

## **ANÁLISE DA INTELIGIBILIDADE DA FALA DE UMA SALA DE AULA EM SITUAÇÕES DIVERSAS DE CLIMATIZAÇÃO DENTRO DO CONTEXTO ACÚSTICO**

**(1) OITICICA, Maria Lúcia; (2) DUARTE, Elisabeth de Albuquerque Cavalcanti; (3) SILVA, Luiz Bueno da**

(1) Prof<sup>a</sup>. Msc. Departamento de Arquitetura e Urbanismo / Grupo de Estudo em Conforto Ambiental (GECA) – Universidade Federal de Alagoas/ Centro de Tecnologia. Campus A. C. Simões, Tabuleiro dos Martins. CEP 57032-320. Maceió-AL, Brasil.

E-mail: [mloiticica@hotmail.com](mailto:mloiticica@hotmail.com)

(2) Acad. Arquitetura e Urbanismo /UFAL – Bolsista do PET/ Arquitetura.

E-mail: [betocaduarte@yahoo.com.br](mailto:betocaduarte@yahoo.com.br) ;

(3) Prof. Dr. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção / UFPB.

E-mail: [bueno@producao.ct.ufpb.br](mailto:bueno@producao.ct.ufpb.br)

### **RESUMO**

Este trabalho analisa as condições acústicas de uma sala de aula, buscando investigar a inteligibilidade do som em condições diversas de climatização do local. Para tanto, foi escolhida uma sala de aula de uma escola particular que possui equipamentos para climatização artificial e natural. Foram investigados a reverberação da sala de aula, o grau de inteligibilidade e feitas medições do nível de Sinal/Ruído em três etapas distintas: sala fechada com ar condicionado, sala fechada com ventiladores ligados e sala com janelas abertas e ventiladores ligados. Diante destas variantes, comprovou-se a necessidade de uma maior preocupação com a qualidade acústica em salas de aula, a fim de otimizar a comunicação entre professores e alunos - algo essencial no processo de aprendizagem.

### **ABSTRACT**

This work evaluates acoustics conditions of a classroom, in investigating the intelligibility under various conditions. It was analyzed a classroom with air conditioners and natural ventilation. Reverberation time, intelligibility and Signal-to-Noise ratio (S/N) were measured in three different stages: classroom with windows closed and air conditioners, windows closed classroom with fans and open windows classroom with fans. Results demonstrate the need of better acoustic-conditions in classrooms to improve communication between teachers and students, a essential fact in the learning process.

### **1. INTRODUÇÃO**

Vem sendo discutida nos últimos anos a problemática das salas de aula em relação à baixa qualidade acústica. Este assunto, muitas vezes, é negligenciado por projetos escolares e tem sido questionado quanto às implicações no aprendizado e no rendimento dos alunos. Percebe-se, então, a necessidade de conscientização dos dirigentes ligados diretamente ao setor educacional brasileiro para buscar melhorias do desempenho acústico de ambientes utilizados para a transmissão do conhecimento. O estudo da comunicação entre as pessoas em um recinto é chamado de “inteligibilidade”. Para se

estudar a inteligibilidade de uma sala de aula existem dois fatores primordiais: o nível de ruído interno e a reverberação da sala.

Segundo a NBR 10152/ABNT, o nível de ruído de uma sala deve ser de até 40 ou 50 dB (A). Sabe-se que o nível normal da voz humana é em torno de 65 dB (A), podendo chegar a 75 dB(A) quando houver um maior esforço vocal (voz alta sem gritar). Esta diferença entre o nível da fala e o ruído é responsável pela inteligibilidade da fala em sala de aula. Para se obter uma melhor inteligibilidade da fala em sala de aula é importante que a diferença entre o nível do Sinal / Ruído seja maior que 10 dB (A). Quando o ruído aumenta, a diferença entre Sinal/Ruído cai, diminuindo a inteligibilidade das palavras (VONO-COUBE, 1999).

Quanto ao aspecto da reverberação da sala de aula, este pode prejudicar a inteligibilidade das palavras; pois ao permanecer mais tempo do que o necessário em um recinto devido a múltiplas reflexões, o som passa a não ser entendido corretamente, ocorrendo a sobreposição de sílabas e, assim, a não compreensão adequada da fala do professor.

Às vezes, para manter este equilíbrio de Sinal/Ruído, existe uma compensação da voz do professor, aumentando a sua intensidade e podendo, assim, trazer problemas sérios às cordas vocais se o mesmo persistir com tal postura por um tempo prolongado.

Para ser desenvolvido o presente trabalho foi escolhida uma sala de aula de uma escola particular onde existem fatores diversos que podem interferir em sua inteligibilidade. A sala escolhida pode ser ventilada de três maneiras diferentes: ar condicionado, ventilador de teto e ventilação natural. Pretende-se, neste trabalho, avaliar as condições de inteligibilidade desta sala de aula nestas três relações Sinal/Ruído a fim de se verificar quais destes elementos causariam maior prejuízo para a compreensão da fala.

## **2. METODOLOGIA APLICADA**

A avaliação do desempenho acústico da sala de aula em estudo deu-se em função da investigação do grau de inteligibilidade dos alunos em diversas situações de climatização existentes, tais como: sala com ar condicionado ligado e janelas fechadas; sala com ventilador de teto ligado e janelas fechadas; sala com ventilador de teto ligado e janelas abertas.

Para iniciar a avaliação, foi utilizado um questionário adaptado de SANTOS (1993) e distribuído entre os alunos com perguntas objetivas relacionadas às condições acústicas da sala de aula e o nível de compreensão da fala. Logo após, foi aplicado um teste de inteligibilidade entre os alunos seguindo padrões recomendados por SEEP (2002), onde uma pessoa se posicionava na frente da sala tomando a posição do professor, e 19 (dezenove) letras do alfabeto foram, de forma aleatória, lidas para cada situação, evitando assim que houvesse memorização das repetições das mesmas.

Foi utilizado um decibelímetro modelo dec-405 INSTRUTHERM, pertencente ao Laboratório de Conforto Ambiental da UFAL, para medir o nível de pressão sonora da sala de aula, a fim de se obter a relação Sinal/Ruído da sala de aula em todas as situações em estudo.

Para uma melhor avaliação das condições acústicas da sala de aula analisada, foi realizado o cálculo do tempo de reverberação do som (SEEP, 2002) com janelas abertas e fechadas, pois estes valores poderiam ser inadequados e, assim, interferir no grau de inteligibilidade dos alunos.

## **3. ESTUDO DE CASO**

Escolheu-se avaliar as condições acústicas de uma sala de aula de uma escola de ensino médio na cidade de Maceió, pois é um tipo de ambiente que necessita de intervenções bastante criteriosas devido à grande concentração de alunos.

Quanto às características do ambiente da sala analisada, este possui materiais que são comumente encontrados em escolas em Maceió, como paredes em alvenaria com faixa de cerâmica até

aproximadamente 1,5m de altura, teto em laje e janelas em alumínio. A sala possui dois condicionadores de ar, onde somente um deles permanece ligado durante a maior parte das aulas, e ficam localizados na parede onde estão situadas as janelas de alumínio. Além disso, a sala possui quatro ventiladores de teto que são eventualmente utilizados.

Verificou-se a falta de uma preocupação com a qualidade acústica do ambiente. Os materiais são bastante reflexivos e o volume interno da sala torna-se pequeno em função da grande quantidade de alunos.

## 4. AVALIAÇÃO AS CONDIÇÕES ACÚSTICAS DA SALA DE AULA

### 4.1. Avaliação Subjetiva dos Alunos

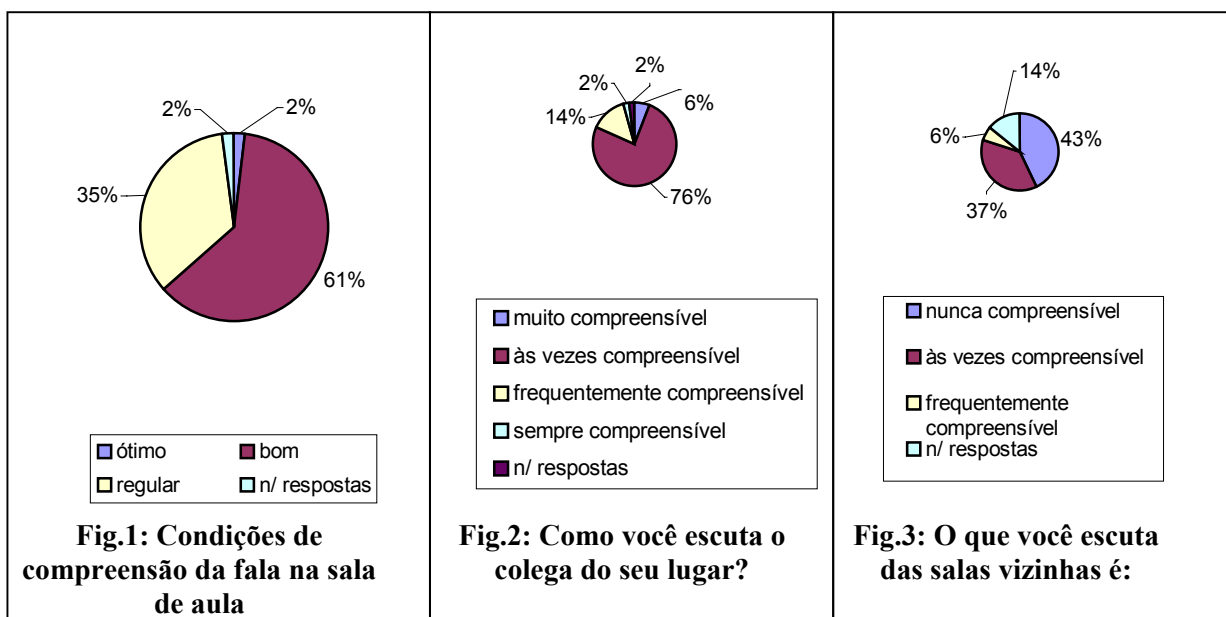
As perguntas foram aplicadas a alunos com faixa etária entre 15 e 16 anos. Estas tinham por objetivo identificar a visão do estudante em relação às deficiências da qualidade acústica no ambiente de sala de aula.

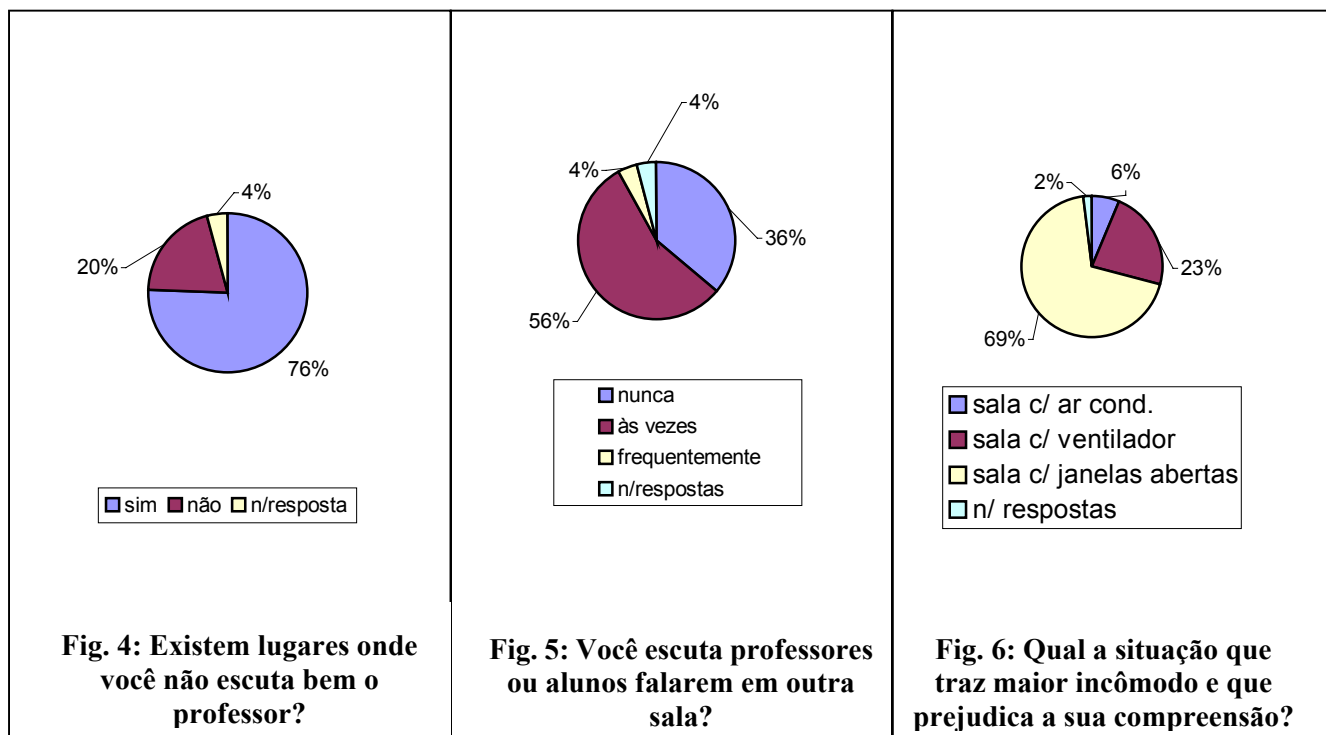
De acordo com os questionários, os ruídos que mais incomodam os alunos são os provenientes das seguintes fontes: 1. dos próprios colegas; 2. vindos da rua; 3. vindos do corredor; 4. vindos dos equipamentos (ar condicionado, ventilador etc); 5. vindos do pátio; 6. vindos da rua e 7. vindos dos professores vizinhos.

Nos questionários, foi observado que os lugares que estavam mais distantes do professor obtiveram maior número de reclamações, pelo fato dos alunos não o compreenderem adequadamente. Os maiores índices de desconforto estavam situados nos seguintes locais:

- a) na última fila de carteiras, com 60% das reclamações. Nesta fileira de carteiras, as que estavam mais próximas das paredes (final da sala e arestas de parede), as reclamações foram maiores;
- b) na penúltima fila de carteiras, houve um índice de reclamação em torno de 30%. Nas carteiras mais próximas das paredes laterais o percentual cresceu mais um pouco;
- c) na antepenúltima fileira de carteiras, o índice de reclamações foi de apenas 10%.

Algumas das respostas deste questionário podem ser verificadas a seguir em gráficos com suas percentagens e respectivas perguntas ao aluno:





## 4.2. Relação Sinal/Ruído

Para se estimar o quão compreensível é a fala em sala de aula, utilizou-se a relação Sinal/Ruído (S/N), que nada mais é do que a diferença entre nível sonoro da voz do professor, em dB(A), subtraído do nível sonoro de fundo da sala, em dB(A). Para se obter uma maior inteligibilidade da fala é importante que a diferença desta relação seja maior do que 10 dB (A).

No momento dos testes de inteligibilidade, foram realizadas medições desta relação Sinal/Ruído com um decibelímetro modelo dec-405 INSTRUTERM, equipamento do Grupo de Estudos em Conforto Ambiental (GECA/UFAL). Foram obtidas seguintes as leituras:

**Tab.1: Medições do nível sonoro em sala de aula**

Itens	Situação das medições em sala de aula	Sinal dB (A)	Ruído dB (A)	S/N dB (A)
1	Janelas fechadas com ar condicionado ligado	74	66	8
2	Janelas fechadas com ventiladores ligados	74	66	8
3	Janelas abertas com ventiladores ligados	83	68	15

Através das leituras da tabela acima, pode-se observar que:

- itens 1 e 2: relação S/N <10 dB (A) - relação inadequada para se obter uma boa compreensão da fala;
- todos os níveis sonoros da relação Ruído estão acima do nível exigido pela Norma Brasileira (NBR 10152) para salas de aula que é entre 40 dB (A) e 50 dB (A);

- todos os níveis sonoros da relação Sinal estão acima do nível normal da voz humana que é em torno de 65 dB (A). Isso acontece devido à exigência de um maior esforço da voz do professor;
- como a relação S/N ficou abaixo de 10 dB(A) nos itens 1 e 2, convém observar a inteligibilidade da fala dos alunos na região do fundo da sala e dos lugares próximos aos equipamentos de climatização.
- foi percebida a necessidade de aumentar o nível sonoro do Sinal ou diminuir o nível sonoro do Ruído dos itens 1 e 2. Dessa forma será possível deixar a relação S/N > 10 dB (A), melhorando, assim, a compreensão da fala;
- no item 3, observou-se o aumento do nível sonoro do Ruído com janelas abertas. Involuntariamente, isso resultou no aumento do nível sonoro do Sinal para se conseguir uma melhor compreensão da fala e exigindo um maior esforço da voz do professor.

### **4.3. Reverberação da Sala de Aula**

O cálculo do tempo de reverberação é o dado mais preciso sobre a qualidade do som em um recinto, sendo este o maior responsável pela boa comunicação entre alunos e professores num mesmo ambiente. Na sala em estudo, o tempo de reverberação do som com absorção máxima, uma vez que foi considerada com 100% de ocupação, atingiu 0,75 segundo na frequência de 512 Hertz com janelas e porta fechadas e 0,68 segundo com janelas e porta abertas.

Apesar da incontestável relevância do tempo adequado de reverberação na qualidade do som nos ambientes, Bertoli (2001) afirma que *“no Brasil, não existe recomendação sobre o tempo de reverberação ideal para salas de aula”*. O que foi seguido nesta investigação, foi o indicado pela publicação mais recente encontrada do Comitê Técnico em Acústica Arquitetônica da Sociedade Americana de Acústica. Estes autores indicam como tempo de reverberação ótimo para uma sala de aula entre 0,4 e 0,6 segundos. Logo, percebe-se que neste estudo de caso, o som permanece mais tempo do que o necessário no ambiente. Isso traz como consequência a má qualidade do som, prejudicando, conseqüentemente, a qualidade do ensino.

### **4.4. Teste Inteligibilidade da Sala de Aula**

O nível de compreensão de um ambiente foi avaliado através de um teste de inteligibilidade que foi realizado por intermédio do uso de uma lista de letras mencionadas por um orador posicionado no local do professor onde cada aluno, em seu local específico, pudesse anotar a seqüência das letras por ele compreendida. A percentagem das letras corretamente ouvidas é chamada a medida da inteligibilidade da fala. Para cada situação em estudo foi utilizada seqüência de letras aleatória diferente de tal forma que os alunos não pudessem memorizar a ordem das palavras.

Segundo publicação do Comitê Técnico em Acústica Arquitetônica da Sociedade Americana de Acústica, 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.

Segue abaixo planta da sala de aula com localização das posições observadas e resumo dos dados obtidos no teste de inteligibilidade. Foram escolhidos pontos estratégicos em relação a cada situação em estudo.

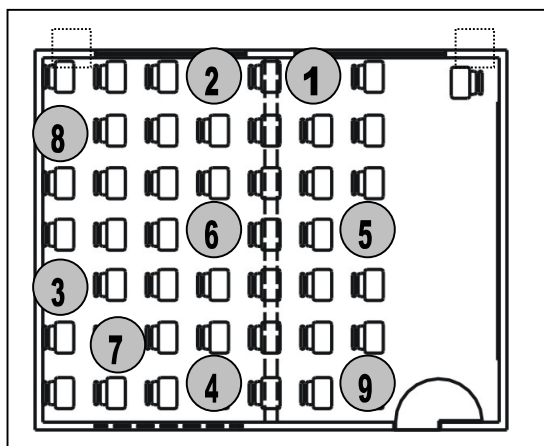


Fig.7 : Teste de Inteligibilidade – localização do aluno na sala

Tab. 2: Resultados - teste inteligibilidade

Legenda	Localização aluno sala	Sala fechada com ar condicionado (%)	Sala fechada com ventilador (%)	Sala janelas abertas com ventilador (%)
1	Frente próximo ar cond. e janela	58	84	37
2	Ultima fila/ janela externa	63	89	79
3	Ultima fila/ fundo sala	63	84	63
4	Meio sala/ parede corredor	74	89	84
5	Frente/ meio	63	95	100
6	Meio sala	84	100	84
7	Final sala/ corredor	79	100	79
8	Final sala/ janela externa	63	84	95
9	Frente/ corredor	84	68	74
Média	—	70.1	88	77.2

TESTE INTELIGIBILIDADE	Localização - professor	Sala fechada com ar condicionado (%)	Sala fechada com ventilador (%)	Sala janelas abertas com ventilador (%)
	Frente/ Meio	d f g t r p q b a o n v z l h j c i s	g f d t r s p q c b a o n v z i	s i c j h l z v n o a b q p r t g f d

Através dos resultados obtidos, pôde-se observar:

a) Situação com sala fechada com ar condicionado:

- Piores índices de inteligibilidade em todas posições
- Menor inteligibilidade com 70%
- Menores valores próximos dos equipamentos de ar condicionado (1, 2 e 5)
- Melhores resultados nos locais mais distantes (4, 6, 7 e 9)

b) Sala fechada com ventiladores ligados:

- Índices do teste de inteligibilidade mais satisfatórios (88%) apesar de baixa a relação Sinal/Ruído(8)
- Lugares mais centrais resultaram nos melhores testes de inteligibilidade(5, 6 e 7)

c) Sala com janelas abertas e ventiladores ligados:

- A Relação Sinal/Ruído por estar mais alta (15) fez com que este teste de inteligibilidade torna-se mais próximos do ideal(relação S/N maior que 10)
- Teste de inteligibilidade não satisfatório (77%)
- Locais mais próximos das aberturas (1, 2, 7 e 9) obtiveram valores mais baixos

## 5. CONCLUSÃO

Através da análise dos dados obtidos com as medições, foi comprovada a ineficiência das condições acústicas da sala de aula, que evidencia a necessidade de serem investigadas, em outros ambientes de ensino, as relações entre reverberação, relação Sinal/Ruído e inteligibilidade, haja vista que a compreensão e a percepção do aluno frente à informação perpassada pelo professor em sala de aula vai depender, na maioria das vezes, da adequação destas relações. Este trabalho constatou que houve interferências dos sistemas de climatização na inteligibilidade da fala em sala de aula. Assim, a climatização, dentro do contexto acústico, precisa ser considerada pelos administradores de ensino como um fator de suma importância que está diretamente relacionado com o desempenho e como a saúde de professores e alunos; pois o baixo rendimento escolar do aluno poderá estar interligado à baixa inteligibilidade, assim como os possíveis danos causados às cordas vocais do professor podem estar relacionados à necessidade de aumentar a relação Sinal/Ruído.

## 6. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Níveis de Ruído para Conforto Acústico. NBR 10152: 1987 e errata de junho de 1992

BERTOLI, Stelamaris Rolla, et al. *Avaliação do Desempenho Acústico em Creches de Conjunto Habitacional de interesse Social: o caso de Projetos Padrão*. Anais V ENCAC, Fortaleza, 1999.

\_\_\_\_\_. *Avaliação do Conforto Acústico de Prédio Escolar da Rede Pública: o Caso de Campinas*. Anais VI ENCAC, São Pedro, 2001.

EGAN, M.D. *Architectural Acoustics*. New York, Mc-Graw-Hill Inc., 1978.

- SANTOS, Maria Júlia; SLAMA, Jules. *Ruído no ambiente escolar: causas e conseqüências*. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2., Florianópolis, 1993. *Anais...* Florianópolis: ENCAC, 1993. p. 301-306.)
- SEEP, B.; GLOSEMEYER, R.; et al. *Classroom Acoustics: a resource for creating learning environments with desirable listening conditions*. Technical Committee Architectural Acoustics. Disponível em: <http://asa.aip.org/classroom/booklet.html> Acessado em: 13/10/2002.
- SENA, Flávia A. D. *Condições Acústicas de Salas do CTEC-UFAL*. Trabalho de Conclusão de Curso: Centro de Tecnologia, UFAL. Maceió, 1999.
- SILVA, Prof. Péricles. *Acústica Arquitetônica e Condicionamento do Ar*. Belo Horizonte, Editora Termo Acústica, 1997.
- TAVARES, Mariza D.; CLÍMACO, Rosana S. C. *Análise do Conforto Sonoro em Escolas do Distrito Federal*. Anais V ENCAC, Fortaleza, 1999.
- VONO-COUBE, Carmen Zaramella; BEVILACQUA, Maria Cecília; FERNANDES, João Cândido. *Ruídos em escola*. Cadernos de Audiologia; HRAC-USP; 1999