COPPE-RJ)  
Honório Cavicchioli Luca Ho (WayTech)  
Samuel C. Penha Valle (INMETRO)

#### SUPLENTES

Alice H.B. Rodrigues  
Humberto Yutaka Kagohara  
Newton S. Soeiro

#### CORPO EDITORIAL

Samir N. Y. Gerges  
Mauricy C. R. de Souza  
Helcio Onusic

#### EDITORIAÇÃO

Fábio F. Nunes

Apenas matérias não assinadas são de  
responsabilidade da Diretoria. Matérias, notícias e  
informações para publicação na Revista,  
podem ser enviadas para a **SOBRAC**  
Florianópolis/SC - Julho 2002

## ARTIGOS

*Acústica de Salas de Aula* ..... 02

## CONGRESSOS

*Congressos Nacionais e Internacionais* ..... 24

*Internoise 2002* ..... 25

*Forum Acusticum Sevilla 2002* ..... 31

*SOBRAC 2002 - Rio* ..... 33

*1st Joint Meeting ASA/FIA 2002* ..... 35

*ICOH 2003* ..... 39

*Euronoise 2003* ..... 40

## SÓCIOS DA SOBRAC

*Sócios Regulares 2002* ..... 42

*Resultado da Eleição* ..... 44

## ACÚSTICA E VIBRAÇÕES

*Edições Anteriores da A&V* ..... 45

# ACÚSTICA DE SALAS DE AULAS

*Informações para a criação de ambientes de aprendizagem com condições acústicas favoráveis  
Uma publicação do Comitê Técnico em Acústica Arquitetônica da Sociedade Americana de Acústica.*

*O objetivo desta publicação é o de fornecer uma fonte complementar para arquitetos, educadores e administradores escolares, para ser utilizada na construção e renovação de instalações escolares. Esta publicação não tem o objetivo de substituir o trabalho de consultores acústicos profissionais. É para ser utilizada como material de auxílio no entendimento dos elementos para obtenção de condições de escuta desejáveis em salas de aula.*

*Esta publicação foi preparada para o Comitê Técnico de Acústica Arquitetônica da Sociedade Americana de Acústica por: Benjamin Seep, Robin Glosemeyer, Emily Hulce, Matt Linn e Pamela Aytar; os quais, na época da preparação desta publicação, eram alunos do programa de Engenharia Arquitetônica da Universidade de Kansas. A supervisão deste trabalho esteve a cargo de Bob Coffeen, FASA, membro do corpo de professores de Engenharia Arquitetônica da Universidade de Kansas. Esta versão foi traduzida por Stephanie L.B. Mondl e revisada por Sylvio Bistafa, Márcio H.A. Gomes e Samir N.Y. Gerges.*

---

## INTRODUÇÃO

---

Desenvolve-se atualmente nos Estados Unidos uma das maiores campanhas de construção e renovação escolar da história. Com a crescente ênfase na educação, nós temos que aproveitar a oportunidade para acabar com uma antiga prática americana: a construção de salas de aula com baixa qualidade acústica. Este problema invisível tem sérias implicações para o aprendizado, mas é facilmente resolvido.

Reverberação e ruído em excesso interferem com a inteligibilidade da fala, resultando na redução do entendimento e, portanto, na redução do aprendizado. Em muitas salas de aula nos Estados Unidos, a inteligibilidade da fala é de 75% ou menos. Isto significa que em testes de inteligibilidade da fala, ouvintes com audição normal podem ouvir apenas 75% das palavras lidas de uma lista. Imagine ler um livro faltando toda quarta palavra, sendo esperado que se entenda o material nele contido. Parece ridículo? Bem, essa é exatamente a situação na qual estudantes se depaenam todo dia nas escolas dos Estados Unidos.

Muitos educadores defendem que é importante aperfeiçoar a acústica nas salas de aula usadas pelas crianças com problemas de audição, mas desnecessária para aquelas salas usadas por estudantes com audição normal. Contudo, muitos estudantes com "audição normal" também se beneficiariam da melhor acústica nas salas de aula. Inclusive estudantes com pouca aptidão para o aprendizado, aqueles com problemas de processamento auditivo e aqueles para os quais o inglês é o segundo idioma. Frequentemente, tais estudantes não são separados em salas de aula com acústica realçada, sendo in-

cluídos com os demais. Outro grupo para o qual o aprendizado é especialmente dependente de uma boa acústica, são as crianças pequenas, que são incapazes de "inferir do contexto". Com seu vocabulário e experiência limitados, quando perdem algumas palavras da exposição da professora, elas são menos capazes que os alunos mais velhos para "preencher" os pensamentos perdidos. Em face destas considerações, fica claro que uma grande variedade de alunos se beneficia da melhoria da acústica das salas de aula.

Por que os problemas acústicos nas salas de aula são endêmicos, quando as soluções não são necessariamente caras? A principal razão não é a falta de recursos, mas falta de percepção do problema e suas soluções. Em 1998, incríveis 7,9 bilhões de dólares foram gastos em prédios escolares nos Estados Unidos. Por apenas uma fração a mais, todos esses espaços poderiam ter sido projetados ou renovados para oferecer boas condições auditivas. Entretanto, para que isso ocorra, os projetistas de escolas e arquitetos devem iniciar o processo de planejamento com a acústica das salas de aula em mente. O melhor modo de resolver problemas acústicos é evitá-los, e não corrigi-los. Durante o processo de planejamento, problemas acústicos podem geralmente ser evitados com um pouco de reflexão prévia e com uma diferente disposição dos mesmos materiais de construção. A renovação de salas de aula mal-projetadas fica muito mais cara. Mesmo assim, o custo de renovação é pequeno quando comparado com os custos sociais provenientes de salas de aula com baixa qualidade acústica, que prejudicam o aprendizado de milhões de crianças.

Conhece-se há décadas a necessidade de salas de aula com boa acústica e os métodos para atingi-la, porém estas informações não estão sendo facilmente disponibilizadas para arquitetos, projetistas de escolas, administradores, professores e pais. Este informe foi concebido para fornecer uma visão geral dos problemas e soluções relativas à acústica das salas de aula, tanto para novas construções como para renovações. O texto fornece explicações claras e objetivas e exemplos; o Apêndice apresenta definições e cálculos quantitativos, assim como fontes para informações mais detalhadas. O projeto de espaços com exigências acústicas especiais, assim como teatros ou salas de música, ou espaços com problemas de ruído mais complicados, são melhores desenvolvidos por um consultor acústico profissional.

---

## OS FUNDAMENTOS

---

Nós freqüentemente falamos sobre o desejo de construir salas com boa acústica, mas isto se tornou um termo vago e quase sem sentido. Não há nenhum critério único que garanta boa acústica para todos os ambientes e seus usos. Pequenas salas de aulas, grandes locais de conferências, auditórios, locais de shows, lanchonetes e ginásios têm exigências acústicas específicas. Para entender como estes diferentes espaços devem ser projetados, há necessidade de familiarizarmos com algumas propriedades básicas do som.

No primeiro século a.C., o arquiteto romano Vitruvius explicou no *De architectura*, o seu famoso Tratado em Arquitetura de 10 volumes, que o som “se move em infinitas voltas circulares, como as várias ondas circulares que aparecem quando uma pedra é lançada em uma superfície lisa da água..., porém enquanto na água os círculos movem-se horizontalmente em uma superfície plana, a voz além de avançar horizontalmente, sobe também verticalmente em estágios regulares”. Enquanto Vitruvius não entendia tudo sobre o som, ele es-

tava correto neste ponto particular. Em geral, o som se irradia em ondas para todas as direções a partir de uma fonte, até encontrar obstáculos como paredes ou tetos. Duas características dessas ondas sonoras são de interesse particular para nós na acústica arquitetônica: **intensidade e freqüência**. Intensidade é uma medida física de uma onda sonora, relacionada com quão alto o som é percebido. Nós também podemos medir a freqüência de uma onda sonora, a qual nós percebemos como tom. Por exemplo, em um piano, as teclas à direita têm tons mais elevados do que as da esquerda. Se o som tem apenas uma freqüência, é chamado de tom puro, mas muitos sons do dia a dia, como a fala, música e ruído, são sons complexos compostos por uma mistura de freqüências diferentes. A importância da freqüência surge quando a onda sonora encontra uma superfície: o som reagirá diferentemente em freqüências distintas. A sensibilidade do ouvido humano também varia com a freqüência, e nós estamos mais sujeitos a sermos incomodados por ruídos de média a alta freqüência, especialmente por tons puros.

Imagine o som como um raio luminoso propagando-se pelo o espaço e encontrando objetos. Quando o som incide sobre uma superfície, muitas coisas podem acontecer, inclusive:

**Transmissão** - O som transmite-se através da superfície, de um lado para outro, assim como a luz passa através da janela.

**Absorção** - A superfície absorve o som, assim como uma esponja absorve a água.

**Reflexão** - O som incidente na superfície muda de direção, assim como uma bola bate e volta em uma parede.

**Difusão** - O som incidente na superfície reflete-se em várias direções, assim como os pinos ao serem atingidos por uma bola de boliche. Tenha em mente que várias dessas ações podem ocorrer simultaneamente. Por exemplo, a onda sonora pode, ao mesmo tempo, ser refletida e absorvida por uma parede.

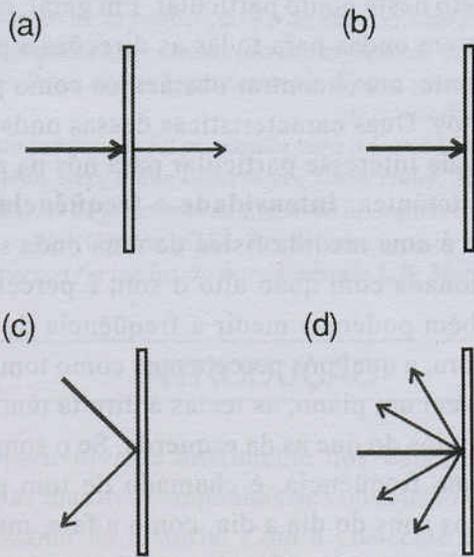


Figura 1 – Interação Som/Superfície: (a) transmissão, (b) absorção, (c) reflexão, (d) difusão.

Como resultado, a onda refletida pode não ser tão intensa como a onda inicial. A frequência do som também faz diferença. Muitas superfícies absorvem sons de altas frequências e refletem sons de baixas frequências. O **Coefficiente de Absorção** ( $\alpha$ ) e o **NRC** (Coeficiente de Redução de Ruído) são usados para especificar a capacidade de um material absorver som.

Um problema especial que resulta do som refletido são **ecos discretos**. Muitas pessoas estão familiarizadas com o fenômeno de gritar em uma falésia e ouvir uma voz respondendo. Ecos podem acontecer também em salas, porém mais rapidamente. Se a voz de uma professora ecoa continuamente na parede de trás de uma sala de aula, cada eco irá interferir com a próxima palavra, fazendo com que a exposição fique difícil de entender. Ecos são também um problema bastante comum em ginásios.

Outro tipo de eco que interfere com a audição é o **eco palpitante**. Quando duas superfícies duras e planas são paralelas, o som pode saltar rapidamente de um lado para outro entre elas criando um efeito "campainha". Isso pode ocorrer entre duas paredes, ou entre o piso e o teto.

Níveis de intensidade sonora e níveis de pressão sonora podem ser medidos em **decibéis** (dB). Em geral, sons altos têm valor maior em dB do que os sons brandos. Devido ao fato de que a escala decibel é logarítmica e não linear, a operação de adição não pode ser aplicada na forma usual.

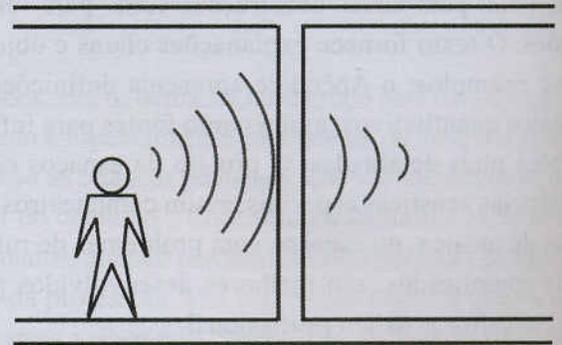


Figura 2 – Redução de ruído entre dois ambientes, através de uma parede divisória.

Uma importante medida acústica chamada **Tempo de Reverberação (RT ou RT(60))** é usada para determinar quanto rapidamente o som decai em uma sala. O Tempo de Reverberação depende do volume físico e dos materiais das superfícies de uma sala. Espaços grandes, como cate-drais e ginásios, geralmente têm tempo de reverberação mais longo, dando a impressão de serem "vibrantes" ou às vezes, "estruondosos". Salas pequenas, como quartos e estúdios de gravações, são geralmente menos reverberantes dando a impressão de serem "secos" ou "mortos".

A **Redução de Ruído (NR)** de uma parede (também expressa em dB) entre duas salas é determinada pela medição da porcentagem do som produzido em uma sala que passa através da parede para a sala vizinha. (Ver figura 2). O NR é calculado subtraindo-se o nível de ruído, em dB, da sala receptora, do nível de ruído na sala emissora.

A **Relação Sinal/Ruído (S/N)** é uma simples comparação, que é útil para estimar o quanto compreensível é a fala em uma sala. O nível sonoro da voz da professora em dB, menos o nível de ruído de fundo na sala, em dB, é igual a S/N em dB. Quanto maior a S/N, maior é a inteligibilidade da fala. Se a S/N é negativa (o ruído de

fundo é maior que a voz da professora), será difícil de a professora ser compreendida. Note também que na sala a S/N varia, devido a variações dos níveis de ruído e do sinal. Tipicamente, a S/N é menor: (1) nos fundos da sala de aula, onde o nível sonoro da voz da professora cai para os menores valores; ou (2) perto da fonte de ruído, onde o nível sonoro é máximo, situação que ocorre por exemplo, perto de um ar condicionado de parede. Estudos têm mostrado que, em salas de aula que têm relação sinal/ruído menor que +10 dB, a inteligibilidade da fala é significativamente degradada para crianças com audição mediana. Crianças com alguma deficiência auditiva precisam no mínimo de +15 dB de S/N.

A **Inteligibilidade da fala** pode ser avaliada em salas através uso de uma **lista de palavras**. Vários testes são realizados, onde uma pessoa recita palavras de uma lista padrão, e os ouvintes escrevem o que eles escutam. A percentagem de palavras escutadas corretamente é uma medida da inteligibilidade da fala de uma sala.

Para aqueles interessados em aprender mais sobre estes tópicos, o Apêndice fornece informações adicionais.

---

## DIRETRIZES ACÚSTICAS PARA SALAS DE AULA

---

Agora que nos familiarizamos com alguns fundamentos da acústica, podemos aprender como aplicá-los para alcançar condições acústicas satisfatórias nas salas de aula. As diretrizes seguintes foram concebidas para uma sala de aula típica com aproximadamente 30 alunos, onde a aula é dada na frente da sala ou os alunos trabalham em pequenos grupos. As recomendações para ginásios, lanchonetes, e auditórios, são fornecidas em uma outra seção.

---

### Reverberação

---

Tempo de Reverberação (RT) longo é uma deficiência comum de salas de aula. Porém há como resolver o problema. Idealmente, salas de aula devem ter RTs na faixa de 0,4 - 0,6 segundos, porém, muitas salas de aulas existentes tem RTs de um segundo ou mais. A Figura 3 fornece tempos de reverberação adequados para várias salas tipicamente

encontradas em instalações escolares. O RT pode ser facilmente estimado para salas de aula existentes ou em projeto, com o uso da equação de Sabine (ver página 10). As variáveis são o volume físico ( $m^3$ ) da sala, as áreas ( $m^2$ ) dos diferentes materiais das superfícies, e os coeficientes de absorção desses materiais em certas frequências. O coeficiente de absorção é uma medida da quantidade de energia de uma onda sonora que o material absorve.

Existem duas maneiras de reduzir o RT de uma sala: ou o volume é reduzido, ou a absorção do som é aumentada. Entretanto, reduzir o volume não é só uma opção, é sim uma alternativa viável para muitas salas de aulas antigas com tetos altos. Em tais espaços, adicionar um forro suspenso feito de placas absorventes sonoras, pode melhorar significativamente a acústica, com o decréscimo do volume e aumento da absorção. Porém, adicionar um forro suspenso freqüentemente requer novas instalações elétricas e pode interferir com janelas altas. Um caso a ser discutido mais adiante apresenta uma solução alternativa para salas de aula com tetos altos

O aumento da absorção em uma sala é conseguido com a adição de materiais mais "macios", tais como painéis para parede de fibra de vidro revestidos com tecido, carpetes ou forros acústicos. Existem muitos produtos comercialmente disponíveis para estas aplicações e - com premeditação - é possível projetar uma sala de aula com um RT aceitável usando materiais de construção comuns. Materiais absorventes apresentam melhor desempenho quando espalhados pela sala, e não concentrados apenas em uma parede, no piso ou no teto. Em muitas salas de aula, um forro suspenso de placas acústicas é suficiente para reduzir o tempo de reverberação para a faixa desejada; porém, isto não irá resolver o problema de ecos nas paredes. Nem todos os forros acústicos são do mesmo tipo. Verifique as especificações e procure forros acústicos com um NRC de 0,75 ou superior. Visando absorver os sons, tanto de baixa como de alta frequência, é necessário fixar o forro abaixo do teto estrutural. A simples adição de forração no piso das salas de aula não irá reduzir significativamente o tempo de reverberação, particularmente em baixas frequências; porém, tal medida irá reduzir o ruído proveniente dos alunos arrastando suas cadeiras e carteiras no piso.

Para aqueles interessados em calcular o RT de uma sala de aula existente ou em estimar a quantidade de absorção necessária, o Apêndice inclui exemplos e uma tabela de coeficientes de absorção para alguns materiais comuns.

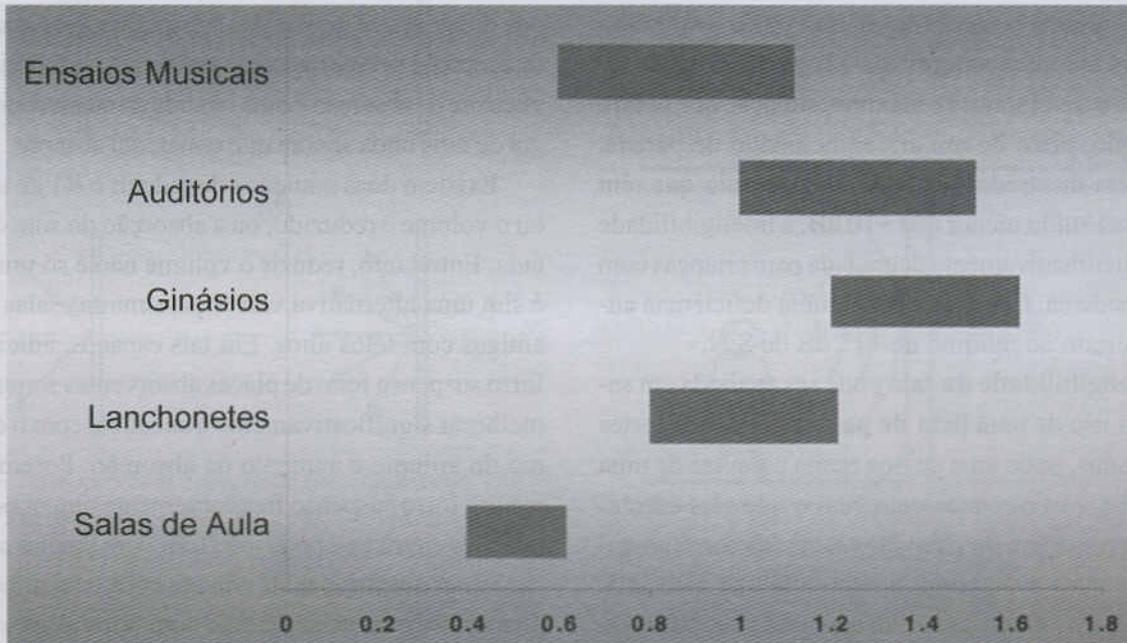


Figura 3 – Tempos de reverberação adequados (em segundos) para várias salas tipicamente encontradas em instalações escolares.

### Reflexões Indesejáveis

Conforme acima mencionado, ecos interferem com a inteligibilidade da fala. Ecos podem ser controlados usando absorção e/ou difusão. Quando for escolher a superfície para colocação do material absorvente com o objetivo de reduzir o tempo de reverberação, também considere como podem ajudar a reduzir ecos.

A colocação do material absorvente na parede posterior das salas de aula, evita que a voz do professor reflita de trás para a frente da sala. Enquanto a absorção é uma forma de minimizar a energia refletida dentro das salas de aula, outra forma é utilizar a difusão. A colocação de um elemento difusor na parede posterior da sala de aula, espalha o som em várias direções, de forma que diminui muito o nível em qualquer direção particular. Eco palpitante é um problema significativo quando ocorre entre as paredes da frente da sala de aula, onde o professor está falando. Um modo sim-

ples de testar se o eco está presente, é permanecer perto do centro da sala de aula, entre paredes paralelas, e bater palmas uma única vez com força. Se o eco palpitante estiver presente, um som tipo campainha será ouvido após as palmas, como o som refletindo rapidamente de um lado para outro entre duas paredes. Tente girar em direções diferentes e bater palmas novamente para determinar quais paredes estão causando o eco palpitante. Para eliminar o eco palpitante entre duas paredes paralelas e rígidas, revista uma delas ou ambas com painéis de fibra de vidro revestidos com tecido ou material similar absorvente sonoro. Isto funciona bem se os painéis forem intercalados ao longo das paredes opostas, de tal forma que um painel em uma parede se defronte com a superfície não tratada da parede oposta. A inclinação de paredes opostas, de no mínimo oito graus, também eliminará o eco palpitante entre elas.

## Reflexões Úteis

Até aqui discutimos métodos para redução de reflexões em salas de aula, porém em alguns casos, nós queremos reforçar certas reflexões. Isto é especialmente necessário em salas de aula grandes, com tempo de reverberação curto. A energia sonora da voz do professor pode ser absorvida pelo forro acústico antes que atinja os estudantes no fundo da sala. A voz do professor pode ser espalhada para toda a sala, com o uso de uma placa de gesso refletora de som, colocada no teto na parte frontal da sala, ou simplesmente deixando a região central do teto dura e reflexiva. Essas superfícies irão refletir o som para o fundo da sala. Visando manter um tempo de reverberação curto com refletores na sala, provavelmente será necessário adicionar materiais absorventes nas paredes laterais e do fundo. A necessidade de refletores depende do método de ensino empregado. Por exemplo, refletores são úteis em salas usadas no ensino usual, porém não são necessários em salas usadas apenas por pequenos grupos de trabalho ou em laboratórios.

## Ruído de Equipamentos Mecânicos

Ruído de fundo elevado proveniente de equipamentos mecânicos, como sistemas de calefação, ventilação e ar condicionado barulhentos são bastante comuns nas escolas existentes (americanas). Este é um problema sério para os professores e alunos. Os professores devem aumentar suas vozes para manter +10 dB de relação sinal/ruído necessária para uma boa inteligibilidade da fala. Isto resulta em vários dias de ausência de muitos professores devido a problemas de stress vocal, o que onera o contribuinte com recursos que poderiam ser melhor empregados em equipamentos mecânicos menos ruidosos. Simultaneamente, os alunos necessitam se concentrar para escutar, ou então, se distraem deixando de prestar atenção. Ruído mecânico é principalmente o resultado de um mau planejamento, podendo ser difícil e caro para eliminar em salas de aula existentes. Porém, ruído mecânico excessivo pode ser eliminado a baixo custo quando o sistema é projetado corretamente logo no início. Engenheiros mecânicos algumas vezes desconhecem ou são insensíveis para com este

## Problemas Comuns de Ruído Mecânico

**Problema:** O ar escoia com grandes velocidades através de dutos, provocando assovios e demais ruídos característicos ao passar pelos desviadores, aletas defletoras e difusores.

**Identificação:** Escute o ruído com diferentes velocidades do ventilador, para verificar se há redução dos níveis com velocidades mais baixas do ventilador. Abra e feche os desviadores, remova os difusores, tentando perceber diferenças nas características do ruído.

**Soluções:** Use ventiladores de menor velocidade, aumente as dimensões dos dutos, mude os desviadores de posição, e/ou silencie os difusores.

**Problema:** O ruído do ventilador propaga-se pelos dutos (de suprimento ou de retorno) até a sala.

**Identificação:** Compare o ruído da sala com o ruído na região próxima ao ventilador. Perceba se há ruídos característicos.

**Soluções:** substitua os tubos lisos por tubos revestidos com material absorvente (observe que poderá haver redução da área interna do duto com aumento da velocidade, de tal forma que a seção transversal do duto revestido poderá necessitar de aumento). Redirecione os lances de duto criando uma trajetória mais longa entre o ventilador e a sala. Insira um silenciador próximo ao ventilador. Substitua o ventilador por outro mais silencioso.

**Problema:** Unidades com ventilador próximo ou caixas de volume variável (VAV) geram ruído que se propaga para a sala através dos dutos ou do forro.

**Identificação:** Ligue e desligue a unidade e perceba alterações no ruído. Se possível remova as placas absorventes do forro e descubra as unidades ruidosas.

**Soluções:** Afaste a unidade da sala (talvez para dentro de um corredor adjacente no caso da caixa VAV), elimine-a, ou troque-a por um modelo mais silencioso. Adicione material absorvente ou um silenciador após a unidade na trajetória de propagação do som. Enclausure a unidade com placas de gesso densas revestidas internamente com material absorvente, evitando que o ruído da caixa se propague para a sala de aula através do forro.

Figura 4 - Problemas e soluções para ruídos mecânicos.

problema, devendo ser advertidos de que o controle de ruído é um assunto crítico que deve ser considerado durante o planejamento e o processo de compra.

Existem vários métodos para medir o nível do ruído mecânico. Uma boa diretriz é que o nível de ruído em salas de aula não deve exceder as curvas NC 25 a 30. A curva NC, ou **Critério de Ruído** é determinada medindo-se os níveis de ruído em certas frequências, os quais são plotados em um gráfico, e então comparados com as curvas NC padronizadas. (O Apêndice contém uma explanação mais detalhada.) Outra diretriz útil é que o nível de ruído não deve exceder 35 dBA. O dBA é uma medida fácil, expressa através de número único, que leva em consideração o nível de ruído em todas as frequências, reduzindo o nível de ruído nas frequências mais baixas, simulando a sensibilidade do ouvido. Tipicamente, o nível de ruído de uma sala em dBA é de 5 a 7 dB maior do que o valor da curva NC. (O Apêndice apresenta o procedimento para conversão em dBA dos níveis sonoros medidos em bandas de oitava).

Descobrir a fonte do ruído mecânico em uma sala é às vezes tão difícil quanto achar uma agulha no palheiro. O ruído pode originar de uma ou várias fontes, sendo os casos complexos melhor avaliados por um consultor profissional em acústica, que se utilizam de técnicas e equipamentos adequados para localizar e reduzir os níveis sonoros de todas as fontes ruidosas. Com isto em mente, a Figura 4 lista vários problemas comuns que você pode procurar em uma sala de aula com ruído mecânico excessivo, proveniente de um sistema mecânico central que distribui ar para salas de aula através de dutos.

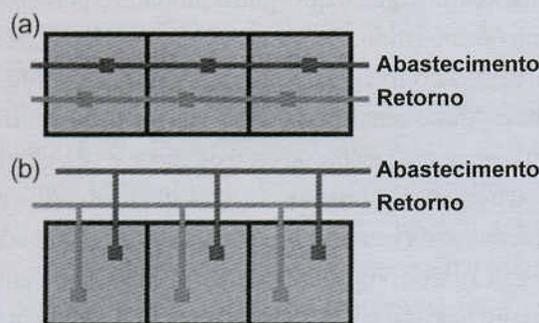


Figura 5 – Arranjos de dutos. (a) arranjo de duto ruim – o som propaga-se através do duto de sala para sala, ao contrário de (b) arranjo de duto bom – o som tem uma trajetória mais longa para se propagar nos dutos revestidos entre salas adjacentes.

Para ruído de sistemas mecânicos, o antigo provérbio “mais vale prevenir do que remediar” é certamente aplicável. Para limitar tal ruído, tenha as seguintes diretrizes em mente quando for projetar novas salas de aula:

1. Instale equipamentos mecânicos tais como sistemas de ventilação e ar condicionado e similares longe das salas de aula. Um bom arranjo é colocar tais unidades no forro de corredores de circulação e os dutos de distribuição próximos às salas de aula. Evite colocar os principais equipamentos mecânicos dentro, acima, abaixo ou adjacente às salas de aula.
2. Selecionar equipamentos de ventilação com baixos níveis sonoros.
3. Escolha dutos com dimensões suficientes para permitir baixas velocidades de ar. Selecione difusores com NC abaixo de 20 a 25.
4. Não economize no comprimento dos dutos. Há uma compensação na redução do ruído mecânico e na transmissão sonora entre salas via dutos. A Figura 5 mostra exemplos bons e ruins de arranjos de dutos.
5. Evite usar equipamentos de ventilação e ar condicionado dentro das salas de aula. Estas unidades contêm ventiladores e às vezes compressores que são notoriamente barulhentos e difíceis de tratar devido estarem dentro das salas.

### Fontes De Ruído Internas

O ruído de salas adjacentes interrompe o processo de aprendizagem, especialmente durante os períodos tranquilos de leitura e de provas. Há cinquenta anos atrás, quando as paredes das escolas eram construídas com tijolos maciços ou blocos de concreto, este não era um problema muito grave. Em décadas recentes, a necessidade de diminuir os custos da construção civil levou ao uso de paredes finas com materiais leves, que oferecem uma redução mínima do ruído. Ainda pior, nas décadas de 60 e 70, muitas salas de aula panorâmicas foram construídas sem quaisquer divisórias entre elas. Em algumas escolas, tais espaços foram sendo divididos, mas a redução de ruído entre as salas continuou insuficiente.

Se você está inseguro se a parede entre duas salas de aula é adequada, aplique este teste simples: instale um televisor ou um monitor de vídeo em uma sala e

ajuste o nível sonoro para que possa ser confortavelmente escutado no fundo da sala. Então vá para a sala de aula vizinha e escute os sons vindos dos equipamentos da outra sala. Se os sons forem lânguidos ou inaudíveis, a barreira é suficiente. Se os sons forem altos, e se particularmente as palavras forem inteligíveis, então a divisória entre as salas precisa ser melhorada.

A figura 6 mostra exemplos de paredes boas e ruins construídas com placas de gesso. Em geral, quanto mais se aumenta a massa de uma parede, mais se reduz o ruído. Porém, uma parede sólida grossa é geralmente muito cara e ocupa muito espaço no piso. Desta forma, uma solução eficaz é construir uma parede com uma camada de um material pesado, um espaço vazio e outra camada de material pesado. Um exemplo típico é o de uma parede com duas placas de gesso de 15 mm de cada lado. Quando for construir uma parede com estas características, certifique-se de sobrepor as placas de gesso de cada camada, de tal forma que as juntas não se alinhem e criem uma fresta por onde o som possa passar. A incorporação de lã de vidro ou fibra mineral na cavidade formada entre as camadas da parede pode também reduzir a transmissão de ruído.

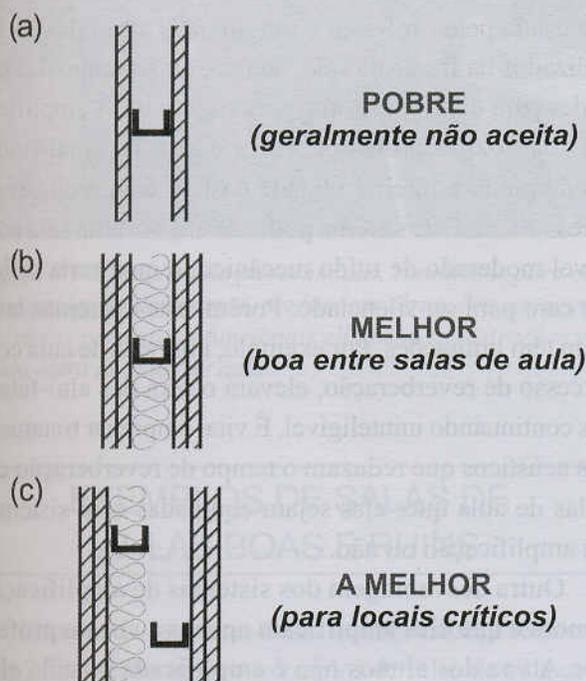


Figura 6 – Paredes de placas de gesso.

Em termos de redução de ruído, uma parede é como uma corrente: a sua resistência é dada pelo elo mais fraco.

Janelas, portas, pequenas aberturas, rachaduras, etc. podem reduzir a eficiência de uma parede. Pequenos vãos entre paredes e o piso ou teto devem ser vedados com um selante acústico. Portas finas ou com internos vazados, com vãos na região próxima ao piso, comumente causam vazamentos sonoros. Portas maciças ajustadas e vedadas nos batentes são melhores. A sua localização é também importante. Por exemplo, é melhor não colocar as portas de salas adjacentes, lado a lado, pois isto confere uma pequena trajetória entre as salas que facilita a propagação sonora. (A figura 7 mostra arranjos bons e ruins de portas). Adicionalmente, as portas das salas de aula não devem ser colocadas frente a frente em um corredor. O espessamento das portas ao longo do corredor cria um caminho longo, menos direto para o ruído viajar de uma sala para outra.

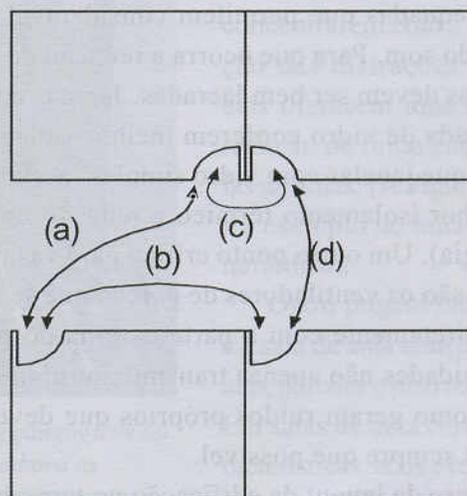


Figura 7 – Arranjos de portas: (a) e (b) são bons arranjos porque o som percorre uma maior distância ao se propagar de uma sala a outra; os arranjos (c) e (d) são ruins porque a distância entre as salas é pequena.

Para serem efetivas, as divisórias devem se estender desde a estrutura do piso até a estrutura do teto. Caso contrário, o som pode facilmente passar através do forro acústico, de uma sala para a outra. (Ver Figu-

ra 8.) Isto é comumente negligenciado quando paredes são adicionadas durante reformas, assim como quando salas de aulas panorâmicas são divididas.

Projetos criteriosos podem freqüentemente eliminar a necessidade de paredes espessas e caras. Na fase de planejamento, verifique quais salas serão barulhentas (salas com equipamentos mecânicos, ginásios, lanchonetes, salas de música, oficina, etc.) e use áreas abafadoras (corredores, armazéns, e banheiros) para separar estes espaços das áreas de audição críticas (salas de aula, bibliotecas, áreas para educação especial e escritórios).

### Fontes de Ruído Externas

A isolamento sonora das paredes externas é também importante já que muitas atividades ruidosas e potencialmente perturbadoras existem externamente à escola. A maioria das escolas possuem paredes externas construídas de tijolos ou blocos de concreto, que são boas barreiras acústicas, mas com janelas inadequadas que permitem considerável transmissão do som. Para que ocorra a redução do ruído, as janelas devem ser bem lacradas. Janelas com dupla camada de vidro conferem melhor isolamento sonora do que janelas com vidro simples (assim como um melhor isolamento térmico e redução no custo de energia). Um outro ponto crítico para vazamento de som, são os ventiladores de parede que se comunicam diretamente com a parte externa do prédio. Estas unidades não apenas transmitem ruído do exterior, como geram ruídos próprios que devem ser evitados sempre que possível.

Na fase de layout da edificação no terreno, considere as fontes de ruído externas que podem perturbar a aprendizagem, procurando localizar as salas de aula longe de tais fontes. Fontes comuns de ruído incluem: sobrevôos de aeronaves, estradas movimentadas, pátio de manobras de ônibus escolares, parques infantis, campos de jogos, equipamentos mecânicos exteriores, áreas de coleta de lixo, cortadores de grama, e máquinas barulhentas em construções próximas.

### Amplificação Sonora

Sistemas de amplificação sonora, muitas vezes chamadas de sistemas de “campo sonoro” ou “campo sonoro FM”, são às vezes sugeridos como soluções relativamente baratas para salas de aulas com baixa relação sinal-ruído.

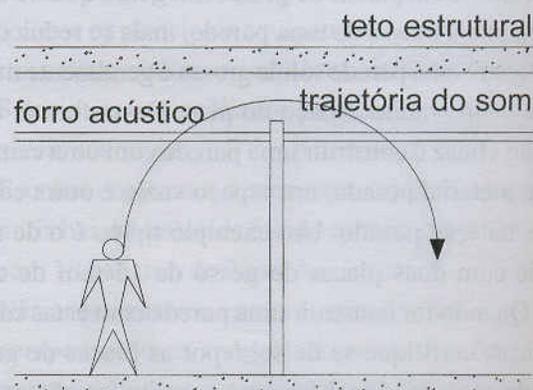


Figura 8 – O som viaja através do forro. As divisórias devem se estender até o teto estrutural para que funcionem como barreiras sonoras.

Um sistema típico consiste em um microfone sem fio usado pelo professor e um ou mais alto-falantes localizados na frente da sala, no teto, ou ao longo das paredes para distribuir o som para os alunos. A amplificação da voz do professor, eleva a relação sinal-ruído, melhorando a inteligibilidade da fala com redução do stress vocal. Este sistema pode ser útil em uma sala com nível moderado de ruído mecânico, o qual seria difícil ou caro para ser silenciado. Porém, estes sistemas também têm limitações. Por exemplo, uma sala de aula com excesso de reverberação, elevará o som dos alto-falantes continuando ininteligível. É vital empregar tratamentos acústicos que reduzam o tempo de reverberação em salas de aula quer elas sejam equipadas com sistemas de amplificação ou não.

Outra desvantagem dos sistemas de amplificação sonora é que eles amplificam apenas a voz do professor. A voz dos alunos não é amplificada quando eles questionam os professores ou conversam entre si en-

quanto trabalham em grupos. Alguns sistemas oferecem um microfone extra que pode ser usado pelos alunos. Porém, esta é uma solução incômoda, que interfere com as discussões espontâneas. Adicionalmente, se o microfone não estiver próximo da pessoa que está falando, captará tanto o ruído ambiente, como a fala, e a S/N não será melhorada. Ainda, outro problema, é que o som ampliado será barulho para as salas de aulas adjacentes. Apesar destas dificuldades, os sistemas de amplificação sonora podem representar melhorias a custo compatível para salas de aula com altos níveis de ruído, e são geralmente aceitáveis quando nenhuma modificação for feita.

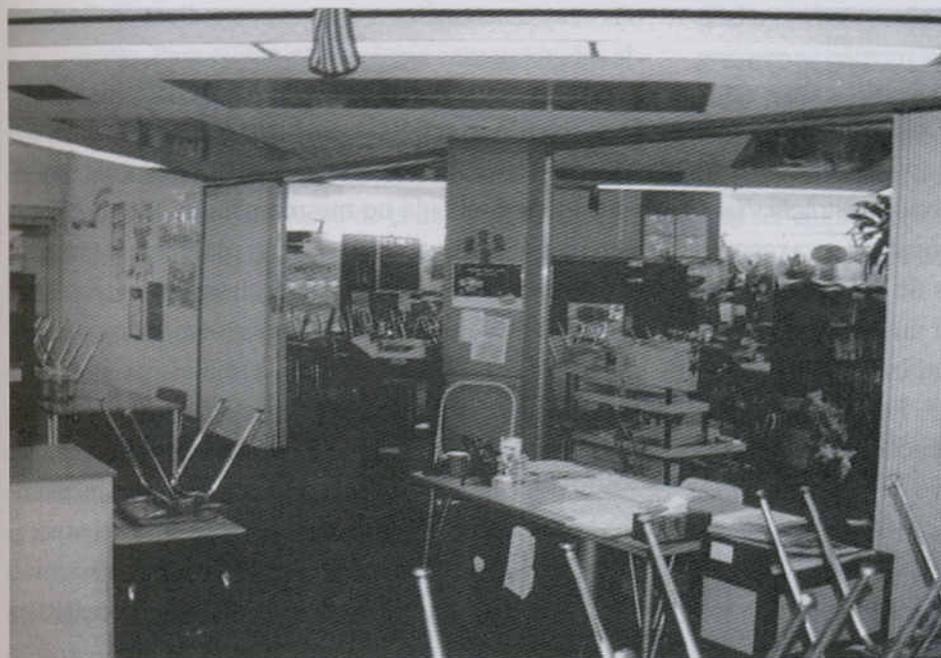


Figura 9 – Salas de aula panorâmicas. Vantajosas para certos métodos pedagógicos ou para interação dos alunos, porém com sérias desvantagens acústicas. Embora as divisórias parciais ou funcionais eliminem as distrações visuais, elas reduzem pouco o ruído entre as salas de aula.

## EXEMPLOS DE SALAS DE AULAS BOAS E RUINS

Como todas as peças desse quebra-cabeça se encaixam? Esta seção mostra exemplos de salas de aula com boa e má acústica para ilustrar como os acabamentos

arquitetônicos podem ser usados para controlar reverberação e eco.

Do ponto de vista acústico, salas de aula panorâmicas são talvez as piores. Se por um lado elas podem ser vantajosas para certos métodos pedagógicos ou por propiciar a interação dos alunos, por outro lado, elas têm sérias desvantagens acústicas. Os alunos são facilmente distraídos por sinais acústicos e visuais das aulas adjacentes. Se para um aluno com deficiência auditiva ou concentração deficitária, já é difícil a concentração na voz do professor em salas de aula com alto ruído mecânico, imagine a sua dificuldade em uma sala de aula onde o ruído de fundo não é ocasional,

mas sim um sinal inteligível. Para combater estes problemas, muitas salas de aulas panorâmicas têm sido divididas com biombos ou divisórias que se deslizam como cortinas. Enquanto essas barreiras ajudam os alunos a se concentrarem com a eliminação das distrações visuais, elas oferecem uma pequena redução de ruído entre as salas de aulas. (A Figura 9 mostra exemplo de uma sala panorâmica).

Outro projeto indesejável é a sala de aula com pé direito alto, paredes e piso reflexivos. Em salas de aula com tais características, ecos e reverberações tendem a destruir a inteligibilidade da fala, espe-

cialmente para crianças pequenas. Ao contrário do ruído mecânico, a reverberação não pode ser superada com a elevação do nível da voz do professor. Um tratamento acústico deve ser incorporado para aumentar a absorção e reduzir os ecos nocivos. (Ver Figura 10a.). O item do Apêndice relativo a tempo de reverberação apresenta sugestões de materiais. Para uma solução não tradicional, leia o caso apresentado abaixo.

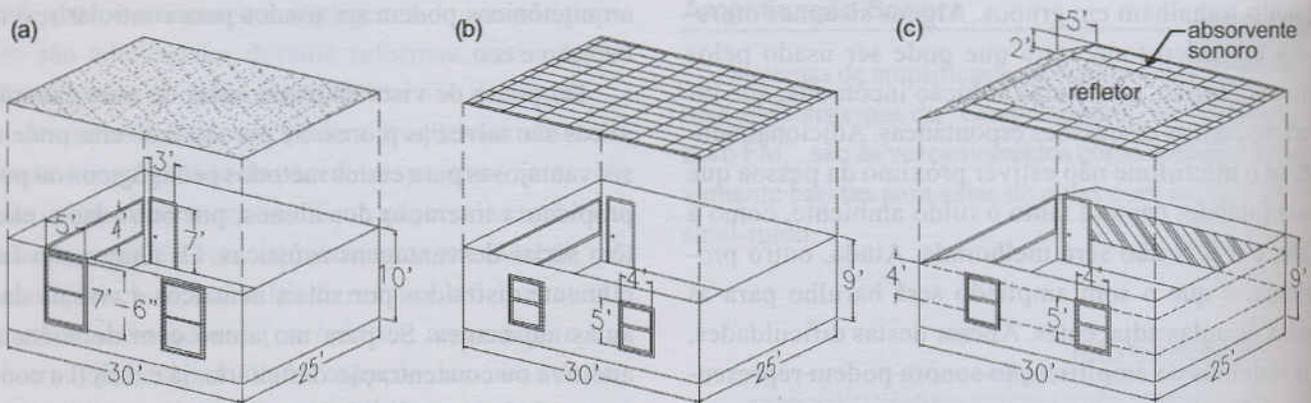


Figura 10 – Layouts de salas de aula. Sala de aula (a) é uma típica sala de aula indesejável, sem material absorvente sonoro e sem reflexões úteis. Sala de aula (b) é melhor pois possui forro absorvente e forração no piso. Sala de aula (c) é a sala ideal, com absorventes sonoros em três paredes, forração no piso, com teto refletor inclinado na região frontal, com superfícies refletoras no centro e superfícies absorventes de som no entorno.

A simples inclusão de um forro acústico absorvente sonoro e forração no piso irá em geral resultar em uma sala de aula com boa acústica e tempo de reverberação curto. Esta solução é barata para novas construções sendo também uma solução a custo compatível para renovar salas de aula existentes. Para salas de aula pequenas e médias, o forro acústico irá conferir um tempo de reverberação aceitável, desde que sejam utilizadas placas acústicas com um NRC maior que 0.75. Forrações no piso ajudam na absorção das altas frequências, mas são principalmente utilizadas com o objetivo de reduzir o barulho de pisadas das crianças. (Ver Figura 10b.) Infelizmente, este procedimento não evita os ecos das paredes. No entanto, um layout adequado do mobiliário, como armários e estantes de livros podem ajudar a quebrar a continuidade das paredes planas, reduzindo os ecos.

O melhor projeto para uma sala de aula normal poderia ser obtido movendo parte da absorção do forro para as paredes, mantendo a região central do teto sem qualquer revestimento para reflexão da voz do professor na direção ao fundo da sala. Isto é aparentemente complexo, mas um teto que parcialmente absorve e parcialmente reflete pode ser facilmente construído com uma grade de sustentação padrão. Simplesmente coloque as placas acústicas ao redor do perímetro do teto e as placas de gesso no centro da grade. Para refletir mais som para o fundo da sala, o teto pode ser perfilado aci-

ma da posição do professor, na frente da sala de aula. Esta superfície refletora deve ser construída com um material duro, como compensado ou placa de gesso, podendo ser pintada no mesmo padrão da sala. Situar materiais absorventes nas paredes reduz simultaneamente o tempo de reverberação e acaba com os ecos. Painéis de lã de vidro de 2 polegadas revestidos com tecido são uma boa opção por serem visualmente atraentes, razoavelmente robustos, conferindo uma boa absorção em baixas frequências. Adicione forração no piso, e o resultado pode ser uma sala de aula com acústica maravilhosa; com um tempo de reverberação curto, sem ecos, distribuição adequada das reflexões e com baixo ruído interno todos estes benefícios obtidos com materiais de construção comuns. (Ver Figura 10c).

## ESTUDO DE CASO: SALA DE AULA ANTIGA

O tópico deste estudo de caso é uma sala de aula em um antigo prédio de uma universidade, que era alvo de reclamações dos professores com relação às condições acústicas, incluindo altos níveis de ruído e baixa inteligibilidade da fala. Apesar de ser uma sala de aula de uma universidade, o seu projeto é típico de muitas salas de aulas em antigas escolas elementares e secun-

dárias. A sala, mostrada na Figura 11, tem paredes e janelas altas. O prédio foi originalmente construído sem sistema de ar condicionado central, então vários aparelhos de ar condicionado foram colocados nas janelas os quais são muito barulhentos. A fim de fornecer recomendações corretas para melhorar as condições acústicas desta sala, os níveis de ruído ambiente gerados pelos aparelhos de ar condicionado e o tempo de reverberação da sala foram medidos. Era importante que as condições acústicas fossem melhoradas sem afetar a estética da sala.

Devido ao teto alto e a falta de materiais absorventes na sala, o tempo de reverberação medido foi de 1,5 segundos em frequências médias. Adicionar um forro acústico poderia melhorar o espaço acusticamente, mas não visualmente. Para evitar interferência com as janelas altas, as laterais do forro suspenso teriam que ser inclinadas para cima, sendo que um novo forro não combinaria com a arquitetura tradicional da sala de aula. Alternativamente, suspendeu-se placas de lã de vidro densa de 2 polegadas recobertas com tecido, que complementou o sistema de cores da sala, no mesmo nível das luminárias pendentes. Esta opção resultou em uma solução esteticamente agradável sem o custo de repor as luminárias que seria normalmente necessário no caso do forro acústico. Painéis de lã de vidro revestidos com tecido foram também montados nas paredes entre as janelas para impedir ecos com redução adicional do tempo de reverberação. Após a modificação, o tempo de reverberação para a sala não ocupada foi reduzido para 0,5 segundo nas frequências médias. Soluções similares podem ser aplicadas em muitas salas de aulas onde a colocação de forro acústico não é adequada.

O sistema de ar condicionado da sala foi também modificado, porém com resultados acústicos sofríveis. Os aparelhos de ar condicionado originais geravam um alto nível de ruído descrito pelos inaceitáveis NC-57. A escola decidiu substituir as unidades das janelas por uma unidade de parede com ventilador de duas velocidades e com o compressor localizado externamente e de forma adequada. A temperatura da sala melhorou mas não resolveu totalmente o problema de ruído. Com o ventilador em alta velocidade, o ruído nos assentos próximos ao ventilador correspondeu à NC-47, 10 pontos abaixo do inicial NC-57, mas ainda insatisfatório. No lado oposto da sala, o ruído corresponde à NC-43. Com o ventilador em baixa velocidade, o ruído corresponde à NC-36 e NC-33 respectivamente. Com o ventilador em baixa velocidade, o ruído se situa relativamente próximo ao critério (Ver página 4). Porém, em alta velocidade, o ruído se situa significativamente acima do critério. Quando unidades internas devem ser usadas por razões econômicas ou físicas, ventiladores com várias velocidades devem ser empregados, devendo as unidades ser capazes de resfriar com o ventilador operando em baixa velocidade.

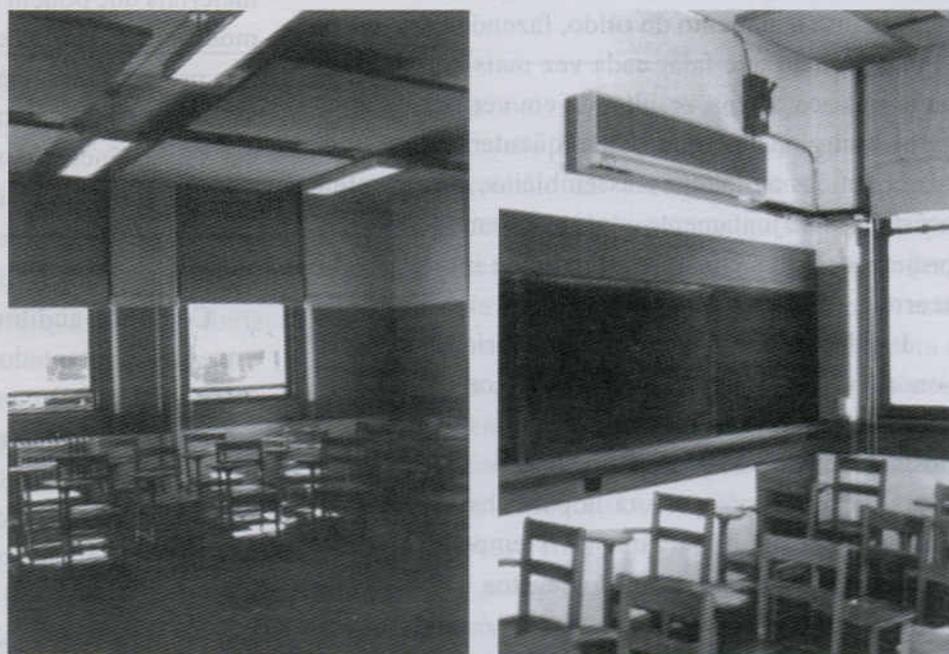


Figura 11 – Renovações em Salas de Aula antigas. A fotografia (a) mostra a incorporação dos painéis absorventes de parede e painéis pendentes no teto, ambos em lã de vidro revestidos com tecido, e com forração no piso. A fotografia (b) mostra a unidade de condicionamento de ar de parede com ventilador de duas velocidades relativamente barulhento.

### DIRETRIZES ACÚSTICAS PARA SALAS ESPECIAIS

Apesar do objetivo desta publicação ser o de fornecer orientações sobre acústica de salas de aula, esta seção cobre outras questões acústicas para salas de outros tipos existentes em escolas. Embora estas diretrizes não sejam tão abrangentes quanto aquelas apresentadas para salas de aulas, grande parte do material apresentado até aqui, como a necessidade de eliminar o ruído mecânico e o de prover uma efetiva redução de ruído, também se aplicam a salas como lanchonetes, ginásios e auditórios.

Esta seção não abrange as salas de educação musical, já que a acústica destes espaços é especialmente crítica. Salas para fins especiais são complexas, podendo ser melhor projetadas por um consultor acústico profissional.

O problema mais comum em lanchonetes e ginásios é o longo tempo de reverberação (RT), já que esses lugares têm tipicamente grande volume físico e acabamento superficial duro. Em lanchonetes, o RT longo causa o aumento do ruído, fazendo com que os alunos tenham que falar cada vez mais alto para escutar uns aos outros, resultando em verdadeira algazarra. Em ginásios, que são freqüentemente usados para reuniões animadas e assembleias, geralmente a acústica pobre juntamente com um sistema sonoro mal projetado, fazem com que a fala fique ininteligível e acarreta a destruição na música.

Existem várias opções para melhoria da absorção sonora nesses espaços grandes. Em construções novas, se o teto foi construído como uma cobertura exposta de metal, considere colocar lã de vidro sobre a placa metálica após perfurá-la para absorver o som. Isto reduzirá significativamente o tempo de reverberação com pouco aumento dos custos. Outra opção para construções novas ou renovações é pendurar placas ou estandartes absorventes no teto. Placas absorventes e estandartes são produtos comercialmente disponíveis, feitos de várias camadas de lã de vidro em várias espessuras e revestido com plástico ou te-

cido. Eles são de instalação fácil, disponíveis em várias cores e não prejudicam a aparência da sala. A colocação de painéis de lã de vidro ou fibra de madeira nas paredes também irá reduzir o RT e os ecos.

Ginásios e lanchonetes tendem a ser espaços barulhentos, e este ruído pode atrapalhar salas de aula próximas. Deste modo, separe essas áreas das salas de aula e não situe salas de aula sob ginásios. O ruído do impacto de bolas de basquete e similares é um problema sério, caro para corrigir em construções novas e muito mais caro em renovações.

Auditórios escolares são utilizados numa variedade de atividades, incluindo fala, teatro, dança e música. Todas essas atividades requerem boa acústica, mas cada uma têm requisitos acústicos específicos. Para atender as necessidades de todas essas atividades, a acústica de um auditório deve ser uma solução de compromisso, funcionando adequadamente para todas as atividades, sem favorecer nenhuma delas. De outra forma a técnica de "acústica variável" deverá ser empregada para atender a cada função. Acústica variável envolve o uso de painéis, cortinas e outros materiais que podem ser facilmente rearranjados para modificar as reflexões, tempo de reverberação e outras propriedades acústicas. Para alcançar resultados satisfatórios nessas salas complexas, o melhor é buscar a assistência de um consultor acústico profissional. Os parágrafos seguintes fornecem algumas noções de planejamento a serem seguidas e armadilhas comuns a serem evitadas.

Combinar auditório com lanchonete ou ginásio é uma maneira tentadora para redução de custo e área construída. Infelizmente, tal solução raramente resulta em um auditório acusticamente satisfatório, já que estes espaços têm exigências acústicas conflitantes. Em um auditório, o objetivo é reforçar o som de um único local, enquanto em lanchonetes e ginásios, a meta é eliminar o ruído de várias fontes. Este conflito não pode ser resolvido efetivamente, então essas combinações de salas devem ser evitadas. Em um auditório, a forma da sala é importante para refletir o som adequadamente sobre o público. Evite salas largas em forma de leque com a parede de fundo cônica.

va com centro de curvatura no palco ou próximo. A parede de fundo côncava irá focar ecos incômodos para os artistas no palco, e se as paredes laterais forem muito inclinadas, elas não irão prover reflexões úteis para a região dos assentos. Para permitir reflexo sonoro que alcance os que estão sentados no fundo, a profundidade do balcão deve ser menor que duas vezes a distância até o piso abaixo. Um teto plano irá refletir somente para o fundo da sala, então as seções do teto devem ter angulações para prover reflexões em toda da sala. Painéis difusores, moldados na superfície como pirâmides ou cilindros, ou difusores especiais "QRD" \*, ajudam a espalhar o som pelo auditório e reduzem os ecos discretos. As paredes podem ser revestidas com cortinas pesadas que se deslizam horizontalmente ou sobem verticalmente para adicionar absorção quando necessário e removê-la quando for dispensável.

**Nota:** Encontra-se presentemente em desenvolvimento uma norma ANSI sobre acústica das salas de aula. Para maiores informações, contactar a "Sociedade Americana de Acústica".

---

## APÊNDICE

---

### Frequência

---

Frequência é um fator importante na maioria das medidas acústicas. O som ocorre quando uma fonte vibratória causa pequenas flutuações no ar; e frequência é a taxa de repetição dessas vibrações. A frequência é medida em Hertz (Hz), onde 1 Hz = 1 ciclo por segundo. Um jovem, com audição normal, pode detectar uma ampla gama de frequências, de aproximadamente 20 a 20000 Hz. Para lidar com um largo espectro, acústicos geralmente dividem a gama de frequências em seções chamadas de **bandas de oitava**. Cada banda de oitava é identificada pela frequência

central. Para as bandas de oitavas padrão, estas frequências centrais são: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 e 8000 Hz. Como pode-se observar, a razão entre sucessivas frequências é de 2:1, assim como uma oitava na música. Esta característica também está relacionada com a sensibilidade do ouvido com a frequência, onde uma mudança na frequência é mais facilmente distinguível em frequências baixas do que em altas. Por exemplo, a variação de 100 para 105 Hz é mais facilmente perceptível do que a variação de 8000 para 8005 Hz. Bandas de oitavas de alta frequência contêm uma gama maior de frequências do que as bandas de oitava de baixa frequência, mas nós as percebemos igualmente. Para obter uma informação mais detalhada do espectro sonoro, são frequentemente utilizadas bandas de um terço de oitavas. As frequências centrais padronizadas para as bandas de um terço de oitavas são: 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000 Hz, etc. Note que uma banda de oitava contém a banda de um terço de oitava da frequência central mais as bandas de um terço de oitava adjacentes.

### Decibéis

---

A medida mais comum de um nível sonoro é o Nível de Pressão Sonora, ou NPS, expresso em decibéis, abreviado dB. Decibéis não são unidades como centímetros ou kilogramas, no sentido de que não estão linearmente relacionados a uma grandeza específica. Na realidade, decibéis expressam a razão logarítmica entre a potência ou intensidade sonora e uma potência ou intensidade de referência. Potência e intensidade sonoras não são fáceis de medir. Porém, a pressão sonora é facilmente medida com um medidor de nível sonoro. A pressão sonora pode também ser expressa em dB já que o quadrado da pressão sonora é proporcional à potência ou intensidade sonora. Utiliza-se o dB no lugar da amplitude real do som em unidades de pressão, porque o seu valor logarítmico representa a forma como o ouvido humano interpreta o som, e porque os números são mais facilmente manipuláveis nos cálculos. A maioria dos

---

\* QRD - quadratic residue diffusers

sons estão na faixa de 0 a 140 dB, que equivalem a ondas com pressões sonoras de 20 a 200.000.000 micropascal (ou  $2 \times 10^{-10}$  a  $2 \times 10^{-2}$  atm). Para auxiliar na sensação subjetiva de níveis de pressão sonora (em dB), os NPSs aproximados de algumas fontes sonoras comuns são apresentados na Figura 12.

Fonte	NPS (dBA)
Som menos intenso audível	0
Sussurro	20
Residência silenciosa	30
Estéreo baixo em Residência	40
Faixa da fala	50 - 70
Lanchonete	80
Martelo pneumático	90
Barulho alto de uma Multidão	100
Motorcicleta acelerando	100
Show de rock	120
Motor a jato (a 25 m de distância)	140

Figura 12 – Níveis de Pressão Sonora de fontes sonoras comuns.

Um medidor simples de nível sonoro combina os níveis de pressão sonora em todas as frequências fornecendo o NPS global, em dB. Medidores mais complexos têm filtros que podem medir o NPS em cada banda de oitava ou em bandas de um terço de oitavas

	Frequências Centrais das Bandas de Oitavas (Hz)								
	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ponderação-A	-40	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1
Ponderação-C	-2	0	0	0	0	0	0	0	-3

Figura 13 – Valores de Ponderação A e C discriminados em frequência.

Conforme mencionado anteriormente, calcular o NPS de duas fontes não é tão simples como adicionar os seus níveis individuais em decibéis. Duas pessoas conversando, produzindo cada uma 70 dBA, não é tão alto como os

separadamente, fornecendo o nível em cada banda, assim identificando o espectro do som. Medidores de nível sonoro podem também “ponderar” o nível de pressão sonora ajustando o nível em frequências diferentes, antes de combinar os níveis em um nível global ponderado. Por exemplo, a ponderação-A reduz o nível do som em baixas frequências para simular as variações da sensibilidade do ouvido em frequências distintas. Os valores da ponderação-A são indicados como dBA para diferenciá-los dos níveis não ponderados em dB. Similarmente, valores da ponderação-C são indicados como dBC. A ponderação-C reduz ligeiramente o nível sonoro abaixo de 50 e acima de 5000 Hz, mas é quase uniforme no região central deste intervalo, podendo ser usada para aproximar uma leitura não ponderada, em dB, do medidor de nível sonoro que oferece apenas ponderações-A ou -C. A comparação dos níveis de ponderação-A e -C para uma dada fonte sonora, pode fornecer uma estimativa aproximada da distribuição de frequências. Se os dois níveis estiverem próximos em 1 ou 2 dB, a maior parte do ruído está acima de 500 Hz. Se os dois níveis variarem mais que alguns dB, uma parcela significativa do ruído está nas baixas frequências. Para converter os níveis de pressão sonora não ponderados de banda de oitava em níveis ponderados A ou C, adicione ou subtraia os valores indicados na Figura 13 das bandas de frequência correspondentes. Em seguida, some os níveis das bandas de oitavas (dois de cada vez, conforme explicado abaixo) para obter o valor global em dBA ou dBC.

140 dBA de um motor a jato. Para combinar dois valores em decibéis, estes devem ser convertidos para pressão ao quadrado, somados e convertidos novamente para decibéis. Os cálculos podem ser aproximados usando a Figura 14.

Diferença entre dois valores em decibéis	Quantidade a ser adicionada ao maior valor
0 ou 1	3
2 ou 3	2
4 a 9	1
10 ou mais	0

Figura 14 – “Adição” de decibéis.

Se um som é muito maior que outro, o som maior mascara o mais baixo, sendo o nível em decibéis combinado igual ao nível do som maior. Se os dois sons são igualmente altos, então o nível combinado é 3 dB maior. Mais do que duas fontes podem ser combinadas, mas elas devem ser consideradas em pares. Por exemplo, espera-se para uma sala de aula não construída 34 dBA de ruído do sistema mecânico, 32 dBA de um computa-

dor e 43dBA de um retroprojektor. Qual será o nível de pressão sonora total das três fontes ruidosas? A diferença entre os dois primeiros valores em decibéis é:  $34 - 32 = 2$ , então adicione 2 dB ao valor maior:  $34 + 2 = 36$  dBA. Em seguida combine este resultado com o ruído do retroprojektor:  $43 - 36 = 7$ , adicionando então 1 dB ao valor maior:  $43 + 1 = 44$  dBA total proveniente das três fontes ruidosas. Se o NPS da voz do professor for de 55 dBA, qual será a relação sinal/ruído na sala? Aqui,  $55 - 44 = + 11$  dB, o qual é suficiente para uma boa inteligibilidade da fala. Quão alto são os 44 dBA total quando comparado com cada fonte ruidosa individualmente? Devido à resposta do nosso sistema auditivo, nós percebemos apenas uma diferença de 3 dB. Um acréscimo de 10 dB é percebido como aproximadamente duas vezes mais alto, e o acréscimo de 20 dB é percebido quase quatro vezes mais alto.

	Coeficiente de Absorção do Som ( $\alpha$ )					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Forro de lã de vidro	0.70	0.85	0.75	0.85	0.90	0.90
Painel de lã de vidro de 2 polegadas para paredes	0.30	0.50	0.80	0.90	0.80	0.75
Bloco de concreto pintado	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	0.08
Placa de gesso	0.25	0.15	0.08	0.06	0.04	0.04
Parede ou teto de argamassa	0.14	0.10	0.06	0.05	0.04	0.03
Piso de linóleo ou ladrilho	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
Carpete fino sobre concreto	0.05	0.10	0.25	0.30	0.35	0.40
Porta de madeira	0.15	0.11	0.09	0.07	0.06	0.06
Vidro	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
Quadro Negro	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02

Figura 15 – Coeficientes de Absorção Sonora típicos para materiais de construção geralmente usados em instalações escolares.

### Tempo De Reverberação

Há mais de 100 anos, um professor de física de Harvard chamado Wallace Clement Sabine desenvolveu a primeira fórmula para o tempo de reverberação, a qual recebeu o seu sobrenome, sendo ainda bastante útil. O tempo de reverberação é definido como o intervalo de tempo necessário para o som decair em 60 dB a partir do seu nível inicial. A fórmula de Sabine é simplesmente dada por:

$$RT(60) = \frac{0,161 V}{\sum S \alpha}$$

Onde:

RT(60) = tempo de reverberação (segundos)

V = volume da sala (m<sup>3</sup>)

S = área da superfície (m<sup>2</sup>)

$\alpha$  = coeficiente de absorção do material(ais) em uma dada frequência

$\sum$  = indica o somatório de S vezes  $\alpha$  para todas as superfícies da sala

Para usar esta fórmula, o volume da sala, área de cada material na sala e os coeficientes de absorção desses materiais devem ser conhecidos. Os coeficientes de absorção são medidos em laboratórios especializados, e representam a fração da energia sonora (não nível sonoro-dB) que o material absorve entre 0 e 1. A Figura 15 mostra os coeficientes de absorção para materiais usados em salas de aula.

Um número geralmente usado é o **NRC, Coeficiente de Redução de Ruído**, o qual é simplesmente a média dos coeficientes de absorção em 250, 500, 1000 e 2000 Hz. Este número único pode ser útil para comparar a absorção relativa de dois materiais; entretanto, examinando os coeficientes de absorção em cada banda de oitavas fornece uma melhor idéia do desempenho do material em várias frequências.

O tempo de reverberação é freqüentemente calculado com a sala desocupada. Como as pessoas e suas vestimentas oferecem uma absorção sonora adicional, uma sala desocupada representa o pior caso,

entretanto ainda realista, considerando que a ocupação da maioria das salas varia. Numa análise completa, este cálculo deve ser feito em cada banda de oitava, já que o RT pode variar consideravelmente em diferentes frequências. Porém, para uma estimativa rápida, o RT de uma sala de aula pode ser calculado para apenas uma banda de oitava representativa da frequência da fala, como 1000 Hz. Se esse RT é aceitável, então o RT para as outras bandas de frequência da fala será provavelmente aceitável.

Para demonstrar o uso da fórmula de Sabine, a Figura 16 fornece um exemplo de cálculo de RT em 500 Hz para a sala de aula acusticamente pobre usada no exemplo 10a. Tente calcular o RT em 500 Hz da sala de aula acusticamente satisfatória da Figura 10b somente com a adição do forro absorvente. Note que o forro está mais baixo naquele exemplo, então o volume e áreas das superfícies irão mudar. O RT da sala de aula satisfatória é aproximadamente 0,4 segundos.

Material	S(m <sup>2</sup> )	$\alpha$ (500Hz)
Piso	(8)(10) =80	0,03
Janelas	(2)(1,7)(2,5) =8,5	0,18
Porta	(1)(2) =2	0,09
Quadro negro (1,3)(8)	0,01 =10,4	0,01
Argamassa (paredes e teto)	(80) + (3) (36) -8,5 - 2 -10,4 = 167,1	0,06

$$V = (10m)(8m)(3) = 240 \text{ m}^3$$

$$\sum S\alpha = (80)(0,03) + (8,5)(0,18) + (2)(0,09) + (10,4)(0,01) + (167,1)(0,06) = 14,2$$

$$RT(60) = \frac{(0,161) 240}{14,2} = 2,7 \text{ seg em } 500 \text{ Hz}$$

Figura 16 – Exemplo de cálculo de RT.

### Inteligibilidade Da Fala

Existem vários métodos para estimar ou prever a inteligibilidade da fala, desde o simples nível sonoro de ponderação-A até o complexo **Índice de Transmissão da Fala (STI)**. Para salas de aulas, a inteligibilidade da fala pode ser prevista a partir do tempo de reverberação e da relação sinal/ruído. Uma sala de aula com 0,5 segundo de RT e +10 dB de S/N terá aproximadamente 90 % de inteligibilidade da fala. Se o RT for mantido em 0,5 segundo, mas a S/N for reduzida para 0 dB, a inteligibilidade cai para aproximadamente 55%. Similarmente, se a S/N é de + 10 dB, e o RT for aumentado para 1,5 segundos, a inteligibilidade cai para aproximadamente 75%. E se a S/N cai para 0 dB e o RT é de 1,5 segundos, a inteligibilidade cai dramaticamente para aproximadamente 30 %. Infelizmente, esta última condição é uma realidade em algumas salas de aula nos Estados Unidos.

Testes de inteligibilidade da fala podem ser usados para medir a inteligibilidade em salas de aula. Tais testes podem ser de várias formas. Tipicamente, o orador lê sílabas sem sentido, palavras monossilábicas, ou sentenças e os ouvintes escrevem o que ouviram ou escolhem de uma lista de alternativas possíveis. A porcentagem dos itens corretamente ouvidos é uma medida da inteligibilidade da fala. Procedimentos padronizados foram desenvolvidos, que orientam na aplicação de testes, na seleção de ouvintes, no treinamento de ouvintes e oradores, e assim por diante. Existem também gravações de listas de palavras padronizadas que podem ser reproduzidas sem a necessidade do orador. Isto elimina a "leitura" de lábios e variações de fala e do nível da fala

dos oradores. Antes de iniciar o teste real, ouvintes devem praticar os testes em ambientes tranquilos, até familiarizarem-se com os procedimentos e para que os resultados estabilizem-se. (As palavras usadas são aleatoriamente escolhidas de uma lista padrão, de tal forma que os ouvintes não possam simplesmente memorizar a ordem das palavras).

Quando o teste for aplicado em sala de aula, o orador deve ler a lista do local que o professor normalmente fala. Para garantir resultados conservadores, vários ouvintes devem sentar-se juntos em qualquer área da sala de aula que tenha a mais baixa relação sinal/ruído. Este local é tipicamente no fundo, ou perto das fontes de ruído mecânico mais elevado. Qualquer ruído presente durante o uso normal da sala de aula, barulho exterior ou barulho do corredor, devem estar presentes para assegurar valores representativos da inteligibilidade da fala.

Em testes de inteligibilidade a média dos resultados dos adultos é aproximadamente 10% maior do que das crianças. Por exemplo, em uma sala de aula da série elementar, onde os ouvintes adultos obtiveram 90%, os alunos irão provavelmente obter somente 80%. Os alunos com problemas de audição ou aprendizagem, ou para aqueles que língua inglesa é uma segunda língua, irão apresentar porcentagem ainda mais baixa. Se a inteligibilidade da fala de uma sala é menor que 90%, devem ser implantados tratamentos acústicos para reduzir a reverberação e/ou melhorar a relação sinal/ruído.

**Nota:** Testar a inteligibilidade da fala não é um procedimento simples, sugerindo-se consultar profissionais. O audiólogo escolar pode ser um bom conselheiro neste caso.

	Frequência Central de Banda de Oitava (Hz)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	NC
Condicionador de ar de janela	62	67	63	60	55	50	50	40	57
Unidade com ventilador		46	47	54	48	41	30	23	50
Ruído de fundo	51	42	32	24	25	16	10	6	23

Figura 17 - Níveis de Pressão Sonora para fontes ruidosas medidas no estudo de caso. Ver as curvas NC na Figura 18

### Curvas Critério de Ruído

O nível de ruído em um ambiente pode ser efetivamente descrito com um número único chamado de critério de ruído NC. O NC é determinado pela medida do nível de pressão sonora do ruído em cada banda de oitava, plotando estes níveis em um gráfico, comparando então os resultados com as curvas NC padrão. A curva de NC mais baixa, que não exceda o espectro de ruído plotado no gráfico, corresponde ao NC do ruído. Na maioria das publicações as curvas de NC são apresentadas em intervalos de 5 para economizar espaço, mas o NC pode ser dado por qualquer outro número intermediário, não apenas em múltiplos de 5. Como ilustração do procedimento, nós iremos determinar o NC dos aparelhos de ar condicionado de janela, de unidades com ventilador e com o ruído de fundo do estudo de caso apresentado acima. (Ver Figuras 17 e 18). Foi fornecido gráfico contendo as curvas NC (Ver Figura 19).

### Nível Sonoro versus Distância

Todos nós sabemos que o nível sonoro decresce quando a distância da fonte sonora aumenta. Este decréscimo em nível sonoro é quantificado pela *lei do inverso da distância ao quadrado*. Isto é, o decréscimo da energia sonora é proporcional ao aumento do quadrado da distância. Por exemplo, se a distância do ouvinte até a fonte sonora for duplicada, a energia do som direto decresce do fator 4 ou 2 ao quadrado (2 vezes 2). Isto implica numa redução de 6 dB nível de intensidade sonora e do nível de pressão sonora do som direto para cada duplicação da distância da fonte sonora.

Vamos assumir que, em uma determinada sala de aula, a diferença média entre o nível sonoro da voz do professor e o nível de ruído de fundo da sala de aula, produzido pelo sistema de ar condicionado, é 10 dB na região dos ouvintes que estão a 3m de distância do professor. Com estes 10dB de relação sinal-ruído, a inteligibilidade da fala do professor é provavelmente satisfatória, conforme discutido na seção anterior sobre inteligibilidade da fala. Porém, se a distância entre o professor e o aluno for dobrada para 6m, a relação sinal/ruído será reduzida para aproximadamente 4 dB

(assumindo que o ruído de fundo permaneça constante e que o campo sonoro direto produzido pela voz do professor continue a predominar). Para uma distância de 9m o nível do som direto produzido pelo professor será reduzido de aproximadamente 10 dB, sendo que a relação sinal/ruído será de 0 dB, com baixa inteligibilidade da fala. Deste modo, é muito importante que o nível de ruído de fundo seja aceitável em todos os locais da sala de aula para que a relação sinal-ruído adequada seja mantida permitindo uma satisfatória inteligibilidade da fala.

### REFERÊNCIAS:

- M. Mehta, J. Johnson and J. Rocafort. *Architectural Acoustics, Principles and Design*. Prentice Hall, Columbus, Ohio, 1999
- W. J. Cavanaugh and J. A. Wilkes. *Architectural Acoustics: Principles and Practice*. John Wiley & Sons, New York, 1999
- C.M.. Salter, Ed. *Acoustics, Architecture, Engineering, the Environment*. William Stout Publishers, San Francisco, 1998.
- C. M. Harris. *Noise Control in Buildings*. Institute of Noise Control Engineering, Poughkeepsie, New York, 1997.
- R. E. Apfel. *Deaf Architects and Blind Acousticians? A Guide to the Principles of Sound Design*. Apple Enterprises Press, New Haven, Connecticut, 1998
- M. D. Egan. *Architectural Acoustics*. McGraw Hill, New York, 1988
- L. K. Irvine and R. L. Richards. *Acoustics and Noise Control Handbook for Architects and Builders*. Krieger Publishing Co., Melbourne, Florida, 1998.

### Endereço para contato

Acoustical Society of America  
Suite 1NO1  
2 Huntington Quadrangle  
Melville, NY 11747  
Phone: (516) 576-2360  
Fax: (516) 576-2377  
E-mail: asa@aip.org  
<http://asa.aip.org>

### Curvas de Critério de Ruído

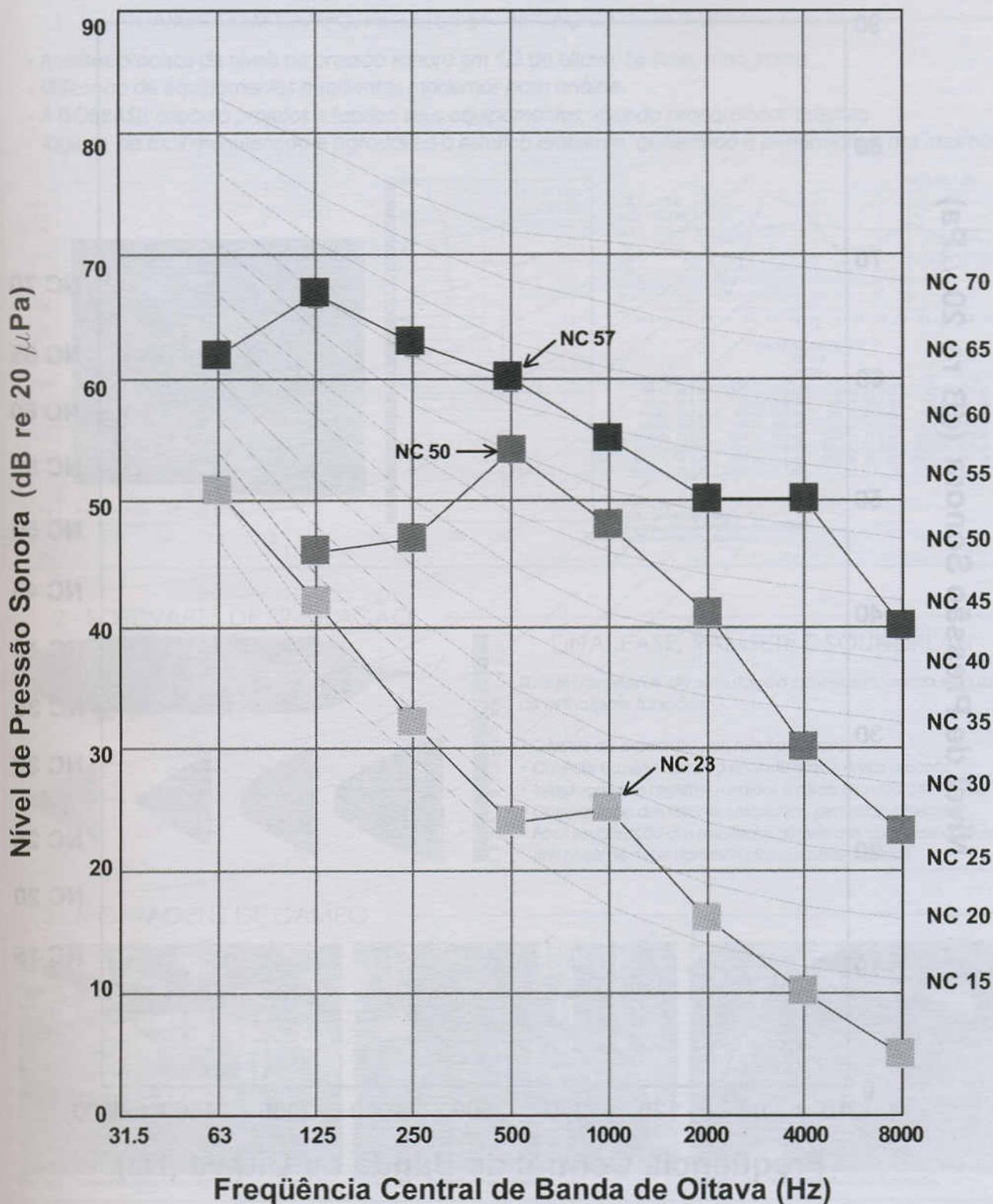


Figura 18 - Curvas Critério de Ruído para o Estudo de Caso

### Curvas de Critério de Ruído

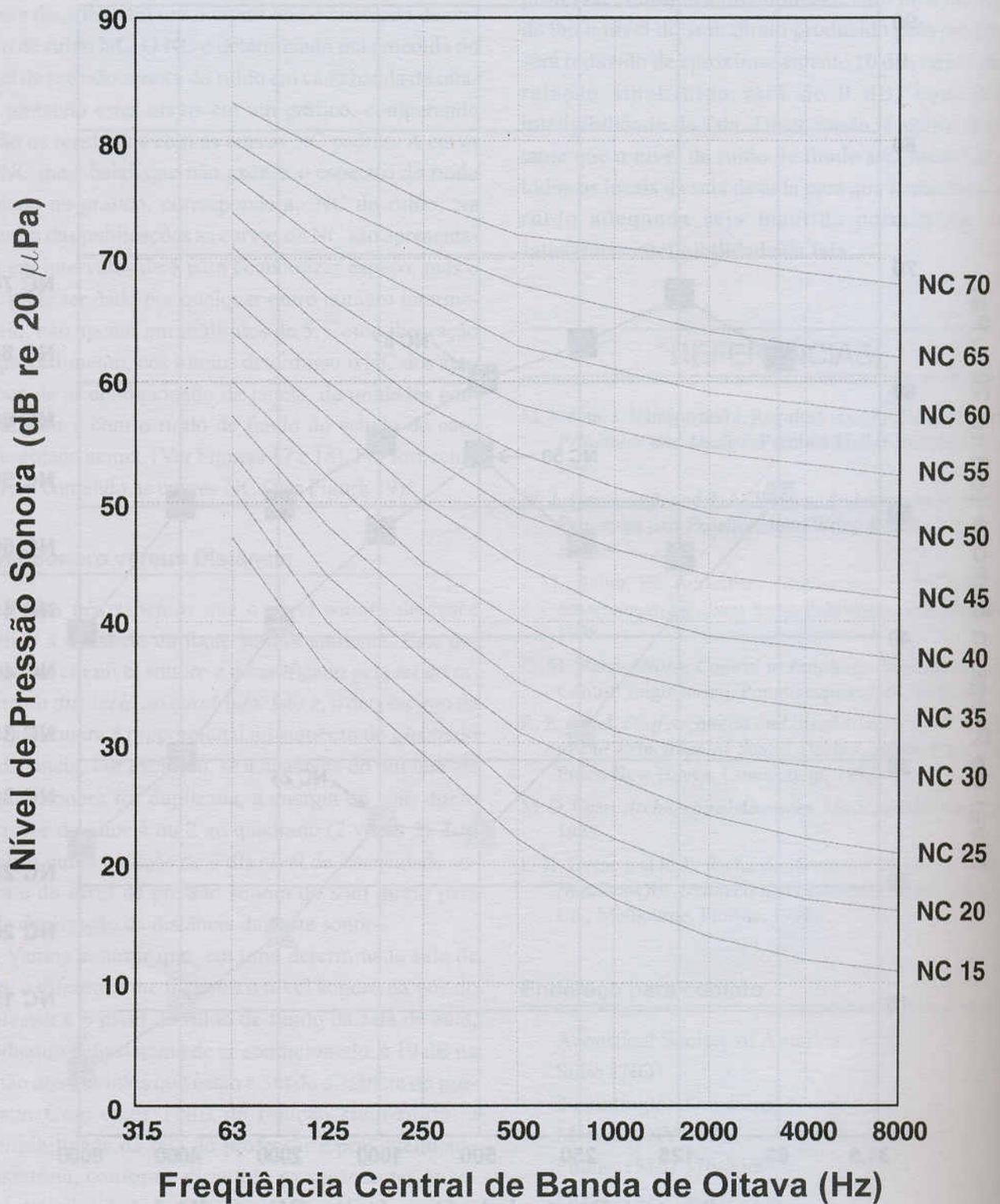
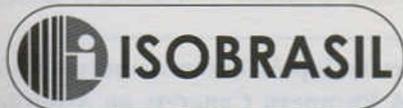


Figura 19 - Curvas Critério de Ruído

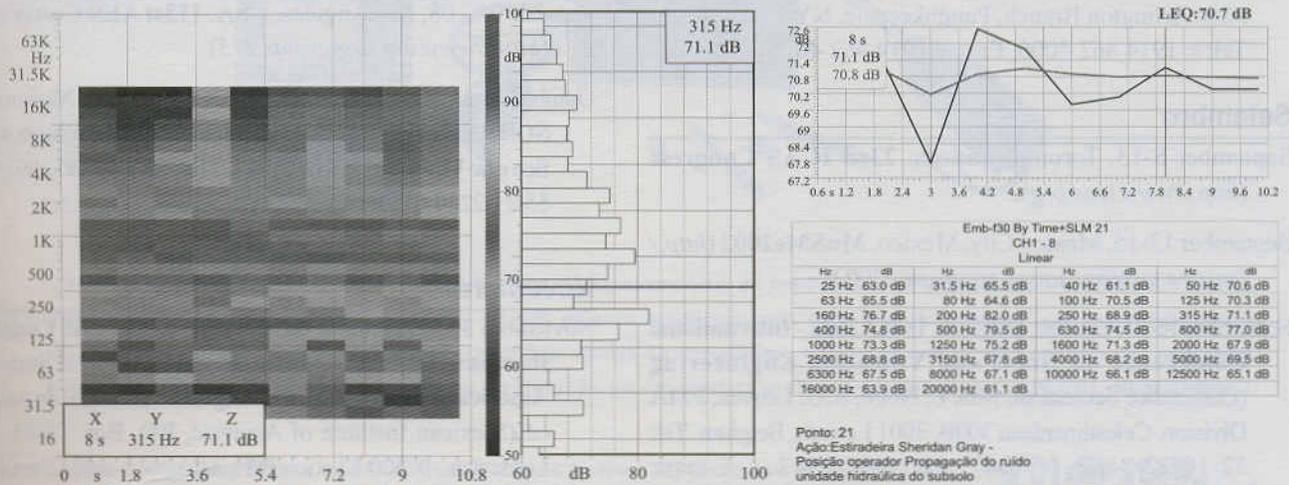


Isolamentos Termo-Acústicos

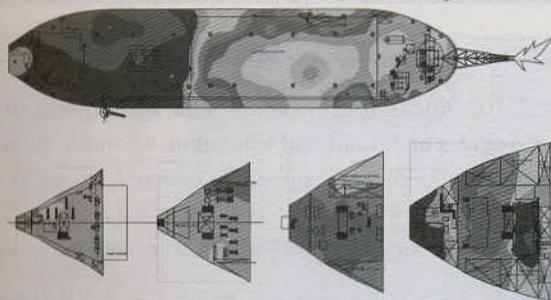
# PROCESSOS DE ELABORAÇÃO DE ENGENHARIA ACÚSTICA

## 1 - LEVANTAMENTO EM CAMPO, PROJETOS E FABRICAÇÃO

- Análises precisas de níveis de pressão sonora em 1/3 de oitava, by-time, sonograma.
- Utilização de equipamentos e softwares modernos para análise.
- A ISOBRASIL executa projetos e fabrica seus equipamentos, visando proporcionar sistemas lógicos, de fácil manutenção e agradáveis a estética ambiente, garantindo a performance dos mesmos.



## 2 - SOFTWARES DE SIMULAÇÃO



### DNA, EASE, RAMSETE E SOUNDPLAN

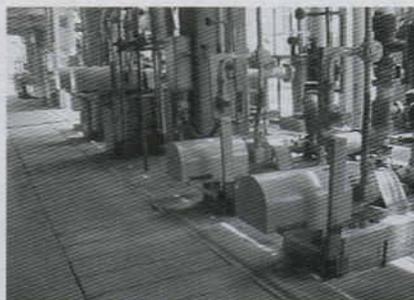
Tais ferramentas de simulação oferecem como recurso as principais funções:

- Cálculo da expectativa de ruído ambiente.
- Controle do nível de ruído em indústrias e áreas urbanas.
- Integração dos registros medidos e níveis de ruído permitidos.
- Comparação dos valores calculados, permitido e medido.
- Fácil visualização dos resultados através das curvas de contorno dos níveis de ruído apresentadas em cores distintas.

## 3 - MONTAGENS DE CAMPO



FIAT - MG - Cabine Acústica Linha de Corte



TRIKEN - BA - Abafadores de Motores



OXITENO - BA - Tratamento Acústico Tubulações

ISOBRASIL LTDA.

Rua Domingos Monteiro, 333 - Jardim Industrial - CEP 32215-380

Tels.: (31) 3361-8777 / 3363-6331 - Fax: (31) 3361-8889 - Contagem - MG

e-mail: isobrasil@terra.com.br

# CONGRESSOS E EVENTOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS

## Agosto

Agosto 18 - 23, Moscow, Rusia. **International Symposium on Nonlinear Acoustics (ISNA-16)** (ISNA-16, Department of acoustics, Physics Faculty, Moscow State University, 119899. Moscow, Russian Federation. Fax: +7 095 939 1370, e-mail: [isna19@acs336b.phys.msu.su](mailto:isna19@acs336b.phys.msu.su), <http://www.acs336b.phys.msu.su/isna16>)

Agosto 19 - 21, Dearborn, Michigan, USA. **INTERNOISE 2002**. (Institute of Noise Control Engineering. P.O. Box 3206 Arlington Branch, Poughkeepsie, NY 12603, USA. Tel: + 1914 462 4006, Fax: + 1914 462 4006)

## Setembro

September 8-13, Toronto, Canada. **23rd ICAS Congress** (<http://www.icas.org>).

September 12-15, Mexico City, Mexico. **MuSMe2002** (<http://musme.mixcoac.upmx.mx/musme2002>).

September 16-21, Leuven, Belgium. **ISMA2002 - International Conference on Noise and Vibration Engineering** (Conference Secretariat: Mrs. L. Notré, K.U. Leuven, PMA Division, Celestijnenlaan 300B, 3001 Leuven, Belgium. Tel: 32-16-32-2482, Fax: 32-16-32-2987. E-mail: [lieve.notre@mech.kuleuven.ac.be](mailto:lieve.notre@mech.kuleuven.ac.be); <http://www.isma-isaac.be>).

Septiembre 16 - 20, Sevilla, España. **Forum Acusticum Sevilla 2002; 3rd EAA European Congress on Acoustics; Tecniaústica 2002; Symposium - Europeo-Japonés; EAA-SEA-ASJ** (Sociedad Española de Acústica, c/Serrano 144, 28006 Madrid España. Fax: + 34 9141176 51, e-mail: [sea@fresno.esic.es](mailto:sea@fresno.esic.es), <http://www.ia.esic.es/sea/index.html>, <http://www.cica.es/aliens/forum2002>)

## Outubro

October 05 - 08, Los Angeles, USA. **113st AES Convention** (<http://www.aes.org/events/113>)

Outubro 22-24, Rio de Janeiro, Brasil. **XX Encontro Nacional da SOBRAC e II Simpósio Internacional de Metrologia Acústica e de Vibrações - SIBRAMA**. (Tel: 55-21-2220-2097/Fax: 55-21-2220-0350/ e-mail: [sibrama@inmetro.gov.br](mailto:sibrama@inmetro.gov.br))

## Novembro

Noviembre 30 - Diciembre 06, Cancún, México. **III Congreso Iberoamericano de Acústica, Reunión 144 de la Sociedad Americana de Acústica, 9º Congreso Mexicano de Acústica** (Mexican Institute of Acoustic, P.O. Box 75805, Col Lindavista, 07300 Mexico D.F., Mexico. e-mail: [sberista@maya.esimez.ipn.mx](mailto:sberista@maya.esimez.ipn.mx); <http://Hasa.aip.org/caneun.html>)

---

## 2003

---

June 23 - 25, Cleveland, Ohio, USA. **NOISE-CON 03, The 2003 National Conference and Exposition on Noise Control Engineering**. Contact: Institute of Noise Control Engineering, P.O. Box 3206 Arlington Branch, Poughkeepsie, NY 12603, USA. Telephone: +1 914 462 4006; FAX: +1 914 463 0201. e-mail: [hq@ince.org](mailto:hq@ince.org).

July 7-10, Stockholm, Sweden. **The 10th International Congress on Sound and Vibration**. Scientific questions: [icsv10@fkt.kth.se](mailto:icsv10@fkt.kth.se). Congress Secretariat: Congrex Sweden AB; Phone: +46 8 459 66 00; Fax: +46 8 8 661 91 25; e-mail: [icsv10@congrex.se](mailto:icsv10@congrex.se); Web: [www.congrex.com/icsv10](http://www.congrex.com/icsv10)

Agosto 14-15, São Bernardo do Campo, Brasil. **VII Simpósio de Acústica Veicular - SIBRAV**. (Tel./Fax: 55-11-4399-3318 / e-mail: [helcio.onusic@daimlerchrysler.com](mailto:helcio.onusic@daimlerchrysler.com))

---

## 2004

---

18th ICA Congress e 04 - 09 Abril Kyoto, Japón Web: <http://Hwww.ica2004.or.jp>.

IV Congresso Iberoamericano de Acústica. Guimarães, Portugal. [www.fia.ufsc.br](http://www.fia.ufsc.br).

---

## 2005

---

July, Lisboa, Portugal. 12th International Congress of Sound and Vibration. [www.iiav.org](http://www.iiav.org).

# inter-noise 2002

The 2002 International Congress and  
Exposition on Noise Control Engineering  
2002 August 19-21

## Announcement and Call for Papers

### *Transportation Noise*

#### **Congress Secretariat**

Hild Peersen, INTER-NOISE 02  
Department of Mechanical Engineering  
The Ohio State University  
206 West 18<sup>th</sup> Avenue  
Columbus, OH 43210-1107, USA

Phone: +1 614 292 9044

Fax: +1 614 292 3163

e-mail: [hp@internoise2002.org](mailto:hp@internoise2002.org)

[www.internoise2002.org](http://www.internoise2002.org)

#### **INTER-NOISE 02 President**

Rajendra Singh  
The Ohio State University  
e-mail: [singh.3@osu.edu](mailto:singh.3@osu.edu)

#### **Technical Program Chair**

Ahmet Selamet  
The Ohio State University  
e-mail: [selamet.1@osu.edu](mailto:selamet.1@osu.edu)

#### **Proceedings Editors**

Ahmet Selamet  
George Maling  
Rajendra Singh

#### **Exposition Manager**

Richard J. Peppin  
e-mail: [PeppinR@asme.org](mailto:PeppinR@asme.org)

#### **SPONSORS & ORGANIZERS**

International Institute of Noise Control  
Engineering (I-INCE)  
<http://i-ince.org>

Institute of Noise Control Engineering of  
the USA (INCE/USA)  
<http://ince.org>

SAE International  
<http://www.sae.org>

Canadian Acoustical Association  
<http://www.uwo.ca/nca/caa>

The Center for Automotive Research at  
The Ohio State University.  
<http://car.eng.ohio-state.edu>

INTER-NOISE 02, the 31st International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, will be held at the Hyatt Regency Dearborn Hotel in Dearborn, Michigan, USA on 2002 August 19-21. Sponsored by the International Institute of Noise Control Engineering, it will be organized by the Institute of Noise Control Engineering of the USA (INCE/USA) and The Ohio State University's Center for Automotive Research (CAR) in cooperation with SAE International and the Canadian Acoustical Association. Professors Rajendra Singh and Ahmet Selamet of The Ohio State University will be the Congress President and Technical Program Chair, respectively. The INTER-NOISE 02 secretariat will be at The Ohio State University.

The theme of INTER-NOISE 02 is *Transportation Noise* as it relates to automobiles, trucks, motorcycles, off-road vehicles, trains, subways, aircraft, helicopters, ships, and recreational vehicles. However, technical papers in all areas of noise control engineering are welcome, including: noise sources, airborne and structure-borne noise paths, noise and vibration control devices, active control techniques, modeling and simulation software, mid-frequency range analysis problems, measurements techniques and test facilities, characterization of materials, vehicle noise standards, building acoustics, community and environmental noise, legislation and regulations, effects of noise and urban planning policies.

A major equipment exposition will be held at INTER-NOISE 02. The exhibits will include computer-based instrumentation, multi-channel analyzers, sound quality systems, software for noise & vibration control analyses, acoustical materials, passive noise control devices, active control systems, and other products. Richard Peppin of Scantek, Inc. will serve as the Exposition Manager.

An INCE special seminar on *Noise Control Materials: Properties and Effective Use* (at the Dearborn conference site) as well as a symposium on *Recreational Noise* (in Key Largo, Florida) are being planned for just before INTER-NOISE 02. Also ACTIVE 02, the 2002 International Symposium on Active Control of Sound and Vibration, will be hosted by the Institute of Sound and Vibration Research in the United Kingdom on 2002 July 15-17. The symposium is being organized in cooperation with INCE/USA.

A Sound Quality Symposium (SQS 02) will be held on the day after INTER-NOISE 02 ends. The General and Technical Program Co-Chairs are Gordon Ebbitt of Lear Corporation and Patricia Davies of Purdue University. Papers on all topics related to sound quality are welcome and, in particular, papers on appliance and automotive sound quality; the integration of sound quality, acoustic modeling and optimization; perceptions of sounds with (multiple) modulations; spectral balance issues and response to low frequency noise; influence of tones; and quantification of binaural effects. An exhibition of sound quality software and hardware vendors is also planned, along with a poster area for sample projects and case studies. The SQS 02 secretariat will be at the Ray W. Herrick Laboratory, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA.

# INTER-NOISE 02 Scientific Advisory Committee

Chair: George Maling, USA

R. Bernhard, USA  
B. Berry, UK  
J. Bradley, Canada  
B. Challen, UK  
P. Dickinson, New Zealand

S. Geroges, Brazil  
T. Gjestland, Norway  
R. Hellweg, USA  
T. Kihlman, Sweden  
Y.H. Kim, Korea

L. Koss, Australia  
M. Munjal, India  
K. Pesonen, Finland  
T. Sone, Japan  
H. Tachibana, Japan

J. Tichy, USA  
J. Tourret, France  
G. Vermeir, Belgium  
T. ten Wolde, The Netherlands

## Contributions for INTER-NOISE 02 Are Welcome

Papers related to the technical areas listed below are especially welcome for presentation at **INTER-NOISE 02**, but technical papers in all areas of noise control may be submitted for inclusion in the technical program. Abstracts must be submitted in the format enclosed with this announcement. The deadline for receipt of abstracts for both INTER-NOISE 02 and SQS 02 is **2001 November 15**. Manuscripts for publication in the conference and symposium proceedings are due on **2002 March 15**. Papers related to the topics below will, when possible, be presented in INTER-NOISE 02 special sessions.

### NOISE SOURCES

Brake Noise (J. Thompson)  
Engine Noise (R. Kach, S. Penkevich)  
Powertrain Components (P. Thawani)  
Drivetrain Noise (R. Sears)  
Squeak & Rattle (J. Luo)  
Tire Noise (S. Jha, K. Xie)  
Motorcycle Noise (D. Jaeger)  
Noise from Recreational Vehicles (P. Dickinson, C. Wassilieff, M. Hunt)  
Earth Moving Vehicle Noise (C. M. Richards)  
Rotorcraft Noise (H. Vinayak)  
Turbomachinery, Pumps, and Compressor Noise (M. Lucas)

### NOISE CONTROL METHODS & MATERIALS

Damping Materials (W. Semrau, D. Sophia)  
Visco-elastic Material Characterization (Y. Berthelot)  
Acoustic Materials (P. Saha)  
Mufflers and Silencers (N. Dickey, P. Radavich)  
Mounts & Shock Absorbers (M. Rao)  
Vibro-Acoustic Design of Vehicles (J. Kim)  
Smart Material Systems & Structures for Noise & Vibration Control (T. Royston)  
Affordable Active Noise & Control Technology (K. Ng)  
Active Control of Transportation Noise (S. Sommerfeldt)

### BUILDING ACOUSTICS

Sound Insulation of Buildings Against Transportation Noise (J. Bradley)  
Measuring & Predicting Flanking Transmission in Residential Constructions (T. Nightingale)  
Impact Sound Transmission and Rating Floor Systems (A. Warnock)

### MODELING & SIMULATION METHODS

Effective Usage of Software Codes for Noise Control (A. Seybert)  
Boundary Elements (N. Vlahopoulos, M. Allen)  
Computational Methods in Structural Acoustics (J. Farstad)  
Mid-Frequency Range Vibro-Acoustic Methods (T. C. Lim)  
SEA Application to Vehicle Noise Control (R. Powell, T. Onsay)

### MEASUREMENT TECHNIQUES

Acoustic Facilities (K. Cunefare)  
Instrumentation for Vehicle Problems (J. Nieters)  
Exterior and Interior Facilities for Pass-by Noise (R. Schumacher)  
Localization of Sources Using Intensity and NAH Type Materials (G. Lauchle, A. Mann III)  
New Measurement Methods for Product Noise Emissions (R. Hellweg, M. Nobile)  
Sound Quality (S. Zorea)

### COMMUNITY & ENVIRONMENTAL NOISE

Community Noise (L. Finegold)  
Environmental Noise Criteria (P. Schomer, J. Vos, B. Schulte-Fortkamp)  
Entertainment Noise: Criteria & Control (C. Menge, M. Weber)

*Updates will be posted on the web-site  
Refer to the web site for e-mail addresses of session organizers*

## SQS 02 Topics of Particular Interest

All papers on sound quality are welcome, however papers in the following areas are particularly sought.

appliance and automotive sound quality

spectral balance issues and response to low frequency noise

instrumentation for sound quality

the integration of sound quality acoustic modeling and optimization

influence of tones on sound quality cultural effects in the perception of sound quality

perceptions of sounds with (multiple) modulations

quantification of binaural effects cross modal effects

## INTER-NOISE 02 AND SQS 02 VENUE

Dearborn is in the Detroit (Michigan) metropolitan area that is well recognized for its automotive industry. As the heart of American automotive manufacturing, it offers the perfect opportunity for discussion of current issues in the area of noise control engineering. In fact, this industry has become a world leader in contemporary noise control engineering, and some unmatched experimental facilities are now located in the Detroit area. Therefore, this congress should provide business opportunities and contacts.

The conference will be held at the Hyatt Regency Dearborn. This luxury hotel is the ideal place for conference activities as well as social events for attendees and their guests. It is close to the world-famous Henry Ford Museum and the historic Greenfield Village, a re-creation of American life from the 1600s through the early inventions of the 1900s. This village offers interactive and hands-on activities (such as sampling Abraham Lincoln's favorite meal and hearing Thomas Edison's voice), which are sure to appeal to all ages. Other attractions in the Dearborn area include, among others, the Detroit Zoo, Detroit Tigers Baseball, Detroit Institute of the Arts, Motown Historical Museum, Detroit Science Center, Diamond Jack's River Tours, etc. The hotel is adjacent to the Fairlane Town Center shopping mall, which offers a variety of restaurants as well as all the amenities of a large commerce center. Detroit offers a variety of wonderful culinary tastes including its legendary Greek Town in downtown Detroit next to its Renaissance Center. In addition to the offerings of Detroit, Northern Michigan and Southern Ontario (Canada) also offer attractive vacationing venues. This includes the annual Stratford Theater Festival, renowned for their Shakespeare productions, which runs April through October. Information on pre-arranged tours and vacationing opportunities will be provided in the registration materials.

The Hyatt Regency Dearborn hotel is in a suburban location and is easily accessible from the Detroit Metro Airport (about 20 minutes by limousine). Northwest Airlines and KLM maintain a major hub at this airport, with direct service to European and Pacific-rim countries, as well as to all major cities within North America. As the official airline for INTER-NOISE 02 Northwest/KLM will offer discounts for domestic as well as international travel to INTER-NOISE 02. When making your reservation you will need to give the booking agent the WordFile number **RBAC2** in order to receive the discount. Northwest/KLM is not able to extend this offer to certain parts of the globe (Africa, Australia and parts of Asia), however their policies may change so please call and inquire about the offer from your destination.

Suggested web sites: [www.visitdetroit.com](http://www.visitdetroit.com) [www.culturenet.ca/stratford](http://www.culturenet.ca/stratford)  
[www.city.windsor.on.ca](http://www.city.windsor.on.ca) [www.nwa.com](http://www.nwa.com)  
[www.michigan.org](http://www.michigan.org) [www.klm.com](http://www.klm.com)

### REPLY COUPON

Please return this coupon if you are interested in attending INTER-NOISE 02, SQS 02, Recreational Noise, and/or INCE Seminar

Name \_\_\_\_\_

Address \_\_\_\_\_

City \_\_\_\_\_ State \_\_\_\_\_

Postal Code/Zip \_\_\_\_\_ Country \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

Please return this coupon to: INTER-NOISE 02 Secretariat,  
The Ohio State University; Department of Mechanical  
Engineering; 206 West 18<sup>th</sup> Ave; Columbus, OH, 43210-  
1107, USA or e-mail: [hp@internoise2002.org](mailto:hp@internoise2002.org)

I am interested in attending INTER-NOISE 02  
I am interested in presenting an INTER-NOISE 02  
technical paper

I am interested in attending SQS 02  
I am interested in presenting a SQS 02  
technical paper  
I am interested in attending the INCE Seminar  
I am interested in attending the Recreational  
Noise symposium  
I am interested in presenting a Recreational  
Noise Symposium technical paper  
My company may be interested in  
participating in the INTER-NOISE 02  
equipment exposition  
I would like to organize a special session for  
INTER-NOISE 02 SQS 02

If a line above is checked, the subject area of  
the special session could be

Any other comments or suggestions

## Calendar of Events, Summer 2002

ACTIVE 2002	July 15-17	ISVR, UK	<a href="http://www.isvr.soton.ac.uk/ACTIVE2002">www.isvr.soton.ac.uk/ACTIVE2002</a>
Recreation Noise Symposium	August 12-14	Key Largo, FL, USA	<a href="http://www.internoise2002.org">www.internoise2002.org</a>
INCE Seminar	August 15-16	Dearborn, MI, USA	<a href="http://www.internoise2002.org">www.internoise2002.org</a>
INTER-NOISE 02	August 19-21	Dearborn, MI, USA	<a href="http://www.internoise2002.org">www.internoise2002.org</a>
SQS 02	August 22	Dearborn, MI, USA	<a href="http://www.SQS2002.org">www.SQS2002.org</a>

### Second Recreational Noise Symposium

The U.S. National Park Service, Harris Miller Miller & Hanson Inc. and Massey University of New Zealand are organizing a *Recreational Noise Symposium* that will be held in the week prior to INTER-NOISE 02 in Key Largo, Florida near both Biscayne and Everglades National Parks. This symposium will focus exclusively on the issues raised by the presence of human-produced sounds in park and natural recreation/preservation settings. We expect to examine not only the technical acoustic issues, but also park management and policy issues, and the sociological issues associated with noise intrusions into recreational settings.

Please consider joining us 2002 August 12 -14 and presenting papers in one or more of the following areas:

Park experiences with intruding sounds  
Acoustic data collection and analysis issues

Park management policy questions  
Effects of human-produced sounds on visitor experience,  
on wildlife and on natural habitats

We've chosen Key Largo not only for the beauty, history and variety of recreational activities possible, but also because the nearby Biscayne and Everglades are among the U.S. National Parks most heavily affected by the noise produced by recreation, development and transportation pressures. Both parks provide living examples of the many issues raised by trying to preserve natural soundscapes in the face of competing demands ñ both for recreation and for commerce. Our web site will be available through [www.internoise2002.org](http://www.internoise2002.org)

### INCE Special Seminar *Noise Control Materials: Properties and Effective Use*

The 2002 INCE Seminar will focus on the physical and acoustical properties of materials widely used in noise control applications. Specific topics include: types of porous materials and the macroscopic properties that control their behavior, acoustical properties of noise control materials, guidelines on effective selection and use, experimental methods for characterization of porous materials, elastic porous materials compared with limp porous materials, and finite element modeling of systems containing acoustical materials and its use in optimal design procedures. The seminar is taught by Dr. J. Stuart Bolton (Professor of Mechanical Engineering, Ray W. Herrick Labs, Purdue University) and takes place at the Hyatt Regency Dearborn Hotel August 15-16, 2002. Fees will be announced at a later date. This seminar is sponsored by The Institute of Noise Control Engineering of the USA.

For more information please see the web site: [www.internoise2002.org](http://www.internoise2002.org)

## SQS 02 Contact Information

#### Symposium Secretariat and Technical Program Office

Ginny Freeman  
Ray W. Herrick Labs, Purdue University,  
West Lafayette, IN 47907-1077, USA  
Email: [herlconf@ecn.purdue.edu](mailto:herlconf@ecn.purdue.edu)  
Phone: +1 765 494 6078  
Fax: +1 765 494 0787  
Internet: <http://www.SQS2002.org>

#### General and Technical Program Chairs

**Gordon Ebbitt**,  
Lear Corp., Southfield, MI  
Email: [gebbitt@lear.com](mailto:gebbitt@lear.com)  
**Patricia Davies**  
Ray W. Herrick Labs, Purdue University  
Email: [daviesp@ecn.purdue.edu](mailto:daviesp@ecn.purdue.edu)

#### Proceedings Editor

Patricia Davies  
Ray W. Herrick Labs, Purdue University  
Email: [daviesp@ecn.purdue.edu](mailto:daviesp@ecn.purdue.edu)  
Phone: +1 765 494 9274  
Fax: +1 765 494 0787.

#### Local Organizing Committee

Gordon Ebbitt, Mark Jay, Shuo Wang,  
Lear Corp., Southfield, MI, USA

SQS 02 is sponsored by  
The Institute of Noise Control Engineering  
of the USA.  
[www.ince.org](http://www.ince.org)

#### European Liaison

Josef Hobelsberger,  
Müller BBM,  
Phone: +49 89 85602 237  
Email: [hb@mbbm.de](mailto:hb@mbbm.de)

#### Asian Liaison

Hideo Suzuki  
Department of Network Science  
Chiba Institute of Technology  
Phone: +81 47 478 0291  
Email: [suzuki@net.it-chiba.ac.jp](mailto:suzuki@net.it-chiba.ac.jp)

## FORMAT FOR SUBMISSION OF ABSTRACTS

# inter-noise 2002

# SQS- 2002

**2002 August 19-22  
Dearborn, Michigan, USA**

Abstracts for INTER-NOISE 02 and SQS 02 can **ONLY** be submitted through **E-MAIL**. The abstract must be submitted in the body of an e-mail message and **NOT** as an attachment of any kind. Authors should not use special characters or equations in the abstract. Please use the following format for both conferences and mail your abstract to the correct e-mail address.

For **INTER-NOISE 02**, the e-mail message should be sent to [hp@internoise2002.org](mailto:hp@internoise2002.org)  
The subject of the email should be: **INTER-NOISE 02 Abstract Submission.**

For **SQS 02** the email message should be sent to [herlconf@ecn.purdue.edu](mailto:herlconf@ecn.purdue.edu)  
The subject of the email should be: **SQS 02 Abstract Submission.**

- I. Paper Title. Capitalize only the initial letter and special letters such as: American, BEM, etc. (20 words maximum)
- II. INCE Subject Classification (Please classify your paper using the **detailed** classification of subjects at [www.internoise2002.org](http://www.internoise2002.org))
- III. First author's name, address (including country), telephone number, FAX, and e-mail (essential) for correspondence
- IV. Additional authors' names and addresses (if any)
- V. Indicate specific type of paper
  - Invited Paper (include the session title and chair)
  - Contributed Paper
  - Paper for poster session
- VI. Text of the Abstract
  - The text of the abstract must not exceed 200 words. The text should be typed double-spaced and should include 1) a brief description of the problem being addressed, 2) why the problem is important, 3) a description of the original contribution of the work, and 4) pertinent conclusions.

Sample abstracts will be posted on the web site.

Receipt of your abstract will be acknowledged within 2 weeks, along with an abstract identification number. Your abstract will be published with only minor copy editing in a booklet to be available at the conference. Final manuscripts must be submitted in the PDF format by 2002 March 15. A service to convert popular file formats to PDF may be requested.

All registrants for INTER-NOISE 02 will receive a printed booklet containing all abstracts, the final technical program, and a CD that will include all INTER-NOISE 02 papers. Conference organizers reserve the right to schedule papers for appropriate sessions and appropriate format (poster versus technical sessions).

**THE DEADLINE FOR RECEIPT OF ABSTRACTS IS 2001 NOVEMBER 15**

# inter.noise 2002

2002 August 19-21

## SQS- 2002

2002 August 22

### IMPORTANT DUE DATES:

Abstracts: 2001 November 15  
Via E-mail Only

Manuscripts: 2002 March 15  
In PDF Format Only

An Invitation to Exhibit

at

**INTER-NOISE 2002**

The 2002 International Congress and Exposition  
on  
Noise Control Engineering

at the

*Hyatt Regency Dearborn  
Dearborn, Michigan, USA*

Exposition Dates:

2002 August 19-21 (INTER-NOISE)

2002 August 22(SQS)

INTER-NOISE 2002 is sponsored by the International Institute of Noise Control Engineering and is being organized by the Institute of Noise Control Engineering of the USA and The Ohio State University Center for Automotive Research in cooperation with SAE International and the Canadian Acoustical Association.

*Exposition Management: Richard J. Peppin  
Scantek, Inc., 7060 #L Oakland Mills Rd.,  
Columbia, MD 21046, USA*

*Telephone: +1 410 290 7726, Fax: +1 410 290 9167*

*E-mail: PeppinR@asme.org*

[www.internoise2002.org](http://www.internoise2002.org)

[www.SQS2002.org](http://www.SQS2002.org)

INTER-NOISE 02  
Department of Mechanical Engineering  
The Ohio State University  
206 West 18<sup>th</sup> Ave.  
Columbus, OH 43210-1107, USA



# THE 3<sup>RD</sup> EAA CONVENTION EUROPEAN ACOUSTICS ASSOCIATION

Integrating:  
TECNIACÚSTICA 2002  
XXXII National Meeting of SEA

EAA – ASJ Joint Symposium

SEVILLA - Spain

16 – 21 September 2002

1<sup>st</sup> Announcement

## About Sevilla

Sevilla is one of the most representative historical cities of Spain, integrating Roman, Arab, Jewish and Christian cultures in a monumental ensemble along the Guadalquivir river.

Nowadays, Sevilla is a modern town, with an important University, industries, etc., and was the siege of a Universal Exhibition in 1992. Consequently, the city has an important modern hotel network.

Sevilla is located in Andalucia, in the southern part of Spain, and is world-wide connected by plane, and directly with Madrid by High Speed Train (AVE) and plane.

## Further information

To receive the complete Announcement and Call for Papers, please contact with SEA by e-mail or complete the form overleaf and return it to:

FORUM ACUSTICUM 2002  
Sociedad Española de Acústica  
Serrano, 144  
E – 28006 Madrid – Spain  
e-mail <sea@fresno.csic.es>  
Tel.: +34 91 561 88 06. ext. 056  
Fax: +34 91 411 76 51

Please visit our homepage at  
<http://www.ia.csic.es/sea/index.html>



SOCIEDAD ESPAÑOLA  
DE ACÚSTICA



THE ACOUSTICAL  
SOCIETY OF JAPAN

## Introduction

The E.A.A. Board entrusted the organisation of FORUM ACUSTICUM 2002 to the Spanish Acoustical Society (SEA), and the campus of the Seville School of Architecture was chosen as the convention place. FORUM ACUSTICUM 2002 will be held from 16th to 21st September 2002.

A joint Symposium with the Japanese Acoustical Society (ASJ) will take place in parallel with FORUM ACUSTICUM.

The Convention is jointly organised by

- Sociedad Española de Acústica
- Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla
- Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción, Universidad de Sevilla
- Instituto de Acústica, CSIC

FORUM ACUSTICUM 2002 will bring together experts from all fields of acoustics and provide a European space for the open exchange of the up-to-date scientific and engineering information.

The Program will consist of invited and contributed papers presented as lectures, oral presentations and posters, as well as Special Sessions. A Technical Exhibition will be organised, gathering the main specialised firms in the field.

An attractive social programme for participants and accompanying persons will be organised.

## Participants and call for papers

Interested persons are invited to fill the adjoining preliminary Application Form, and return it without any delay.

## Publications

The invited lectures and papers will be part of the Convention Proceedings.

## Sponsors

The Junta de Andalucía (Autonomic Government), the Ayuntamiento de Sevilla (Municipality), Sevillana de Electricidad, and Caja de Ahorros "El Monte", among other institutions, have offered to patronise FORUM ACUSTICUM 2002.

## Social activities

Among other activities, receptions, excursions in the town and surroundings, as well as other well known nearby places:

- Official reception at the Real Alcázar of Seville (castle)
- Historical and artistic Seville city tour
- Jerez (Sherry) tour, including wine cellar visits

The participants and accompanying members will have the opportunity of enjoying the hospitality of the "sevillanos" and of the beautiful climate of the region in September.

# FORUM ACUSTICUM 2002

September 16-21, 2002 • Sevilla, Spain

Preliminary registration form. Please, return this form without any delay.

*Please, type or print*

Name \_\_\_\_\_ First name \_\_\_\_\_

Organisation, institution, firm \_\_\_\_\_

Address \_\_\_\_\_

City / Country \_\_\_\_\_ Postcode \_\_\_\_\_

Phone: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_ e-mail: \_\_\_\_\_

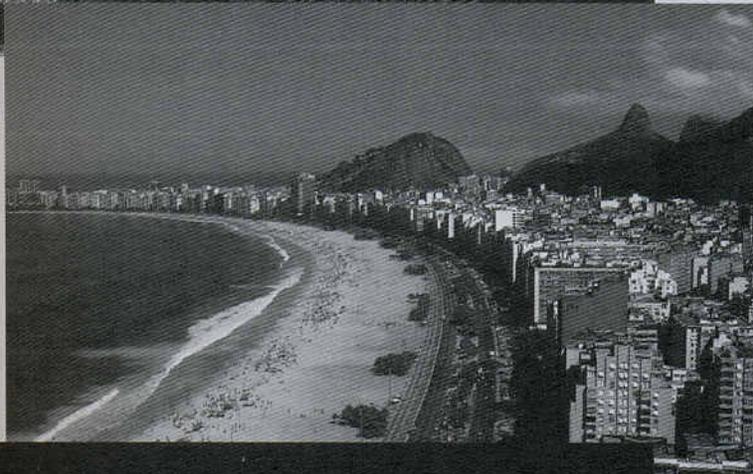
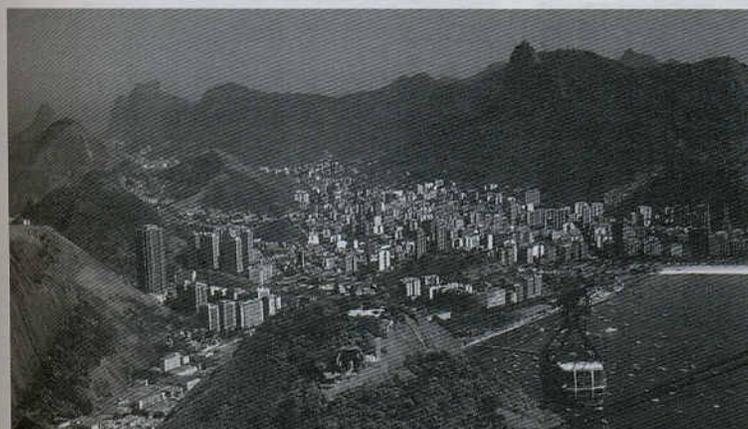
- I am interested in presenting a paper.
- Please, send me Technical Exhibition information.

# RIO 2002 SOBRAC

QUALIDADE ACÚSTICA: DESAFIO PARA A METROLOGIA

22 A 24 DE OUTUBRO DE 2002

RIO DE JANEIRO - BRASIL



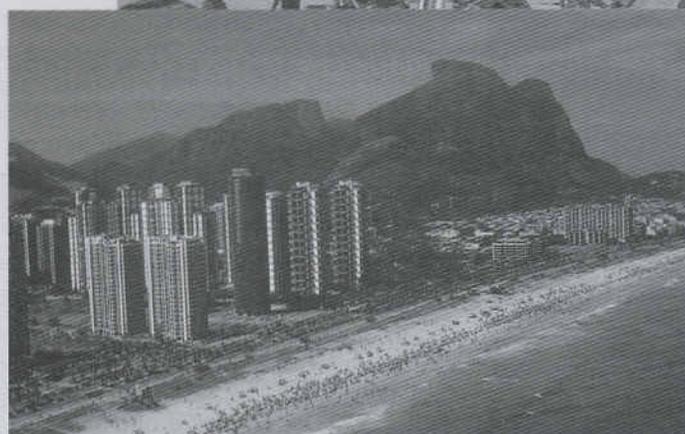
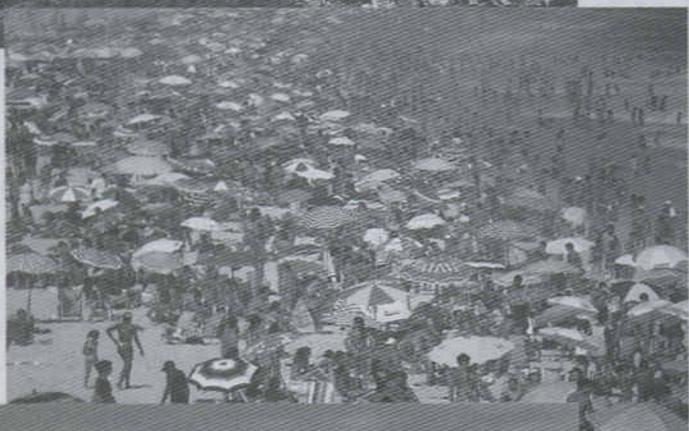
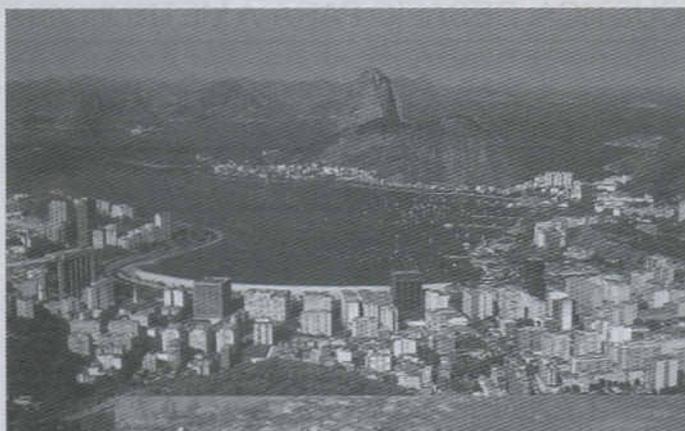
No ano de 2002 a Sociedade Brasileira de Acústica -SOBRAC e a Divisão de Acústica e Vibrações do INMETRO completam 18 anos de existência. Para comemorar esta data o INMETRO está tendo a honra de organizar o XX Encontro da SOBRAC juntamente com o II Simpósio Internacional de Metrologia Acústica e de Vibrações -II SIBRAMA.

Ambos os eventos terão lugar em Copacabana, nos dias 22, 23 e 24 de Outubro de 2002.

O tema central do Simpósio será **Qualidade Acústica: Um desafio para a metrologia**, e tem como objetivo geral discutir a qualidade no sentido mais amplo da palavra, abrangendo desde a qualidade dos sistemas de reprodução sonora como alto-falantes e caixas acústicas, passando pela qualidade acústica de produtos e de ambientes fechados como salas de aula, teatros e outros, até a qualidade acústica das fontes sonoras propriamente ditas.

Estão previstas pelo menos quatro palestras de pesquisadores internacionais, uma sobre o desempenho de alto-falantes e caixas acústicas, outra sobre a qualidade acústica de salas de aula, uma terceira sobre os atributos acústicos de fontes sonoras e outra sobre a instrumentação utilizada na área de acústica. Outras palestras estão programadas, sempre antecedendo as sessões técnicas.

Da mesma forma que nos anos anteriores, a mesas redondas, relacionadas aos temas mais importantes da área de acústica e vibrações no Brasil serão promovidas, sempre com o objetivo de aumentar a massa crítica.



Como sempre em nossos encontros e congressos, serão bem-vindos trabalhos técnicos em todos os demais assuntos da área de acústica, conforme listados no segmento deste informativo.

Seguindo a prática dos últimos eventos da SOBRAC, os três melhores trabalhos técnicos apresentados serão julgados e premiados pela Comissão Técnica Científica do Simpósio.

A equipe organizadora espera proporcionar um evento abrangente, profissional, e bastante simpático, como tem sido a tônica dos encontros organizados pela Sociedade Brasileira de Acústica.

#### Áreas de interesse

- Qualidade acústica de salas
- Qualidade acústica dos produtos
- Qualidade dos sistemas de reprodução sonora
- Métodos de medição em acústica e vibrações
- Instrumentação em acústica e vibrações
- Simulação numéricas
- Ruído e vibrações veiculares
- Audiologia
- Ruído e vibrações em ambientes de trabalho
- Ruído em áreas habitadas
- Acústica em edificações
- Normalização em acústica e vibrações

- Programas de controle de ruído e vibrações

#### Comissão Organizadora

Walter Erico Hoffmann

*Coordenador Geral*

José Augusto do Jesus de Azevedo

*Coordenador de patrocínio*

Mário Pimentel

*Coordenador da feira de exibição técnica*

Marco Antonio Nabuco de Araujo

*Coordenador da comissão técnica científica*

Suzanna Gueiros

*Coordenadora técnica do evento*

Monica Andrade

*Secretaria geral*

#### Datas importantes

Data limite para submissão de resumos:

*15 de abril de 2002*

Data limite para o trabalho completo:

*31 de agosto de 2002*

#### Endereço para correspondência:

META Eventos

Av. Nilo Peçanha, 50 – Sala 1610.

Centro – Rio de Janeiro – RJ

CEP:20044-900

*2<sup>nd</sup> Announcement*

# 1<sup>st</sup> Joint Meeting

Acoustical Society of America

Iberoamerican Federation of Acoustics

Mexican Institute of Acoustics

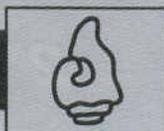


**December 2–6, 2002  
Cancun, Mexico**

This special meeting will bring together acousticians from around the world in all fields of acoustics.



<http://asa.aip.org/cancun.html>



144<sup>th</sup> Meeting of the  
Acoustical Society of America

3<sup>rd</sup> Iberoamerican  
Congress of Acoustics

9<sup>th</sup> Mexican Congress on Acoustics

The first joint meeting of the Acoustical Society of America (ASA), the Iberoamerican Federation of Acoustics (FIA) and the Mexican Institute of Acoustics (IMA) will be held along the beautiful coastline of Cancun, Mexico at the Hotel Fiesta Americana Coral Beach. This premier hotel is located on a lovely beach, and also is near the main shopping mall. Cancun is located on the Yucatán Peninsula and lies in the heart of the Mexican Caribbean Sea. It is the gateway to the ancient Mayan sacred cities of Chichén-Itzá, Tulum, Uxmal and Cobá, and to the marvelous natural sites of Mujeres Isle, Cozumel and Xel-há. Tours of the Yucatán Peninsula will occur after the conference ([www.yucatan.gob.mx](http://www.yucatan.gob.mx)). The Hotel is about 30 minutes from the Cancun airport which is served by direct flights on many major airlines.

**JOINT MEETING**

As a joint meeting of the ASA, FIA and IMA, this conference will bring together experts from all fields of acoustics, including topics and short courses of special importance to acousticians in Mexico, South America, Spain and Portugal.

**TECHNICAL PRESENTATIONS**

The meeting will consist of plenary lectures, invited and contributed papers, poster sessions, exhibits and tutorials on all aspects of acoustics and standards. A series of tutorial lectures is being planned for 2 December and 6 December which will cover the general fields of architectural acoustics and noise.

144<sup>a</sup> Reunião da  
Sociedade Americana de Acústica

III Congresso Iberoamericano  
de Acústica

9<sup>o</sup> Congresso Mexicano de Acústica

A primeira reunião conjunta da Sociedade Americana de Acústica, da Federação Iberoamericana de Acústica e do Instituto Mexicano de Acústica será realizada na belíssima costa de Cancún - México, no Hotel Fiesta Americana Coral Beach. Este hotel é 5 estrelas e está localizado numa bela praia em frente ao principal shopping center. A cidade mexicana de Cancún está localizada na Península de Yucatán, no coração do Mar do Caribe. Ela é a porta das cidades sagradas Mayas de Chichén-Itzá, Tulum, Uxmal, Cobá e das maravilhosas ilhas naturais de Mujeres, Cozumel, Xel-há, Xcaret e ilha de Contay ([www.yucatan.gob.mx](http://www.yucatan.gob.mx)). Após o evento haverá tours para a Península de Yucatán. O hotel está cerca de 30 minutos do aeroporto de Cancún, que tem vôos diretos das maiores cidades no mundo.

**REUNIÃO CONJUNTA**

Por se tratar de uma reunião conjunta da ASA, da FIA e da IMA, esta conferência reunirá especialistas de todas as áreas de acústica, incluindo temas e tutoriais especiais para o México, América do Sul, Espanha e Portugal.

**APRESENTAÇÕES TÉCNICAS**

A reunião é composta de sessões plenárias, tutoriais, exposição, palestrantes convidados e sessões temáticas em tópicos especiais cobrindo todas as áreas de acústica e normas. Sessões tutoriais são propostas nos dias 2 e 6 de dezembro em acústica arquitetônica e ruído.

**Request for Call for Papers**

Please add my name to the mailing list for the 2002 Cancun meeting

Por favor incluyan mi nombre para envío de información de la reunión de Cancún 2002

Favor colocar meu nome na lista da reunião 2002 Cancún

Name \_\_\_\_\_ Title \_\_\_\_\_

Organization/Institution \_\_\_\_\_

Address Street/PO \_\_\_\_\_

City/State, Province/Country \_\_\_\_\_

E Mail address \_\_\_\_\_ Phone \_\_\_\_\_ Fax \_\_\_\_\_

### Call for Papers

In May 2002, the Call for Papers will be mailed to all members of ASA, FIA, IMA and to those persons who have submitted a request form from either the first or second announcement. The Call for Papers will also be available at that time on [asa.aip.org](http://asa.aip.org)

### Abstracts

Submission Date: 28 June 2002

Maximum Length: 200 words

All submitted abstracts must be in English. The preferred language for lecture and poster presentations at the meeting will be English, although oral presentations in Spanish and Portuguese will be permitted if the authors include English in their slides and posters. After receiving an acceptance notice for their abstract, authors will have the option to submit a paper which will be published on CD-ROM. Further details will be included in the Call for Papers. Although abstracts may be submitted in all fields of acoustics, a preliminary list of topics on which special sessions will be based is printed at right. If you are interested in organizing a special session, please contact a member of the Technical Committee.

### Exhibition

An exhibit is planned for the meeting. Persons interested in participating in the exhibit should contact Robert Finnegan, ASA Show Manager, [rfinneg@aip.org](mailto:rfinneg@aip.org) 516-576-2433.

### Post-Meeting Excursion

A visit to Chichén-Itzá is planned for Saturday and Sunday, December 7 and 8. Plans are being made for a demonstration of the special acoustics of the Mayan temple at the site.

### Hotel Accommodations

A block of rooms has been reserved for the meeting at the headquarters hotel, the Fiesta Americana Coral Beach Hotel, Cancun. In addition, rooms will be available at the nearby Hyatt Hotel, Cancun. Further details regarding room reservations will be contained in the Call for Papers.

Acoustic Automatic Target Recognition  
Acoustic Metrology  
Aircraft Noise  
Amphibian Bioacoustics Honoring Robert Capranica  
Archaeological Acoustics  
Bioacoustics as a Conservation Tool  
Bioacoustic Resonance Spectroscopy  
Bubbles, Drops and Foam  
Classroom Acoustics  
David Weston Memorial Session  
Duct Acoustics and Vibration  
Electrophysiological Investigations  
Energy Methods – Vibroacoustic Analysis and Control  
Environmental Noise Planning  
Feature Extraction and Models from Speech  
Guitar Acoustics  
Hearing Aid Technology  
Hearing Protection  
Hotel Acoustics and Noise Control  
Internet Protocol Voice Quality Over the Internet  
Issues of Bilingualism  
Lithotripsy  
Measurement of Community Noise  
Metrology, Standards and Testing in Acoustics,  
    Ultrasound and Vibration  
Noise Control Concept Sketches  
Noise in Urban Communities  
Old Musical Artifacts  
Perception and Production of Hearing Impaired  
Reconstruction of Acoustic Radiation from  
    Vibrating Structures  
Structural Intensity – Analysis, Measurement  
    and Control  
Standards Program Review  
Synthetic Aperture Sonar  
"Take Fives" – Demonstrations in Acoustics  
The Seismic Coda  
Seismic Signal Processing  
Ultrasound Mediated Drug Delivery  
Undergraduate Research Papers  
Underwater Acoustic Measurement Laboratories  
Using Ambient Sound in the Ocean  
Vocal Tract Imaging  
Wind Instrument Impedance Measurements

### Technical Committee

Kevin Shepherd, ASA	<a href="mailto:k.p.shepherd@larc.nasa.gov">k.p.shepherd@larc.nasa.gov</a>
Sylvio R. Bistafa, FIA	<a href="mailto:sbistafa@usp.br">sbistafa@usp.br</a>
Felipe Rolando Menchaca, IMA	<a href="mailto:menchaca@pollux.cic.ipn.mx">menchaca@pollux.cic.ipn.mx</a>

To be placed on the mailing list for the Call for Papers of the Joint Meeting, please mail in the attached form.

### Organizing Committee

James West (ASA), Co Chair  
Sergio Beristain (IMA), Co-Chair  
Samir Gerges (FIA), Co-Chair  
Kevin Shepherd, Technical Program Chair  
Charles Schmid, Vice Chair  
Rebeca de la Fuente, Cultural Program

### Acoustical Society of America

Suite 1101, 2 Huntington Quadrangle  
Melville, NY 11747-4502, USA  
Phone: 516-576-2360 • Fax: 516-576-2377  
E-mail [asa@aip.org](mailto:asa@aip.org)  
web page <http://asa.aip.org>

### Mexican Institute of Acoustics

P.O. Box 75805, Mexico City 07300, Mexico  
Phone: 52-5-682-5525 • Fax: 52-5-523-4742  
E-mail: [sberista@hotmail.com](mailto:sberista@hotmail.com)  
web page: <http://gama.fime.uam.mx/acustica/ima.html>

### Iberoamerican Federation of Acoustics

Federal Univ. of Santa Catarina  
Dept. of Mech. Eng., Lab. of Vibration & Acoustics  
Cx. Postal 476  
Florianópolis, SC 88040900 Brazil  
Phone: 55-48-234-4074 • Fax: 55-48-331-9677  
E-mail [fia@mbox1.ufsc.br](mailto:fia@mbox1.ufsc.br)  
web page <http://www.fia.ufsc.br/>

---

## MAIOR CONGRESSO DE ACÚSTICA EM CANCUN

---

144 ASA, 9º IMA E III FIA

---

CANCUN DE 01 A 06 DE DEZEMBRO DE 2002

---

Uma Realização conjunta da Associação Americana de Acústica (ASA), Instituto Mexicano de Acústica (IMA) e Federação Ibero-americana de Acústica (FIA). A FIA é uma entidade formada pelas associações de acústica da Argentina (AdAA), Brasil (SOBRAC), Chile (SochA), México (IMA), Peru (SPEA), Portugal (SPOA) e Espanha (SEA) com grupos de acústica da Venezuela e Uruguai.

- ASA está apoiando financeiramente a participação de número limitado de alunos e participantes autores – acompanhe a chamada no home page;
- A Sessão está sendo organizada pelos membros de ASA, IMA e FIA:
  - AA Acústica Arquitetônica
  - AB Bioacústica Animais
  - AO Oceanografia Acústica
  - BB Biomédico Ultra-som e Bioresposta de Vibrações
  - EA Engenharia Acústica
  - EA Educação em Acústica
  - UM Acústica Musical
  - NS Ruído
  - PA Acústica Física
  - PP Psicoacústica e fisioacústica
- Acústica Estrutural e Vibrações
- SC Comunicação de Fala
- SP Processamento de Sinais
- UW Acústica Submarina
- Todos os autores devem submeter o resumo em inglês na home page da ASA (obrigatório) que será publicado na revista da JASA do evento, com possibilidade de submeter o paper completo (opcional) em inglês, espanhol ou português que será publicado em CD;
- Será realizada uma feira de produtos acústicos tais como livros, normas, materiais, equipamentos, software, informações sobre bolsas de estudos, empregos, etc. fornecendo informações e tecnologia mais avançada existente no mercado mundial;
- Será fornecido dois tutoriais em “Room Acoustics” e “Noise Control” de 3 horas cada;
- Está sendo organizada uma visita com uma noite para medições, análises, ..etc (número limitado)
- Verifique a necessidade de visto para entrada em Cancun - México e faça sua reserva de hotel e viagem para conseguir preço baixo e garanta o seu lugar.

---

VISITE O SITE PRINCIPAL <[HTTP://ASA.AIP.ORG](http://asa.aip.org)>

---

---

27º CONGRESSO INTERNACIONAL DE SAÚDE NO TRABALHO (ICOH 2003):

---

23 A 28 DE FEVEREIRO DE 2003

---

FOZ DO IGUACU - PARANÁ - BRASIL

---



---

## CONVITE PARA INSCRIÇÃO DE TEMAS LIVRES

---

### **Data-limite: 15 de maio de 2002!**

Convida-se, através deste edital, a todos os profissionais que desejarem inscrever Temas Livres, tanto na forma de apresentação oral quanto na forma de pôsteres. A inscrição dos resumos deve ser feita em Inglês, em formulário próprio. Em princípio, as apresentações de Temas Livres estão limitadas a, no máximo, dois temas para apresentação oral e dois temas para apresentação na forma de pôsteres, por autor. É importante ter em conta que os resumos apresentados serão analisados quanto ao seu mérito científico e originalidade, e os resumos aprovados somente serão incluídos na programação científica do Congresso e no livro de resumos, se a inscrição no Congresso for feita até, no máximo, dia **31 de outubro de 2002**.

### **Correspondência**

#### **Relacionada Com os Resumos**

---

### **Confirmação de Recebimento**

Até, no máximo, dia 31 de maio de 2002, cada autor receberá uma confirmação de que seu trabalho foi recebido pela Secretaria do Congresso.

### **Julgamento**

Os Resumos serão avaliados e julgados pelo Comitê Científico do Congresso, bem como pelos Comitês Científicos da ICOH e outros grupos de trabalho que constituem a ICOH.

### **Confirmação de Aceite**

No correr do mês de Agosto de 2002, os autores cujos Resumos (*abstracts*) tiverem sido aceitos, serão devidamente comunicados, por via eletrônica, ocasião em que serão também informados sobre a forma de apresentar seus Temas Livres (oral ou pôster) no Congresso.

### **Inscrição no Congresso**

**O autor principal, que apresenta o trabalho, deverá, necessariamente, estar registrado no Congresso, com sua inscrição paga, até, no máximo, dia 31 de Outubro de 2002. Caso contrário, seu trabalho não será incluído no Programa Final do Congresso.**

### **27º Congresso Internacional de Saúde no Trabalho (ICOH 2003)**

Secretaria: Rua Cândido de Abreu, 200 Galeria Sala 6  
80530-902 Curitiba-PR Brasil

Telefone/ Facsímile: +55 41 353-6719

Correio Eletrônico da Secretaria:

[icoh2003@icoh2003.com.br](mailto:icoh2003@icoh2003.com.br)

Correio Eletrônico para os Resumos:

[abstract@icoh2003.com.br](mailto:abstract@icoh2003.com.br)

Website: [www.icoh2003.com.br](http://www.icoh2003.com.br)

---

VISITE O SITE PRINCIPAL <[WWW.ICOH2003.COM.BR](http://WWW.ICOH2003.COM.BR)>

---



---

## FIFTH EUROPEAN CONFERENCE ON NOISE

---

MAY 19 - 21, 2003

---

NÁPOLES, ITÁLIA

---



Dear friend and colleague,

After London in 1992, Lyon in 1995, Munich in 1998 and Patras in 2001, the next European Conference on Noise Control EURONOISE 2003 will be held in Naples, Italy from May 19 to May 21, 2003.

The conference is organized by the Acoustical Society of Italy (AIA) in cooperation with the European Acoustics Association (EAA). On the behalf of the organizing committee, it is our pleasure to invite you to attend this important technical and scientific event which in the aim to bring together groups, institutions and organizations from all over the world that have worked, are working and will work on noise control in the next years.

By sharing experiences, results and future projects, the participants will define The European challenge for a better sound environment, which is the general theme of EURONOISE 2003.

Following the tradition, the conference will offer up-to-date plenary lectures and structured sessions on specific topics. A preliminary list is available; it includes: Aircraft noise, Railway noise and vibration, Road traffic noise, Transportation noise modelling, Noise mapping, Effects of noise on human health, Outdoor sound propagation, European legislation on noise, Active noise control, Active vibration control, Structural acoustics, Building acoustics modeling, Machinery noise, Product sound quality, Computational acoustics, Noise control materials and devices, Acoustical measurement techniques.

To attain the goal of the Conference, your suggestions to increase or ameliorate the above list are kindly solicited.

A technical exhibition will be held during the 3-days conference. The exhibition will include acoustical materials, passive and active devices for noise control, software for acoustical instrumentation and analyses, noise measurement instruments.

Last but not least, we would like to spend some words on the host site Naples: a city where you will find a mix of centuries of history and art (from the Ancient Romans to the Bourbon Kings), landscape beauties (the sea, the islands, the coast, the Vesuvio and Pompei) and charming people with a unique way to face life.

To enjoy Naples, we will share with you a large variety of social events and tours.

The information about the congress will be updated on our web-site continuously.

Somebody told that nothing is worth after seeing Naples. No doubt he was exaggerated, but will be happy if you will try by yourself this experience and join us at EURONOISE 2003.

Carmine Ianniello and Luigi Maffei  
General Chairmen.

---

### Important Dates

---

**Deadline for abstract:**

10th of November, 2002

**Acceptance notice mailed to authors:**

20th of December, 2002

**Deadline for manuscripts.**

**Deadline for advanced registration:**

20th of February, 2003

---

### Conference Secretariat

---

Euronoise 2003

Conference Secretariat

DETEC- University of Naples Federico II

Piazzale Tecchio 80,

80125 Naples, Italy

Tel. +39-081-7682649; +39-081-7682325

Fax. +39-081-2390364

e-mail: [euronoise2003@euronoise2003.it](mailto:euronoise2003@euronoise2003.it)

<http://www.euronoise2003.it>

# VII - SIBRAV - 2003

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ACÚSTICA VEICULAR  
BRAZILIAN SYMPOSIUM OF VEHICLE ACOUSTICS

VIAJANDO NO FUTURO

TRAVELLING IN THE FUTURE

DATA: 14 E 15 DE AGOSTO DE 2003

DATES: 14 AND 15, AUGUST, 2003

CHAMADA DE TRABALHOS

ENVIAR RESUMO 300 PALAVRAS ATÉ 10.03.2003

E-MAIL: HELCIO.ONUSIC@DAIMLERCHRYSLER.COM

CALL FOR PAPERS

SEND ABSTRACT 300 WORDS TILL MARCH, 10<sup>TH</sup>, 2003

E-MAIL: HELCIO.ONUSIC@DAIMLERCHRYSLER.COM

LOCAL DO EVENTO / PLACE OF THE EVENT:  
UNIFEI - SÃO BERNARDO DO CAMPO SP  
BRASIL

REALIZAÇÃO:

**SOBRAC**

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA  
BRAZILIAN ACOUSTIC SOCIETY

INFORMAÇÕES SOBRE PATROCÍNIO E/OU EXPOSIÇÃO  
INFORMATION ON SPONSORSHIP AND/OR EXPOSITION  
MRS. ISAMARA - TEL./FAX: +55 (11) 4399 3318  
EMAIL: ISAMARAPIMENTEL@UOL.COM.BR

APOIO / SUPPORT



Prefeitura do Município de  
São Bernardo do Campo



**SAE BRASIL**  
Seção São Paulo

COMISSÃO ORGANIZADORA  
ORGANIZING COMMITTEE

- \* ALEXANDRE NUNES / GENERAL MOTORS
- \* HELCIO ONUSIC / DAIMLERCHRYSLER / IFUSP
- \* HONÓRIO LUCATTO / WAYTECH
- \* LUIZ CARLOS FERRARO / DAIMLERCHRYSLER
- \* MARCELO HAGE / DAIMLERCHRYSLER
- \* MARCOS PIAI / BRÜEL&KJAER
- \* MÁRIO CARDOSO PIMENTEL / VIBRANIHIL
- \* SADAO HAYASHI / NHT

## Esses são os sócios regulares da SOBRAC em 2002:

### EFETIVOS REGULARES

ADMIR BASSO  
AIRTON NABARRETE  
ALBERTO PAIM DA COSTA  
ALBERTO TAMAGNA  
ALEXANDRE KLAUSING CASTRO  
ALEXANDRE LUIZ AMARANTE MESQUITA  
ALICE HELENA BOTEON RODRIGUES  
ANTONIO BORGES  
ANTONIO KATSUSHI FUJIMOTO  
ARCANJO LENZI  
BAPTISTA LEONEL CAMPANA  
CÂNDIDA DE ALMEIDA MACIEL  
CARLOS ALBERTO GHEDINI VOLCOV  
CARMEN LÚCIA PEZZETE LORO  
CELITO CORDIOLI  
CLAÚDIA VIEIRA CARESTIATO CORDEIRO  
CLAUDIO ANTÔNIO DE ABREU  
CLAUDIO FERNANDES DE CASTRO  
CLEMENT ZULAR  
CONRADO SILVA DE MARCO  
DAVI AKKERMAN  
DUILIO TERZI  
DULCE CLAUDIA JOSÉ VIANA  
EDUARDO GIAMPAOLI  
ELVIRA B. VIVEIROS DA SILVA  
EVELYN JOICE ALBIZU  
FERNANDO A. N. CASTRO PINTO  
FERNANDO HENRIQUE AIDAR  
FERNANDO JORGE DE SOUZA ANTOUN  
FERNANDO LUIZ FREITAS FILHO  
FLAVIO MAYA SIMÕES  
FLOGÊNCIO RIBEIRO NOVAIS  
FRANCISCO ALEXANDRE ROCHA PINTO  
FRANCISCO C. LINHARES DA FONSECA  
GABRIEL RIOS CRUZAT  
GEORGE ANDRE MONTENEGRO GRIESER  
GILMAR LUIZ PACHECO ROTH  
GIOVANNA RUBINO DE OLIVEIRA SILVESTRI  
HELICIO ONUSIC  
HELTON LUIZ SANTAN OLIVEIRA  
HONORIO CAVICCHIOLI LUCATTO  
HUMBERTO YUTAKA KAGOHARA  
IEDA CHAVES PACHECO RUSSO  
IRENE FERREIRA DE SOUZA DUARTE SAAD  
IVAN BRESSANE NIELSEN  
JAIR FELICIO  
JEANNE DENISE BEZERRA DE BARROS  
JOÃO AFONSO ABEL JANKOVITZ  
JOAO CANDIDO FERNANDES  
JOAO GUILHERME S. FIGUEIROA  
JOSÉ GERALDO QUERIDO  
JOSÉ MOACIR NASCIMENTO PINTO  
JOSÉ OVÍDIO PERES RAMOS  
JOSÉ POSSEBON  
LUCIANE CLEONICE DURANTE  
LUCIANO NAKAD MARCOLINO  
LUIZ TADEU LOPES DE FREITAS  
LUIZ ANTONIO PERRONE FERREIRA DE BRITO  
LUIZ AUGUSTO MUHLE  
LUIZ CARLOS CHICHERCHIO  
LUIZ CARLOS NORA  
LUIZ GOMES DE MELLO  
LUVERCY JORGE DE AZEVEDO FILHO  
MANOEL MARTELETO  
MARCIO BOCCATELLI  
MARCO ANTONIO DE MENDONÇA VECCI  
MARCO JULIANI  
MARCOS ESCADA  
MARCOS FERNANDO PIAI  
MARCUS ALVES DA SILVA FRANÇA  
MARIA DE LOURDES MOURE  
MARIA LUIZA R. BELDERRAIN  
MARIO CARDOSO PIMENTEL  
MAURICIO PAZINI BRANDÃO  
MAURICY CESAR RODRIGUES DE SOUZA  
MILTON VILHENA GRANADO JR  
MOYSES ZINDELUK  
NEYLA ARROYO LARA  
NICOLAI FILIMONOFF  
PAULO EDUARDO FRANÇA PADILHA  
PAULO HENRIQUE TROMBETTA ZANNIN  
PEDRO LUIZ FERRADOR  
PÉRIDES SILVA  
RENATO MASSAO NAGANO  
RENE P. KAZIMOUR  
RICARDO EDUARDO MUSAFIR  
RICARDO MURILO DIAS  
RICARDO RIBEIRO PEREIRA

ROBERTO F.A. CAPPELETTI  
ROBERTO JORDAN  
ROSELY MARIA VELLOSO CAMPOS  
RUBENS FELIZARDO MORENO  
RUDOLF M. NIELSEN  
RUYSDAEL ZOCOLI  
SADI POLETTI  
SAMIR NAGI YOUSRI GERGES  
SAMUEL CASTANON PENHA VALLE

SCHAIA AKKERMAN  
SERGIO FRANCISCO XAVIER DA COSTA  
SERGIO LUIZ GARAVELLI  
SILVERIO LUIZ FUSCO  
SYLVIO REYNALDO BISTAFA  
THELMA ALCANTARA  
THELMA REGINA DA SILVA COSTA  
WANDERLEY MONTEMURRO  
WILSON JOSE MACEDO BARRETO

---

### ESTUDANTES REGULARES

---

ADRIANA BRASIL DO AMARANTE  
ALEXANDRE MORAIS DE OLIVEIRA  
ANA CRISTINA WINCK MAHL  
ANASTÁCIO PINTO GONÇALVES  
CALMON BORGES DA SILVA JUNIOR  
CASIMIRO JOSÉ GABRIEL  
CHRISTIAN GONÇALVES HERRERA  
DANIEL FERREIRA DE PANTA PAZOS  
DENISE DA SILVA CLARO  
DINARA XAVIER DA PAIXÃO  
GERMANO RIFFEL  
GILBERTO BULLING

GLAUCIA MARA FURTADO VIEIRA  
JOÃO GABRIEL L. DE MIRANDA  
JOÃO HENRIQUE DINIZ GUIMARÃES  
JOÃO LUIS CAZAROTO  
JOSÉ BISMARCK DE MEDEIROS  
JOSÉ FLÁVIO SILVEIRA FEITEIRA  
JÚLIO A CORDIOLI  
MARCIO GUIMARÃES MATTOS  
NARA IONE MEDINA SCHIMITT  
OSCAR GEOFFROY SCHMIDT  
RODRIGO JOSÉ DE ANDRADE VIEIRA  
SORAIA FALCÃO MALAFAIA

---

### INSTITUCIONAIS REGULARES

---

01 DB- STELL BRASIL ENGENHARIA E COMÉRCIO  
LTDA  
ART TÉCNICA PEÇAS EM ESPUMAS LTDA  
ATENUA-SOM IND. E COM. LTDA  
BOEHRINGER INGELHEIM DO BRASIL QUIM.E FARM.  
LTDA  
CICLOPE - VAT S/C LTDA  
CONAV ENG. E ISOLAMENTO  
COPENE - PETROQUÍMICA DO NORDESTE  
DAIMLER CHRYSLER DO BRASIL S/A  
DRM ACUSTECNI COM. E CONS. LTDA  
DURÁVEIS EQUIP DE SEG LTDA  
ELETRONICA SELENIUM S/A  
FRAS-LE S.A.  
FUNDAÇÃO EDSON QUEIROZ  
GROM - EQUIP. ELETROMECÂNICOS LTDA  
ILLBRUCK INDUSTRIA LTDA

INSTITUTO METODISTA IZABELA HENDRIX  
ISOBRASIL LTDA  
LOPES & ORLANDI LTDA  
NHT NOISE HARSHENESS TECHNOLOGY S/C LTDA  
PUCRS - BIBLIOTECA CENTRAL  
RAMALHO COMERCIAL LTDA.  
ROCKFIBRAS LTDA  
SONOFLEX DO BRASIL S.A  
TECELAGEM LADY LTDA  
TECUMSEH DO BRASIL  
UNIVALI - BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIME - UNIÃO METROPOLITANA DE EDUCAÇÃO E  
CULTURA  
VERMICULITA ISOLANTES TERMO ACUSTICOS LTDA  
VIBRANIHIL-COM IND AMORT DE VIBRAÇÕES  
VIBRASOM TECNOLOGIA  
VIB-TECH CONSULTORIA E COMERCIO LTDA



## RESULTADO DA ELEIÇÃO DA SOBRAC 2002-2005

Conforme o Art.27, inciso V do Estatuto da SOBRAC, realizou-se no dia 07 de maio de 2002 a apuração dos votos do processo eleitoral para diretoria, conselho e coordenadorias regionais de São Paulo e do Rio de Janeiro.

Com o resultado da apuração, a Diretoria da SOBRAC para 2002-2005 passa a ser constituída por:

Presidente: Samir N.Y. Gerges  
Vice-Presidente: José Augusto de Azevedo  
1º Secretário: Mauricy C. Rodrigues de Souza  
2º Secretário: Moysés Zindeluk  
1º Tesoureiro: Ulf H. Mondl  
2º Tesoureiro: Carlos M. Grandi

Para o conselho da SOBRAC foram eleitos os seguintes conselheiros que se juntam aos 05 (cinco) conselheiros eleitos em 2000:

### CONSELHEIROS

Emanuel B. Garakis  
Marcos Fernando Piai  
Ricardo E. Musafir  
Onório Cavicchioli Lucatto  
Samuel C. Penha Valle

### SUPLENTES

Alice H.B. Rodrigues  
Humberto Yutaka Kagohara  
Newton S. Soeiro

Para a Coordenadoria de São Paulo foram eleitos:

Coordenador: Mário Cardoso Pimentel  
Sub-coordenador : Fernando Henrique Aidar  
2º Sub-coordenador: Fábio Amadei Casaralli  
3º Sub-coordenador: Humberto Yutaka kagohara

Para a Coordenadoria do Rio de Janeiro foram eleitos:

Coordenador: Ricardo Musafir  
Sub-coordenador: Gilberto Fuchs

A posse dos membros da diretoria e do conselho acontecerá na sessão ordinária da assembléia geral já convocada para o XX Encontro da SOBRAC que será realizado de 22 a 24 de outubro na cidade do Rio de Janeiro.

COMISSÃO ELEITORAL

Associe-se à SOBRAC e ganhe as edições anteriores da

# Acústica & Vibrações

Para receber esta revista semestral e as edições anteriores gratuitamente, associe-se à Sociedade Brasileira de Acústica (SOBRAC), preenchendo a ficha de inscrição nas páginas amarelas. Temos exemplares limitados das revistas anteriores, os quais serão enviados para os sócios novos por ordem de solicitação.

Os artigos publicados nas edições anteriores:

## EDIÇÃO NÚMERO 13/JULHO 94

- Análise de Posturas, Esforços e Vibrações nos Lixadores.
- O Ruído e suas Interferências na Saúde e no Trabalho.
- EPIs Auditivos: Avaliação pelo T.T.S. - Parte 1
- EPIs Auditivos: Avaliação pelo T.T.S. - Parte 2
- Critérios de Classificação Audiométrica para Trabalhadores com Perda Auditiva Induzida pelo Ruído.
- A Importância do Monitoramento Audiométrico no Programa de Conservação Auditiva.
- Sugestões sobre Adaptação dos Protetores Auditivos.



## EDIÇÃO NÚMERO 14/DEZEMBRO 94

- Controle Ativo de Ruído em Dutos.
- Identificação das Fontes de Ruído Veicular por Medição de Intensidade Sonora.
- Transmissão Via Aérea: Ruído Interno e Ruído Externo.
- Simulação e Medições de Ruído de Aspiração de Motores em Laboratório.
- Estudo Experimental de Vibração e Ruído Durante o Acionamento do Pedal da Embreagem.
- Caracterização Acústica do Banco de Provas de Motores da Metal Leve Usando Intensidade Sonora.
- Sistema de Exaustão: Fundamentos e Projetos.
- Ensaio e Simulação Acústica de Escapamento Veicular Simples.
- Simulação Numérica de Ruído Veicular Interno.
- Redução de Ruído Interno em Ônibus Rodoviário.
- Ruído Interno de Veículos Automotores: A Utilização do "Loudness".



## EDIÇÃO NÚMERO 15/JULHO 95

- Controle de Ruído Industrial.
- Plano Diretor de Ruído na Indústria Multi-Tarefa.
- Dicas para Controle de Ruído.
- Notícias: Programa Silêncio - Selo Ruído.



## EDIÇÃO NÚMERO 16/DEZEMBRO 95

- Dicas para Controle de Ruído.
- Controle de Ruído de Máquinas.
- Reativação da Produção de Normas em Acústica Arquitetônica e Ambiental.
- Recomendações da Organização Mundial da Saúde sobre Ruído Industrial.
- A Importância da Acústica e da Psicoacústica para a Audiologia: A Influência da Acústica das Salas de Aula na Percepção da Fala.
- Resposta a Perguntas e Queixas com Relação a Audição e a Protetores Auditivos (Parte I, II e III).



### EDIÇÃO NÚMERO 17/JULHO 96

- Progresso na Acústica de Edificações.
- A Exigência de Repouso Auditivo Mínimo de 10 Minutos a cada 50 Minutos de Trabalho, Conforme a Norma Técnica do Estado de São Paulo.
- O Uso de Materiais Absorventes no Controle de Ruído Industrial: Possibilidades e Limitações.
- Dicas para Controle de Ruído.



### EDIÇÃO NÚMERO 18/DEZEMBRO 1996

- Aplicações do Controle Ativo do Som e Vibrações
- Ruído Ambiente em Portugal
- Comentários Sobre la Determinación de la Rigidez Dinámica de Materiales para Uso en Pisos Flotantes
- Dicas para Controle de Ruído

### EDIÇÃO NÚMERO 19/JULHO 97

- Efeitos do Ruído no Homem
- Avanços tecnológicos em protetores auditivos até 1995: Redução ativa de ruído, frequência/amplitude-sensibilidade e atenuação uniforme. (Parte I)



### EDIÇÃO NÚMERO 20/DEZEMBRO 97

- Novos Desenvolvimentos em Normalização Internacional
- 2ª Chamada: I Congresso Iberoamericano de Acústica, I Simpósio de Metrologia e Normalização em Acústica e Vibrações do Mercosul e 18º Encontro da SOBRAC

### EDIÇÃO NÚMERO 21/JULHO 1998

- Avanços Tecnológicos em Protetores Auditivos até 1995
- Qualidade Acústica em Escritórios Panorâmicos
- Aposentadoria Especial por Ruído



### EDIÇÃO NÚMERO 22/DEZEMBRO 1998

- Comparação Laboratorial em medição de Absorção Sonora em Câmaras Reverberantes
- O Ruído Incômodo Gerado nas Instalações Hidráulicas Prediais
- As Políticas Europeias sobre Ruído Ambiente e o Espaço Ibérico
- Medição e Avaliação de Ruído em Ambiente de Trabalho



**EDIÇÃO NÚMERO 23/JULHO 1999**

- Comparando Bananas com Laranjas
- Protetores Auditivos: Um Novo NRRsf
- Um Caso Prático: Silenciador para Roots
- Diagnósticos de PAIRO (Perda Auditiva Induzida pelo Ruído Ocupacional) pela nva NR-7 (Portaria 19 MTb. de 09/04/98)

**EDIÇÃO NÚMERO 24/DEZEMBRO 1999**

- Definição de metas de ruído para componentes veiculares via análise de qualidade acústica do veículo
- Estudo da Técnica de Intensidade Sonora: Procedimentos, Erros e Aplicações
- O Ruído na Indústria - Como Controlar
- Geração de Ruído em Válvulas de Controle



**EDIÇÃO NÚMERO 25/JULHO 2000**

- Efeito do Ruído no Homem Dormindo e Acordado
- Total Loss Factor in Building Acoustics - Measurement and Application
- Room Noise Criteria: the State-of-the-art in the Year 2000
- Poluição Sonora: Um levantamento de dados da cidade de Fortaleza

**EDIÇÃO NÚMERO 26/DEZEMBRO 2000**

- Um Exame das Revisões Propostas das Curvas de Referências (Critérios) para Ruído em Salas
- Actualizacion de Estudios sobre Ruido dentro del Plan Urbano Ambiental de la Ciudad de Buenos Aires
- Estado da Arte para Solução dos Problemas em Vibroacústica por Métodos Numéricos



**EDIÇÃO NÚMERO 27/JULHO 2001**

- Influência dos Protetores Auditivos na Inteligibilidade da Voz
- Efeitos do Ruído e de Vibrações no Homem
- Cursos e Laboratórios de Acústica: GVA/LARI

**EDIÇÃO NÚMERO 28/DEZEMBRO 2001**

- A Evolução da Acústica Veicular no Brasil
- The State of Art in Aircraft Acoustic Treatment Design
- Modelagem Numérica e Ensaio Experimentais de Silenciadores Veiculares
- Reavaliando as Métricas Psicoacústicas
- Some Considerations Regarding Loudness Evolution
- Analysis of Non-Stationary Noise Signals in Car Engines, Using Non-Stationary STSF
- Cursos e Laboratórios em Acústica: Laboratório de Ruídos e Vibrações Campo de Provas da Cruz Alta - GMB



English  
Português

# SOBRAC

Sociedade Brasileira de Acústica

[www.sobrac.ufsc.br](http://www.sobrac.ufsc.br)

**DIRETORIA**

**REVISTAS**

**CONGRESSOS**

**NOVIDADES**

**ANUNCIANTES**

**PUBLIQUE**

**ANUNCIE**

**ASSOCIADOS**

**ASSOCIE-SE**

Fundada em 21 de novembro de 1984, a Sociedade Brasileira de Acústica tem o objetivo de difundir informações entre pesquisadores, fabricantes, consultores e usuários. Esses conhecimentos são discutidos durante os encontros anuais, simpósios e publicações. Atualmente sua sede está na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). A revista "Acústica e Vibrações" abrange atividades, eventos e pesquisa na área de vibrações e ruído e conta com tiragem de dois mil exemplares, distribuídos para sócios brasileiros e demais sociedades acústicas internacionais.

Desde 1985 é membro do I-INCE (International Institute of Noise Control Engineering), do IIAV (international Institute of Acoustics and Vibration), do ICA (International Commission of Acoustics) e da FIA (Federação Iberoamericana de Acústica), participando das discussões para a elaboração da Lei do Silêncio, em 1990, e do Ruído Veicular, em 1993. Tem ainda representantes na ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e em outras instituições relacionadas à segurança no trabalho e conforto acústico.

A sociedade é constituída por vários grupos de trabalho: o grupo de Ruído Veicular, responsável pela organização de simpósios em São Paulo; o de Acústica de Edificação, que promove encontros em conjunto com grupos de Ergonomia e Conforto Térmico; e o grupo de Conservação da Audição, que trabalha com outras entidades de Segurança e Medicina do Trabalho.



[sobrac@mbox1.ufsc.br](mailto:sobrac@mbox1.ufsc.br)

**Congresso  
FIA 2002**

Cancún, México

Português English Español

Diretoria - Revista Acústica & Vibrações - Congressos - Novidades - Guia de Acústica - Publique seu Artigo  
Anuncie na A&V - Associados - Associe-se

Sociedade Brasileira de Acústica (SOBRAC) - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Centro Tecnológico (CTC)  
Departamento de Engenharia Mecânica (EMC) - Laboratório de Vibrações e Acústica (LVA) - Campus Universitário  
Cx. Postal 476 - CEP 88040-900 - Trindade - Florianópolis - SC - Brasil  
Tel: (048) 234-4074 / 331-9227 - Fax: (048) 233-4455 R.4408

# ACÚSTICA DAS SALAS DE AULA

um recurso para criar ambientes de aprendizado com condições desejáveis de audibilidade