

ADLER MACHADO

**ANÁLISE EXPERIMENTAL DO RUÍDO NO HABITÁCULO
DE ÔNIBUS URBANO NA CIDADE DE CURITIBA.**

CURITIBA
2003

ADLER MACHADO

**ANÁLISE EXPERIMENTAL DO RUÍDO NO HABITÁCULO
DE ÔNIBUS URBANO NA CIDADE DE CURITIBA.**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PG-Mec), Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Wiliam Alves
Barbosa

CURITIBA
2003

EPIGRAFE

Certa lenda conta que estavam duas crianças patinando em cima de um lago congelado. Era uma tarde nublada e fria e as crianças brincavam sem preocupação.

De repente, o gelo se quebrou e uma das crianças caiu na água. A outra criança vendo que seu amiguinho se afogava debaixo do gelo, pegou uma pedra e começou a golpear com todas as suas forças, conseguindo quebrar-lo e salvar seu amigo.

Quando os bombeiros chegaram e viram o que havia acontecido, perguntaram ao menino:

"Como você fez? É impossível que você tenha quebrado o gelo com essa pedra e suas mãos tão pequenas!" .

Nesse instante apareceu um ancião e disse:

"Eu sei como ele conseguiu".

Todos perguntaram:

"Como?" .

O ancião respondeu:

"Não havia ninguém ao seu redor para lhe dizer que não poderia fazer!" .

Autor Desconhecido

"Se podes imaginar, podes conseguir".

Albert Einstein

HOMENAGEM

As pessoas que servem de esteio ao meu ser:

Aos meus queridos Pais, Paulo Machado Filho e Vera Crepaldi Machado, por terem me concedido uma vida de plenitude e sem privações, onde o rumo da retidão e lealdade se fez sempre presente em suas orientações diárias e que nos dias de hoje ainda se fazem presente com muito Carinho e Amor .

À minha querida e amada esposa Wania Calixto Machado e meus filhos Lucian Calixto Machado e Kendra Lys Calixto Machado que pacientemente souberam tolerar minha ausência sempre me incentivando e apoiando.

Aos constantes incentivos e apoio de meu caçula irmão, Dr Paulo Machado Junior, com sua inegável presença a todos instantes.

AGRADECIMENTOS

Todo ser HUMANO, no tecer de seus laboriosos dias, ganha a formação de sua personalidade e o mais nobre desta personalidade é quando ela atinge uma maturidade em que o ensinar, de forma suave e branda, passa fazer parte do dia a dia tornando extensão de seu ser. Neste ponto de meus dias, olho para trás e vejo que ficou não só a aprendizado Técnico e Científico como também de como utilizá-lo e transmiti-lo sem ter que impor qualquer condição a não ser aquela em que é de puro e nobre incentivo ao provir de um bem comum e um ideal de dignidade.

Esta e a visão do aprendizado que ficou do Nobre Orientador e amigo Prof Dr. Wiliam Alves Barbosa que atenuava as horas de íngremes de forma sutil e apaziguadora que em troca só posso afirmar que sou muito grato pelo curto espaço de tempo que formamos um a equipe de labor.

Aos Professores que incentivaram a minha trajetória:

Prof. Dr. Carlos José de Mesquita Siqueira e

Prof. Dr. Ramón Sigifredo Cortés Paredes.

A Urbs pela atenção do Sr Hans Joachim Koch.

SUMÁRIO

EPIGRAFE	III
HOMENAGEM	IV
AGRADECIMENTOS	V
SUMÁRIO.....	VI
LISTA DE FIGURAS	X
RESUMO.....	XIII
SUMMARY	XIV
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
1.1. INTRODUÇÃO	1
1.2. TRANSPORTE URBANO NA CIDADE DE CURITIBA	4
1.3. OBJETIVO	5
1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	6
CAPÍTULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
2.1. PESQUISA SOBRE RUÍDO EM TRANSPORTE PÚBLICO NA CIDADE DE CURITIBA.	8
2.2. RUÍDO COMO AGENTE PERNICIOSO À SAÚDE	10
2.3. DANOS À SAÚDE	12
2.4. RUÍDO: RISCO SILENCIOSO	13
2.5. PARÂMETROS DE PSICOACÚSTICA	15
2.6. QUALIDADE SONORA DOS PRODUTOS.	16
2.7. PROCESSO DE GERAÇÃO DE RUÍDO EM MOTORES.	16

2.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA DE CONFORTO ACÚSTICO EM ENSAIOS COM VEÍCULOS EM ESTRADA	17
2.9. FUNÇÕES DE TRANSFERÊNCIAS ACÚSTICAS E TÁCTEIS.	18
2.10. SÍNTESE DE EXAMES SOCIAIS NO ABORRECIMENTO DO RUÍDO	18
2.11. EFEITOS SUBJETIVOS DA EXPOSIÇÃO DE RUÍDO DO TRÁFEGO	19
2.12. CAUSAS E EFEITOS	21
CAPÍTULO III - HISTÓRICO E LEGISLAÇÃO DA ACÚSTICA	22
3.1. HISTÓRICO DA ACÚSTICA	22
3.2. CONSIDERAÇÕES LEGAIS SOBRE O RUÍDO.	26
3.3. PROGRAMA SILÊNCIO	26
3.4. RESOLUÇÃO Nº 6, DE 31 DE AGOSTO DE 1993	28
CAPITULO IV - CONCEITOS FUNDAMENTAIS	33
4.1. CONCEITOS INTRODUZIDOS PELA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTE COLETIVO NA CIDADE DE CURITIBA[1.5].	33
4.1.1. Alimentadores:	33
4.1.2. Bi-articulado:	33
4.1.3. Canaleta:	34
4.1.4. Circular Centro:	35
4.1.5. Estações-tubo:	35
4.1.6. Inter Hospitais:	36
4.1.7. Interbairros:	36
4.1.8. Ligeirinho ou Linha direta:	37
4.1.9. Linha Turismo:	37
4.1.10. Poltronas Preferenciais:	37
4.1.11. Pontos de integração:	38

4.1.12. Sistema Integrado de Transporte Coletivo:	38
4.1.13. Terminais	38
4.1.14. Urbs:	38
4.1.15. Via Expressa:	38
4.2. DADOS CARACTERÍSTICOS DO TRANSPORTE COLETIVO DE CURITIBA:	39
4.3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE CARROCERIA DOS VEÍCULOS CATEGORIA LINHA DIRETA:	40
4.4. O PROCESSO FÍSICO DA AUDIÇÃO	41
4.4.1. Ouvido Externo:	42
4.4.2. Ouvido Médio:	43
4.4.3. Cadeia Mecânica – Sistema de Alavanca	44
4.4.4. Controle da amplificação sonora – reflexo acústico.	45
4.4.5. Ouvido Interno	46
4.5. ACÚSTICA	47
4.6. RUÍDO AMBIENTAL E POLUIÇÃO SONORA	55
4.7. PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO ACÚSTICA.[4.3]	58
4.8 - Estatística.....	60
4.8.1 ESTATÍSTICA PROBABILÍSTICA.	60
4.8.2 ESTATÍSTICA DESCRITIVA	64
4.8.3 ESTATÍSTICA INFERÊNCIAL	67
4.8.4 DESEMPENHO DE TESTES E MODELOS	72
CAPÍTULO V - METODOLOGIA	75
5.1. O DISCURSO DO MÉTODO	75
5.2. TEORIA CIENTÍFICA	78
5.3. PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTO.	79

5.4. METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO SUBJETIVO.	83
CAPÍTULO VI - PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO.....	86
6.1. INTRODUÇÃO.	86
6.2. SEQÜÊNCIA DO PLANEJAMENTO	86
CAPÍTULO VII - MODELO MATEMÁTICO	89
7.1. INTRODUÇÃO.	89
7.2. DELINEAMENTO DO EXPERIMENTO.	89
7.3. BUSCA DOS DADOS.	89
CAPÍTULO VIII - CONCLUSÃO	109
8.1. CONCLUSÃO	109
8.2. CONFRONTAR E MONITORAR OS RESULTADOS	110
8.3. SUGESTÃO PARA A CONTINUIDADE	110
ANEXO A - ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE CARROCERIA DOS VEÍCULOS	
CATEGORIA LINHA DIRETA.....	111
Referências Bibliográficas	120

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - VISTA DA CANALETA COM BI- ARTICULADO NA ESTAÇÃO TUBO	34
FIGURA 2 - CANALETA DO EXPRESSO BI-ARTICULADO	35
FIGURA 3 - ESTAÇÃO TUBO COM COBRADOR.....	36
FIGURA 4 - LIGEIRINHO NA ESTAÇÃO TUBO	37
FIGURA 5 - VISÃO GERAL DO APARELHO AUDITIVO	42
FIGURA 6 - ONDA ACÚSTICA.....	48
FIGURA 7 - ESCALA DE ONDA ACÚSTICA.....	49
FIGURA 8 - COMPARAÇÃO ENTRE ONDAS SONORAS E ONDAS DE RUÍDOS	50
FIGURA 9 – HISTOGRAMA.....	64
FIGURA 10 - CURVA NORMAL	65
FIGURA 11 - HISTOGRAMA DE TENDÊNCIA CENTRAL	65
FIGURA 12 - -HISTOGRAMA COM DISPERSÃO	66
FIGURA 13 - DISPERSÃO	67
FIGURA 14 - COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO	68
FIGURA 15 - COEFICIENTE ANGULAR.....	69
FIGURA 16 - LEI DE FORMAÇÃO	70
FIGURA 17 - COVARIÁVEIS.....	70
FIGURA 18 - VARIAÇÕES ALEATÓRIAS	71
FIGURA 19 - MULTIDIMENSIONAL.....	71
FIGURA 20 - MEDIDOR ANALISADOR DE RUÍDO.....	87
FIGURA 21 - GRÁFICO DE UMA DISTRIBUIÇÃO NORMAL.....	92
FIGURA 22 - GRÁFICO DE OCORRÊNCIA E INSATISFAÇÕES	93

FIGURA 23 - GRÁFICO DO PROCEDIMENTO PARA MODELAR UMA CURVA DE INSATISFAÇÃO	94
FIGURA 24 - GRÁFICO DO MODELAMENTO MATEMÁTICO	96
FIGURA 25 - GRÁFICO DO MODELAMENTO USUÁRIO EM FACE DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA(NPS).....	98
FIGURA 26 - GRÁFICO DA DISTRIBUIÇÃO DO RUÍDO DEVIDO A FONTE MOTOR.....	101
FIGURA 27 - DENSIDADE DE OCUPAÇÃO DO HABITÁCULO.....	103
FIGURA 28 - ANO DE FABRICAÇÃO DO ÔNIBUS PELO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA	104
FIGURA 29 - GRÁFICO DO NPS EM FUNÇÃO DO ANO DE FABRICAÇÃO	106

Tabelas

TABELA 1 - IMPACTO DE RUÍDOS A SAÚDE	57
TABELA 2 - RESULTADO DE EXAME	73
TABELA 3 - QUESTIONÁRIO DE DADOS	90
TABELA 4 - DADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO QUESTIONÁRIO.....	93
TABELA 5 - COEFICIENTE DE ABSORÇÃO.....	101
TABELA 6 - DENSIDADE DE OCUPAÇÃO DO HABITÁCULO	102
TABELA 7 - EXEMPLO:AL023.....	104
TABELA 8 - DADOS EXPERIMENTAIS	105
TABELA 9 - DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE ÔNIBUS COM O NPS	106
TABELA 10 - DEMONSTRA UMA ESTATÍSTICA DESCRITIVA.....	107

RESUMO

O Ruído gerado pelo transporte coletivo urbano na cidade de Curitiba deu origem ao presente trabalho que objetiva o levantamento estatístico experimental, a avaliação da exposição ao ruído, de forma subjetiva, em questionamento aos usuários do sistema de transporte coletivo público da cidade de Curitiba, no Estado do Paraná, através da medida do (Leq) nível de pressão sonora. A criação de um mapa, com a distribuição do ruído, no interior do habitáculo, gerada com a finalidade de averiguar a intensidade a que o ocupante fica submetido. O questionário foi distribuído de modo a observar o que pensam e o grau de desconforto dos ocupantes com relação ao ruído. Dentre variados ônibus avaliados, pôde-se obter o grau de desconforto causado pelo ruído em uma escala classificatória, concluindo e marcando o nível e padrão de desenvolvimento tecnológico de conforto de habitáculo.

Palavras-chave: Ruído, Ruído em ônibus, análise de experimento com Ruído, levantamento estatístico experimental do Ruído, Ruído Comunitário urbano, Ruído urbano e Ruído comunitário.

SUMMARY

The Noise generated for the urban collective transport in the city of Curitiba, gave origin to the work that objectified the experimental statistical survey, the evaluation of the exposition to the noise, of subjective form, in questioning to the users of the system of public collective transport of the city of Curitiba, in the State of the Paraná, through the measure of (Leq) the sound pressure level. The creation of a map, with the distribution of the noise, in the Interior of the poor dwelling place, generated with the purpose to inquire the intensity the one that the occupant is submitted. The questionnaire was distributed in order to observe what they think and the degree of discomfort of the occupants with relation to the noise. Amongst varied evaluated buses, the degree of discomfort caused for the noise in a classificatória scale could be gotten, concluding and marking the level and standard of technological development of poor dwelling place comfort.

Word-keys: Noise, Noise in bus, analysis of experiment with Noise, experimental statistical survey of the Noise, urban Communitarian Noise, urban Noise and communitarian Noise.

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1.1. Introdução

A audição é um dos meios de interação com o mundo exterior, assim, está suscetível às agressões do meio. As condições típicas da vida moderna, a exemplo, os ruídos excessivos, comuns nas grandes cidades, acabam por afetar o sistema nervoso e, em casos extremos, podem ocasionar perda auditiva, quando a exposição for sistemática e prolongada, mesmo de forma intermitente.

Nas proximidades de ruas e avenidas movimentadas, que caracteriza o som diuturnamente é ruído provocado por veículos, dentre os quais destacam-se os veículos pesados: ônibus e caminhões.

Os veículos automotores são uma peça importante nesse cenário em que se busca a melhoria da qualidade de vida. Isto seria possível com a redução dos ruídos internos, que afetariam os ocupantes do habitáculo e, externos, que afetariam os transeuntes.

Particularmente no que concerne ao estudo ora desenvolvido, destacam-se aqueles agregados à frota nacional, existentes em praticamente todos os municípios de médio e de grande porte: os veículos de transporte público. Há cerca de 30 milhões de carros circulando no Brasil e aproximadamente 1,5 milhão de novos carros são acrescentados a cada ano [1.1]. Deste modo, quem não está exposto ao ruído interno, dirigindo ou ocupando um automóvel ou um transporte, está nas ruas exposto ao ruído externo.

Passa-se muito tempo dentro de um meio de transporte. Da mesma forma que uma música tem a capacidade de acalmar e mudar o estado de espírito de um ser humano, o ruído também proporciona estados de irritação. Mesmo sem que se tenha clara percepção da causa, os ruídos contribuem significativamente, no dia-a-dia, para uma considerável diminuição da qualidade de vida.

O Brasil possui uma legislação que impõe controles[1.2] nas emissões de ruído externo dos veículos e cada vez mais próximo dos limites praticados na Europa. Em 2006, novos limites entrarão em vigor[1.3] com uma redução significativa dos níveis vigentes atualmente. No caso do conforto interno do veículo não existem limites legais, sendo o mercado o seu próprio regulador.

A melhoria do conforto dos veículos e o controle dos ruídos envolvem tradicionalmente mais horas de trabalho no projeto, assim como uma majoração de custo agregado, desafiando os tão conhecidos objetivos de redução de custo e tempo de desenvolvimento. Para permanecerem competitivas, as empresas estão desenvolvendo uma nova estratégia a fim de atender essa necessidade da população e, simultaneamente, responder às exigências de mercado quanto a agilidade, qualidade e valor final do produto.

Do ponto de vista da engenharia, isso significa substituir ou reduzir o número de testes e ainda assim, obter um produto com diferencial de qualidade. Uma abordagem mais agressiva vem sendo adotada, envolvendo a utilização de novas tecnologias de testes virtuais, aliada à integração de fornecedores no desenvolvimento

Há menos de uma década, a avaliação do desempenho de um novo produto só acontecia com os primeiros protótipos. No caso de falha ou não-

atendimento das expectativas e ou especificações, muito trabalho de pesquisa e discussões com fornecedores seria ainda o melhor meio de solucionar o problema. Estes aconteciam em função da incapacidade de se especificar antecipadamente e de forma correta o comportamento de cada componente ou subsistema.

Na área de acústica e vibrações, o desenvolvimento tradicional baseia-se em medições de ruído interno e vibrações, mas principalmente na experiência prática e percepção por parte dos profissionais com os veículos.

Atualmente, os dois grandes focos de pesquisa na área, são as ferramentas de simulação e qualidade sonora. O que se busca é poder simular completamente o ruído interno do veículo antes mesmo que o primeiro protótipo seja construído. Mas que distância compreenderia essa realidade? Antes de trilhar esse caminho é importante que a empresa tenha em primeiro plano que o resultado final do trabalho ainda é o carro.

Para que o cliente esteja satisfeito, é necessário que o profissional que trabalha no desenvolvimento acústico do automóvel esteja sintonizado com suas expectativas. Muitas dessas, são características não mensuráveis nem passíveis de simulação. O fator humano no processo é imprescindível.

O caminho está na compreensão dos fenômenos de geração, propagação e percepção do ruído pelo usuário. Cada uma dessas parcelas necessita de uma metodologia diferente de controle. A utilização de simulações numéricas e técnicas modernas de medições está possibilitando a especificação de metas para o ruído e vibração de cada componente e subsistema, de forma isolada.

A parceria com os fornecedores nas fases iniciais do projeto permite uma avaliação do cumprimento dos requisitos, bem como dos custos associados, permitindo, contudo, uma redução no tempo de desenvolvimento e também aplicação de soluções mais otimizadas.

No entanto não é suficiente definir limites de ruído para os componentes isoladamente. É preciso avaliar o contexto no qual ele está inserido. É como uma orquestra, em que cada instrumento afinado isoladamente não garante a harmonia do conjunto.

O grande desafio atual da engenharia não é apenas reduzir os níveis de ruído interno, mas também projetar o som para cada categoria de veículo, propiciando, por exemplo, um som esportivo característico aos usuários de um carro esporte. Essas sensações estão relacionadas aos parâmetros físicos do ruído, que podem ser medidos e utilizados como meta desde o início de um projeto veicular. Esse é também o caminho que os especialistas da área de acústica da indústria automobilística estão trilhando para aumentar a satisfação dos motoristas e ocupantes que já passam muito tempo em um veículo.

1.2. Transporte Urbano na Cidade de Curitiba

Uma situação singular para a cidade de Curitiba é obtida no transporte coletivo urbano que conta com o Sistema Integrado de Transporte Coletivo [1.4].

Implantado em 1974, atualmente possui uma frota de 1.902 ônibus que atendem um total aproximado de 1,9 milhões de passageiros por dia. Atualmente com 391 linhas, são transportados, em média, 963 passageiros por

veículo, em dias úteis. Isso possibilita um emprego direto de 12.700 trabalhadores.

O sistema de transporte coletivo de Curitiba serve como modelo para outros municípios. Por sua eficiência, conquistou vários prêmios dentro e fora do país, destacando-se dentre vários, aqueles conferidos pela instituição inglesa Building and Social Housing Foundation e a americana Worldwatch Institute, que a classificou como “exemplar”[1.5].

O grande diferencial é o de ter uma tarifa integrada que permite o traslado entre linhas em terminais e ou Estações-tubo (atualmente em número de 349) sem a necessidade de pagar uma nova passagem, bem como manter um limite de operação dos ônibus de no máximo 10 anos, o que mantém a frota sempre nova e de bom aspecto. Estes são fatores que são considerados pela população, que demonstrou um índice de satisfação em cerca de 89%.

Em Curitiba, o gerenciamento é realizado através da URBS – “Urbanização de Curitiba S.A.”, responsável por fiscalizar, reger e organizar as empresas particulares prestadoras de serviços de transporte Urbano da Capital paranaense.

1.3. Objetivo

O objetivo deste trabalho é avaliar o conforto acústico no interior dos ônibus de transporte coletivo urbano que circulam pela área delimitada pelo município de Curitiba e região metropolitana, tal qual verificar as causas e efeitos a que estão sujeitos os usuários e os operadores do sistema de transporte em

relação aos passageiros e colaboradores do transporte coletivo, tendo em vista uma análise numérico- experimental no que tange ao assunto ora tratado.

Serão abordados os seguintes pontos:

O Nível de ruído em função das características próprias dos Ônibus.

O grau de incomodo que os passageiros sentem em relação ao ruído.

A distribuição do ruído no habitáculo do ônibus em um estudo de caso, levando-se em conta a principal fonte, ou seja, o motor.

Resta importante destacar que a análise experimental é aplicada com a finalidade de demonstrar a eficiência, rapidez e agilidade que o método atribui ao evento.

Um questionamento inevitável é o porquê da elaboração de um estudo cujo enfoque versa sobre os ônibus urbanos em Curitiba?

Em termos acústicos, o ônibus é fonte de ruídos que mais se destaca em um ambiente urbano, em seu cotidiano.

1.4. Estrutura da Dissertação

A “Introdução” tem por finalidade informar sobre a importância e pertinência do tema com os objetivos e estrutura a serem abordados no decorrer do trabalho.

As bases teóricas que fundamentam o trabalho, evidente em publicações e diversas obras, estão presentes na “Revisão Bibliográfica”.

O “Histórico e Legislação da Acústica” compreende respectivamente um inventário do labor já executado neste ramo da ciência, até então, assim como, uma abordagem às regras de conduta tendentes a preservar o bem-estar da coletividade, de modo a impor meios de restrição a excessos concernentes ao tema em estudo.

Nos “Conceitos fundamentais” há a apresentação dos fundamentos da Acústica, a fim de auxiliar e permitir uma melhor compreensão de todo conteúdo.

A “Metodologia” trata da descrição do método utilizado e suas etapas correspondentes, bem como a apresentação de resultados, devidas avaliações e suas possíveis diretrizes.

O Capítulo VI discorre sobre o “Planejamento de Experimentos”. Trata da análise de resultados de pesquisas sob condições controladas, de forma a garantir o número ideal de experimentos, com embasamento na estatística descritiva, que por sua vez, garante um determinado grau de confiabilidade.

Quanto ao seguinte capítulo, “Modelo Matemático”, há o equacionamento do fenômeno, apresentando uma lei de formação que traduz ou melhor aproxima o objeto do presente estudo.

A “Conclusão”, capítulo VIII, avalia os resultados obtidos, situando o tema na conjectura atual do desenvolvimento tecnológico, além de firmar a tese em questão.

CAPÍTULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Pesquisa sobre ruído em Transporte Público na cidade de Curitiba.

Um dos precursores da pesquisa em relação ao ruído na cidade de Curitiba foi Barbosa [2.1] em sua tese “Aspectos do Ruído comunitário em Curitiba”, onde o ruído em transporte público busca abordagem do fluxo de tráfego correlacionando com o grau de incômodo. Segundo ele, no ano de 1992 já havia uma situação crítica.

Outro grupo de pesquisa procura investigar a percepção que os usuários do transporte coletivo de Curitiba têm sobre o ruído apresentado pelos ônibus urbanos.

Para tanto, foi feita uma análise de campo, cujo método utilizado corresponde à mensuração dos níveis sonoros, questionando-se simultaneamente os passageiros, tanto a respeito da caracterização do transporte coletivo, quanto sobre a percepção dos ruídos existentes durante o trajeto (presença do ruído, intensidade, causas e efeitos). Aplicado nos terminais e pontos de ônibus em diferentes regiões de Curitiba, foram questionados cerca de 808 usuários do transporte coletivo.

O nível máximo de ruído constatado dentro dos veículos foi de 81 dB (A). Considera-se um valor elevado, já que a OMS indica que um som acima de 70 dB (A) pode trazer danos particulares às pessoas.

A análise do questionário permitiu verificar que o ruído não é considerado como um fator de desconforto dentro dos ônibus, porém, apesar

disso, os usuários conseguiram identificar as fontes ruidosas dentro dos veículos e se queixam de efeitos nocivos do ruído, como irritabilidade, dor de cabeça e dificuldades de comunicação [2.2].

Outro trabalho em que a abordagem é ocupacional [2.3] seria aquele que avalia os níveis de ruído a que os motoristas de ônibus de Curitiba estão expostos.

Duas medidas foram feitas dentro de cada um dos 60 ônibus considerados neste trabalho: uma próxima ao motorista e a outra, nos fundos. Os resultados mostraram que os índices obtidos a que os motoristas estão expostos foram menores que 50% em 96,7% dos ônibus, mas o nível de exposição normalizado esteve acima dos 65 dB(A) em todos eles. Este nível é considerado como o limite de conforto, de acordo com a norma regulamentadora NR-17.

Os ônibus medidos foram separados em três categorias de acordo com suas características: “Alimentadores”, “Ligeirinhos” e “Bi-articulados”. Foram avaliados 20 ônibus de cada categoria, em um total de 60 ônibus. Dentro das diferentes categorias avaliadas, pôde-se concluir que os alimentadores são os que apresentam os maiores níveis sonoros.

Servindo-se das situações anteriormente pesquisadas, relativamente, está presente uma condição de confronto com os resultados obtidos.

Quanto a um estudo realizado[2.4] sobre o ruído ocasionado pelo tráfego de veículos em “rodovias-grandes avenidas”, dentro do perímetro urbano da cidade de Curitiba, foram avaliados os impactos no ambiente, sofridos pela comunidade, de acordo com parâmetros acústicos objetivos. Levando-se em conta os níveis de ruído, fluxo de veículos e composição do tráfego, foram

desenvolvidos modelos matemáticos capazes de estimar esses níveis de pressões sonoras. Neste estudo, comparou-se os valores medidos com aqueles calculados pelos modelos matemáticos, tal qual com os calculados segundo a norma alemã RLS-90.

Assim, constatou-se a validade dos modelos matemáticos desenvolvidos, bem como a aplicabilidade do método de cálculo proposto pela norma alemã acima referida.

Então, foram confrontados os valores médios dos níveis do ruído de tráfego nas proximidades dessas rodovias, com limites estabelecidos pela lei municipal 10.625, de 19/12/2002, que determina níveis admissíveis do ruído urbano, e ficou constatado que as pessoas que vivem ou trabalham nessas áreas estão necessariamente expostas a níveis de ruído que excedem os limites permitidos pela lei.

Denota-se o caráter conclusivo da necessidade de pesquisas na área, tanto pelo fato de ter um reduzido número de trabalhos que busquem desenvolvimento do setor, quanto pela necessidade de adequação das normas atualmente existentes.

2.2. Ruído como agente pernicioso à Saúde

Em comparação com pessoas normais, indivíduos hipertensos(HAS) são comprovadamente mais suscetíveis a desenvolver a perda auditiva(PAIR).

Isso ocorre em face de exposição habitual a fatores de risco, principalmente se há certo histórico individual a respeito. Este quadro foi fruto de

pesquisa seguida de exame clínico realizados em usuários de ônibus urbanos do município de Campinas, São Paulo, cujo objeto principal visava associar a PAIR ao tempo de exposição ao ruído.

O Comitê Nacional de Ruído e Conservação Auditiva indica como portadores de Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS), aqueles indivíduos com índice igual ou maior que 140mmHg, definida como pressão sistólica e pressão arterial diastólica de 90mmHg ou mais elevada. Já a Prevalência de Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR), corresponde à perda auditiva neurosensorial, devido a lesões nas células do órgão de Cortis.

Pesquisa da Faculdade de Saúde Pública da USP mostrou que os motoristas de ônibus estão expostos à níveis de ruído e de vibração acima do permitido por lei.

Além do trânsito caótico, estresse e insegurança gerada pela violência urbana, o motorista de ônibus, quando está dirigindo, convive com altos níveis de vibração que chegam a superar os limites de exposição definidos pela Organização Internacional para Normalização (ISO). Foi o que constatou uma pesquisa realizada pelo engenheiro Luiz Felipe Silva, na Faculdade de Saúde Pública (FSP) da USP, com motoristas entre 38 e 48 anos, de uma empresa da Zona Norte de São Paulo.

De acordo com a norma ISO 2631, o valor limite da aceleração permitido para atividade de condução de ônibus, para uma jornada de 8 horas, é de $0,63 \text{ m/s}^2$. Mas todos os valores apurados pela pesquisa em seis modelos de ônibus utilizados pela empresa, estariam acima desse limite. Um dos modelos, o veículo considerado mais instável, apresentou um nível de vibração igual a $1,07 \text{ m/s}^2$, podendo ser dirigido por apenas 3 horas e 50 minutos. Até mesmo o modelo

menos prejudicial registrou um valor de aceleração igual a $0,91 \text{ m/s}^2$, correspondente ao tempo limite de 6 horas e 30 minutos diários.

Vale salientar, que a jornada diária de trabalho de um motorista é de 7 horas e 10 minutos, sendo muitas vezes ultrapassada pelos atrasos provocados pelo trânsito e ou pelas horas-extras. "As causas da vibração estão relacionadas à falta de manutenção das vias públicas e às características mecânicas dos veículos, sobretudo à suspensão." [2.6].

2.3. Danos à saúde

Foi investigado a exposição combinada entre ruído e vibração de corpo inteiro e os efeitos na audição de trabalhadores. Entre os que exerciam a função há mais de cinco anos, 46% sofriam de Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR).

Para saber se as perdas auditivas estavam associadas ou não à vibração e ao ruído, Luiz Felipe Silva (USP) controlou, entre outras variáveis, o histórico de diabetes, doença que está associada à ocorrência da PAIR. O padrão limite de exposição ao ruído permitido pela maioria das normas sobre o tema é de 85 decibéis dB(A), para uma jornada de 8 horas. Dos trabalhadores analisados, com idade de 44 anos ou mais, com histórico de diabetes e com nível de exposição ao ruído superior ou igual a 86,8 dB(A), foi encontrada uma probabilidade de 86,2% para o desenvolvimento de doenças auditivas. No mesmo grupo, mas sem histórico de diabetes, esse número caiu para 69,3%.

Segundo o pesquisador [2.7], não houve confirmação de que a vibração associada ao ruído desencadeava doenças auditivas. "Observamos

ainda que a vibração é um fator significativo e agressor à saúde do trabalhador, causando lombalgias e outros problemas de coluna”, explica o engenheiro.

O estudo foi realizado para a tese de doutorado na Faculdade de Saúde Pública da USP, com informações obtidas do Centro de Referência em Saúde do Trabalhador do Estado de São Paulo, do Ministério Público do Estado de São Paulo, e da Promotoria de Justiça de Acidentes da Capital, entidades que promovem intervenção em ambientes e processos de trabalho, com objetivo de promover a saúde do trabalhador.

2.4. Ruído: Risco Silencioso

Dentre os riscos existentes à saúde, o ruído é certamente um dos mais presentes, já que resta indissociável do dia-a-dia, expondo, portanto, um grande número de indivíduos.

Trata-se de risco para o aparelho auditivo, com repercussões para todo o organismo. A PAIR é patologia de caráter irreversível e progressivo, desde que se mantenha a exposição ao agente, quase sempre bilateral, que inicialmente não atinge as frequências da audição da fala humana. Assim se apresenta uma situação de elevada gravidade, pois, invariavelmente, o dano vai se instalando silenciosamente, resultando na diminuição da acuidade auditiva.

Os chamados efeitos extra-auditivos podem também resultar da exposição crônica ao ruído, como por exemplo, a taquicardia, hipertensão arterial, distúrbios digestivos, fadiga, alterações da função intestinal e cardiovascular,

queda de resistência a doenças infecciosas, disfunções no sistema reprodutor, irritabilidade, ansiedade, insônia.

Além disso, há também o comprometimento no rendimento do trabalho, principalmente em tarefas que exijam atenção e concentração mental, diminuindo a produtividade do trabalhador. Ainda a capacidade para o trabalho pode ser afetada, ou mesmo proporcionar riscos ao trabalhador, na medida que impossibilite o entendimento de informações essenciais à própria segurança pessoal ou atividade laboral, como na recepção de avisos de alerta ou ordens de superiores hierárquicos, respectivamente.

Apesar de todo avanço tecnológico relacionado ao tema, os trabalhadores ainda não conseguiram impor mudanças nos ambientes laborais e na organização do trabalho, de modo a controlar esse perigoso agente. Além do mais, o ruído é sentido pelos próprios trabalhadores, não como um risco à sua saúde, mas como uma situação inerente ao seu trabalho.

São intensidades de decibéis acima do tolerável para o homem, adoecendo-o paulatina e irreversivelmente. O mero uso de protetores individuais não tem sido medida suficiente para resolver o problema, assim, torna-se necessário adotar medidas de caráter mais amplo para que essa situação seja revertida. Ao se propor modificações para o controle do ruído, é necessário prover a proteção coletiva, o que inclui três fatores: a intervenção sobre a fonte emissora do ruído, sobre a propagação do som e sobre o operador (redução de jornada de trabalho, reorganização do trabalho, uso de cabines isolantes, e por fim, de protetores auriculares).

Além do ruído, existem outros agentes que contribuem para a instalação e/ou agravamento da perda auditiva. São produtos químicos como o

tolueno, por exemplo, existentes em muitos postos de trabalho, concomitantemente com o ruído, as vibrações e alguns medicamentos, que por si só já apresentam toxicidade para o aparelho auditivo. Enquadram-se neste âmbito o arsênico, dissulfito de carbono, monóxido de carbono, cianeto, chumbo, manganês, mercúrio, n-hexano, estireno, tricloroetileno, xileno.

A prevenção é o caminho mais indicado para o enfrentamento da PAIR, através da adoção de medidas que visem estacionar as perdas auditivas já instaladas e impedir o aparecimento de novos casos. Os programas de conservação auditiva a serem desenvolvidos pelas empresas devem envolver todos os trabalhadores expostos, bem como os diferentes níveis hierárquicos, para que as medidas a serem adotadas surtam o efeito desejado.

2.5. Parâmetros de Psicoacústica

O conhecimento de parâmetros de psicoacústica utilizados para quantificar a sensação causada pela pressão sonora sobre nosso sistema auditivo tem uma grande valia, não só para o mercado automotivo, mas para todas as áreas em que o conforto do cliente é um fator importante, como por exemplo a da indústria aeronáutica. Entre outras aplicações, o conhecimento destes parâmetros podem ser utilizados para a identificação de fontes de ruído, para o estabelecimento de metas para a emissão de ruído de componentes e seu desenvolvimento, bem como, para a determinação de sons mais agradáveis de acordo com a opinião do cliente.

2.6. Qualidade Sonora dos produtos.

A qualidade sonora de todo e qualquer equipamento é mantida, desde que o ruído, sendo um fator indesejado, esteja constantemente ausente. Na incessante busca de aperfeiçoamentos, para obter-se uma melhora na qualidade de produtos, Gerges e Zmijevski [2.10] trazem à tona em pesquisa recente, a relação existente entre o nível de ruído NPS e a quilometragem, o que de certo modo retrataria o tempo de vida ou de uso dos automóveis pesquisados.

O produto de interesse comum é o automóvel em sua forma mais específica: o estudo do ruído em seu habitáculo, entre a quilometragem e seu tempo de uso. Desta forma, é possível notar que o tempo de uso causador de um desgaste crescente em seu trem de força, é o gerador do ruído de baixa frequência.

2.7. Processo de geração de ruído em Motores.

O processo de geração de ruído em motores é complexo e pode ser classificado em dois tipos diferentes de ruído, a saber:

Ruído de Combustão é a parcela do ruído do motor originado pela variação brusca da pressão dos gases. Para o Ruído Mecânico são consideradas as demais fontes de ruído.

O ruído de Combustão tem uma diferenciação entre os seus níveis e tipos de ruído o que em particular, caracteriza um parâmetro a ser considerado. Resultados apresentados por Pacheco, Barbosa e Zannin [2.11], em recente pesquisa, concluíram quanto ao experimento, que os combustíveis com

maior potência de saída, rendimento volumétrico e velocidade de queima, apresentaram níveis de ruído de combustão mais elevados.

O ruído de combustão é gerado dentro da câmara de combustão. Já a contribuição de todas as outras fontes do motor, considera-se ruído mecânico.

Como o ruído de combustão constitui a principal fonte de ruído, conhecer o nível de ruído de diferentes tipos de combustíveis é um parâmetro importante para avaliação de novos combustíveis. Assim, para tal enfoque, foram avaliados os níveis de combustão em um motor Palio - 1581 CC/16V, com uma taxa de compressão de 12,8 - utilizando três tipos diferentes de combustíveis de competição: gasolina de primeiro enchimento, gasolina especial para competições de alto nível e metanol puro. A análise dos resultados dos experimentos demonstram que os combustíveis com maior potência de saída, rendimento volumétrico e velocidade.

2.8. Análise Estatística de Conforto Acústico em Ensaios com Veículos em Estrada

As montadoras de veículos constantemente realizam testes, provas de percurso, a fim de garantir a qualidade do conforto acústico e verificar se os veículos se encontram dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

Durante a realização de provas de ruído interno veicular, há diversas variáveis envolvidas [2.12], dentre as quais se destacam a temperatura da pista, umidade relativa, pressão de calibração dos pneus, etc. Estes fatores poderiam ou não alterar os resultados obtidos. Portanto, faz-se necessária uma

avaliação estatística de como a repetibilidade dos resultados é influenciada pelo comportamento das variáveis envolvidas no processo. Este trabalho representa o passo inicial dado nesta direção, visando a compreensão de como as mencionadas variáveis podem afetar a repetibilidade e confiabilidade de testes experimentais em pistas.

2.9. Funções de Transferências Acústicas e Tácteis.

Foi implementado no interior de São Paulo, um laboratório de NVH (ruído, vibração e aspereza) [2.13], da Ford do Brasil na cidade de Tatuí, em que se verificam as funções de transferência do veículo completo. Os pontos de entrada são todos aqueles que efetivamente introduzem força na carroceria. São os pontos de fixação do chassi, motor e escapamento. Os pontos de saída tentam captar o que o consumidor perceberá.

Utilizam-se microfones e acelerômetros para estas funções de transferências acústicas e tácteis e um martelo de impacto para testes estruturais (modelo de 1.0 lb modelo PCB 086C05 ou 0.3 lb modelo PCB 086C03, com pontas dura e macia). O teste já foi implementado e encontra-se em fase de correlação com o laboratório dos EUA.

2.10. Síntese de exames sociais no aborrecimento do ruído

Para Peter Morrell [2.14], desde que o ruído foi reconhecido primeiramente como um sério agente poluente, um grande número de exames sociais foram conduzidos a fim avaliar o problema.

Com base em avaliações apropriadas das características físicas do ruído existente na comunidade, o “ruído comunitário”, é possível concluir que as respostas subjetivas da população, no tocante ao assunto, são de grande credibilidade.

Recentemente, foram revistos os dados de exames sociais a respeito do ruído do avião, do tráfego da rua, do tráfego da via expressa, e da via férrea, voltando para os dados originais publicados. Em várias avaliações, foi contraposto ao nível saudável médio, do dia e da noite. Posteriormente, foi realizado um julgamento independente, de onde, qual o lugar em que os entrevistados estariam "altamente irritados".

Os resultados de 11 desses exames permitem uma observação notável. Ele defende que a média das curvas de seus gráficos correspondem ao índice de melhor relacionamento atualmente disponível para o fim de evitar o aborrecimento da comunidade, devido ao ruído no transporte de todos os tipos.

2.11. Efeitos subjetivos da exposição de ruído do tráfego

Comparação de índices do ruído, escalas da resposta, e os efeitos das mudanças em níveis de ruído.

O ruído do tráfego e os exames sociais foram realizados em oito locais suburbanos de Londres. As moradias no local selecionado foram expostas ao ruído do tráfego que fluía livremente nos níveis que variaram de 57 a 82 dB(A), medidos como 18 horas L_{10} . O estudo foi projetado para obter medidas de ruído e as respostas subjetivas dos moradores, repetida em quatro ocasiões durante todo o ano.

Um total de 1363 entrevistas foram conduzidas, 222 respondentes cada quatro entrevistas de terminação. O ruído do tráfego foi medido como L_{10} , L_{50} e L_{eq} em linear e respondido no formulário. Os oito índices do ruído que foram encontrados para serem inter-correlacionados.

As correlações entre cada uma destes e da resposta subjetiva eram igualmente elevadas. Conseqüentemente não era possível selecionar um índice melhor do ruído experimentado nos termos do incômodo por moradores, mesmo quando os dados são altamente de confiança, derivados dos cálculos das médias de respostas. Este método foi empregado para as quatro entrevistas repetidas.

As respostas subjetivas foram medidas por meio de escala com 7 pontos para “descontentamento” e de 4 pontos na escala verbal de “incômodo”.

Foi encontrada uma correlação significativamente melhor da exposição de ruído. Os dados destes oito locais, que não se submeteram a nenhuma mudança em níveis de ruído durante o exame, foram comparados com os dados obtidos “antes e depois”, aproximadamente sobre um período.

Contagens do descontentamento e do incômodo, depois que a circunstância foi encontrada para diferir daquelas que seriam preditas da estatística e das condições imutáveis.

Um número de razão possível é discutida e sugere-se que a predição dos efeitos que resultam dos procedimentos da redução de ruído requeriam um estudo adicional.

2.12. Causas e efeitos

Colleoni e Cols (1981) [2.15], comentam que na faixa de frequências baixas, iniciando-se com as frequências infra-sônicas (abaixo de 16Hz), os efeitos do ruído não são auditivos, e dentre eles estão enjoos, vômitos e tonturas.

À medida que a frequência aumenta, os efeitos são diferentes e podemos encontrar alterações na atenção e concentração mental, no ritmo respiratório, ritmo cardíaco, aumento da irritabilidade, perda de apetite e estados pré-neuróticos.

Segundo Alexandry (1982) [2.16], existe uma relação entre a intensidade do ruído e os efeitos subjetivos. O som, de acordo com sua intensidade, pode apresentar respostas somáticas (vasoconstrição periférica, hiporritmia ventilativa), química (secreção de substâncias glandulares que produzem trocas químicas na composição do sangue, urina, e suco gástrico) e psicológicas (interferência no sono, tensão, irritabilidade e nervosismo).

Fiorini e Cols(1991) [2.17], afirmam que o ruído pode perturbar o trabalho, o descanso, o sono, e a comunicação nos seres humanos; podendo prejudicar a audição e causar ou provocar reações psicológicas e fisiológicas.

Kitamura e Costa(1995) [2.18], descrevem que a exposição à ruídos elevados, produz efeitos não auditivos, por via polineural. Algumas teorias citam que o estímulo auditivo antes de atingir ao córtex cerebral, passa por inúmeras estações subcorticiais em particular das funções vegetativas, o que explica os efeitos extra-auditivos do ruído.

CAPÍTULO III - HISTÓRICO E LEGISLAÇÃO DA ACÚSTICA

3.1. Histórico da Acústica

A Acústica tem sido objeto de estudo desde a mais remota idade e um dos primeiros registros que se tem conhecimento é dado por um dos mais renomados observadores da natureza denominado Pitágoras (569-500 aC) que viveu no século VI A.C.

A sua principal observação sobre a Acústica foi a de ter a percepção de que em uma corda que emite som ou nota em uma determinada frequência, logo, obtém-se a mesma nota em frequências diferentes utilizando-se a terça parte da mesma corda [3.1]. Este fato que só obteve comprovação científica no ano de 1822 com a proposição de seu teorema por Fourier.

Aristóteles (348-322 a.C) cerca de duzentos anos depois de Pitágoras, entre suas experiências, também se ocupou do estudo do som relacionado a Música. Desenvolveu modelos sobre a propagação das ondas sonoras no ar.

Euclides (330-275a.C), considerado entre os mais célebres matemáticos na antiguidade, também se aproximou das idéias de Aristóteles, estudando as cordas em detalhes. Estabeleceu regras relativas sobre reflexão do som e a propagação do movimento vibratório. A influência de Aristóteles prosseguiu até a Idade Média

Ptolomeu (130 a.C) foi outro estudioso do som, na Antigüidade. Ele desenvolveu o diagrama geométrico pretendendo estabelecer relações harmônicas entre as cordas e os tons musicais.

Galileu Galilei (1564-1642) descobriu o fenômeno da ressonância. Ele verificou que uma corda pode vibrar pela excitação provocada por uma outra corda próxima que tenha as mesmas características físicas. Descobriu ainda que cada pêndulo tem seu próprio período de vibração definido e determinado, assim, a idéia de que cada corpo vibra preferentemente nas suas frequências naturais.

A Academia de Ciências, em Florença, constituiu um desafio aos princípios da Geometria, Astronomia, Aritmética e Música. Torricelli (1608-1647), construiu o primeiro aparelho a vácuo, que possibilitou a Kiercher demonstrar que o som não se propaga no vácuo.

Mersenne (1558-1648) cria a teoria das leis completas sobre cordas vibrantes. Foi o primeiro a realizar tentativas de experimentação da velocidade do som. Usou o próprio coração para medir a diferença entre a detonação de um revólver e a chegada do som produzido pela explosão.

Gassendi (1592-1655), utilizando o disparo de um canhão e de uma espingarda, provou que a velocidade de um som é independente da frequência do mesmo, ou seja, que a velocidade de um som grave é a mesma que de um som agudo, dentro das mesmas condições.

Com isso contrariou as afirmações de Aristóteles, de que um som agudo se propaga com maior velocidade do que um som grave.

Kiercher (1642-1727) provou que o som não se propaga no vácuo. (Torricelli havia acabado de construir o primeiro aparelho a vácuo).

Os experimentos que determinaram a velocidade do som no ar floresceram no século XVIII. Foi também quando se determinou que a velocidade do som em sólidos, em líquidos e em gases são diferentes.

Newton (1642-1727) calculou a velocidade do som no ar obtendo o valor de 280m/s.

Lagrange, setenta anos mais tarde, conclui que para medir a velocidade do som, deveria ser considerado a variação de temperatura. Demonstrou assim que a propagação do som não pode ser medida por um processo isotérmico.

Laplace (1749-1827) mudou as equações de Newton e obteve o valor de 340m/s para a velocidade do som no ar.

O segundo ramo (estudo do som nas suas múltiplas variantes), por seu turno, viria a sofrer uma subdivisão análoga na Idade Moderna, mas com conseqüências assaz diferentes. De fato, enquanto um dos ramos evolutivos daquele convergiria para um caráter mais científico, o outro, degeneraria no processo evolutivo do primeiro ramo, o das artes e ciências musicais. Este último levaria a um refinamento do que viria a constituir na Idade Contemporânea uma ciência física, a Acústica.

Outros estudiosos se destacam nessa fase: Helmholtz (1821-1894) e Lord Rayleigh (1842-1919) foram um marco histórico no estudo da acústica. Desenvolveram a teoria da soma e da Acústica, assim como, a diferença de tons e a teoria dos ressonadores (Ressonados de Helmholtz).

Em 1867, Helmholtz cria a teoria da “ressonância do ouvido-discriminação dos sons na cóclea”. Lord Rayleigh (1877) publicou experiências que relatam a sensibilidade do sistema auditivo.

No século XIX, Sir Charles Wheatstone (1802-1875) fez experimentos relacionados a audição, dando origem ao microfone. No final do século XIX e início do século XX começa nova fase de progresso para a Acústica.

Estudiosos que se interessavam pela área de Elétrica e Eletrônica, passaram a se interessar por Acústica. Isso se deu pela necessidade de comunicação que tendia a ser mais eficiente, rápida e segura, devida a I Guerra Mundial e por motivos econômicos. Sabine em 1925 iniciou a época da Acústica Arquitetônica (condições acústicas do teatro). Ele mostrou que Vitruvius (20 d. C arquiteto e engenheiro romano da época de Augusto) já se preocupava com as condições acústicas dos teatros, apontando a interferência dos ecos e reverberações como fatores de “ reforço”. Vitruvius aconselhava o uso de vasos nos palcos, agindo como reforçadores da voz, assim como propunha que os atores usassem megafones adaptados as mascaras, para aumentar a intensidade da voz, por direcionalidade.

No final da II Guerra Mundial o uso do ultra-som começa a surgir e foi utilizado para a detecção de objetos submarinos, mas em medicina também foi consagrado.

A partir de 1930, a Acústica passa a constituir diversas especialidades: Acústica Fisiológica; Psicoacústica; Acústica Médica; Acústica Arquitetônica; Técnicas de controle de ruídos;

Atualmente, é possível afirmar que a Acústica, apesar de estar contida na vasta Física, mostra claramente uma inserção no campo da música, pelo fato de fornecer determinadas ferramentas teóricas a esta, o que pode ser constatado através de técnicas musicais clássicas.

O Brasil teve início seus estudos acústicos no ano de 1954, com o Professor R. R. Wallauschek, no curso de Eletro-acústica do instituto tecnológico de Aeronáutica e na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, pelo Professor P. T. Bittencourt, com o curso de Áudio-técnica.

O Paraná registra como primeiro estudo sobre acústica, a tese de Livre Docência do Professor Leônidas Mocelin, que em 1951, com seu trabalho intitulado “Profilaxia dos Traumatismos Sonoros na Surdez Profissional”[2.1], conquista o pioneirismo sobre o assunto.

3.2. Considerações Legais sobre o ruído.

No Brasil o Imperador D. Pedro I baixou portaria, em 1825, na qual determinava ao intendente de polícia no Rio de Janeiro “as mais terminantes ordens proibindo a incomoda chiadeira dos carros dentro da cidade” [3.2]. Após isso sucederam no Brasil diversas leis sobre ruído, como o decreto-lei 1.259 de 09/05/1939. O decreto lei 3.688 de 05/10/1941, conhecido como Lei das Contravenções Penais, define como contravenção “perturbar alguém com ruídos”.

O Estado de São Paulo na sua Capital, a lei 4805 de 29/09/1955 regulamentada pelo decreto lei 3962 de 26/08/1958, estabeleceu, pela primeira vez no mundo, uma divisão urbanística levando em conta o ruído [3.3].

Sobre o transporte coletivo, artigo 30 da Constituição da República Federativa do Brasil, contempla aos municípios a legislar, de acordo com seu inciso V, que versa sobre a designação e prestação, direta ou sob regime de concessão ou de permissão, os serviços públicos de interesse local, incluindo o transporte coletivo, que tem caráter essencial.x

3.3. Programa Silêncio

Refere-se à resolução do CONAMA – Conselho Nacional do meio ambiente (nº002 de 08 de março de 1990), institui o “Programa Silêncio”.

O “Programa Silêncio” institui um programa nacional de educação e controle da poluição Sonora que traz em seu artigo primeiro os seguintes objetivos:

a) Promover cursos técnicos para capacitar pessoal e controlar os problemas de poluição sonora nos órgãos de meio ambiente estadual e municipais em todo o país;

b) Divulgar junto à população, através dos meios de comunicação disponíveis, matéria educativa e concientizadora dos efeitos prejudiciais causados pelo excesso de ruído.

c) Introduzir o tema "poluição sonora" nos cursos secundários da rede oficial e privada de ensino, através de um Programa de Educação Nacional;

d) Incentivar a fabricação e uso de máquinas, motores, equipamentos e dispositivos com menor intensidade de ruído quando de sua utilização na indústria, veículos em geral, construção civil, utilidades domésticas, etc.

e) Incentivar a capacitação de recursos humanos e apoio técnico e logístico dentro da política civil e militar para receber denúncias e tomar providências de combate para receber denúncias e tomar providências de combate à poluição sonora urbana em todo o Território Nacional;

f) Estabelecer convênios, contratos e atividades afins com órgãos e entidades que, direta ou indiretamente, possa contribuir para o desenvolvimento do “Programa Silêncio”.

O estabelecimento da competência da coordenação fica ao Ibama e a implementação aos estados e municípios.

Compete aos Estados e Municípios a definição das sub-regiões e áreas de implementação prevista no “Programa Silêncio”;

Sempre que necessário, os limites máximos de emissão poderão ter valores mais rígidos fixados a nível Estadual e Municipal.

3.4. Resolução nº 6, de 31 de agosto de 1993

Considerando que a emissão de poluentes por veículos automotores contribui para a contínua deterioração da qualidade do ar, especialmente nos centros urbanos;

Considerando que a desregulagem dos veículos automotores contribui significativamente para o aumento das emissões de poluentes e do consumo de combustíveis;

Considerando que o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, prevê a implantação de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso em grandes centros urbanos;

Considerando que as dificuldades de acesso às recomendações e especificações de regulamentação e manutenção dos veículos automotores por parte das oficinas mecânicas independentes e do público em geral representam sérias limitações ao desenvolvimento do PROCONVE;

Considerando ser de extremo interesse público e ambiental a divulgação de forma abrangente das especificações de regulamentação e manutenção dos veículos automotores pelos fabricantes e importadores;

Considerando, também, as disposições do Código de Proteção e Defesa do Consumidor - Lei nº 8.078, de 11/09/1990, resolve:

“Art. 1º Os fabricantes e empresas de importação de veículos automotores deverão, num prazo máximo de 90 dias a partir da publicação desta Resolução, dispor de procedimentos e infraestrutura para a divulgação sistemática, ao público em geral, das recomendações e especificações de calibração, regulagem e manutenção do motor, dos sistemas de alimentação de combustível, de ignição, de carga elétrica, de partida, de arrefecimento, de escapamento e sempre que aplicável, dos componentes de sistemas de controle de emissão de gases, partículas e ruído.

§ 1º Para os veículos comercializados a partir do ano-modelo, 1994, inclusive, a divulgação das recomendações e especificações de calibração, regulagem e manutenção deve ser feita sempre que houver introdução no mercado de novos modelos, novas versões de veículos ano-modelo já em comercialização e mudança de ano-modelo.

§ 2º Para os veículos comercializados a partir do ano-modelo 1988, inclusive, até os veículos ano-modelo 1994, a compilação das recomendações e especificações de calibração, regulagem e manutenção devem estar disponível ao público em geral num prazo máximo de 270 dias, a partir da publicação desta Resolução.

§ 3º Para os veículos comercializados a partir do ano-modelo 1988 até os veículos ano-modelo 1970, a compilação das recomendações e especificações de calibração, regulagem e manutenção devem estar disponível ao público em geral num prazo máximo de 540 dias, a partir da publicação desta Resolução.

§ 4º Todas as informações a serem divulgadas de acordo com o § 1º devem ser também anexadas aos processos de solicitação de Licença para uso da Configuração do Veículo ou Motor - LCVM do fabricante ou importador.

Art. 2º Ficam isentos do atendimento dos requisitos desta regulamentação os veículos fabricados para utilização não convencional, como veículos militares, máquinas agrícolas e de pavimentação, terraplenagem e

outros de aplicação especial, previamente justificados e dispensados pelo IBAMA.

Art. 3º O IBAMA poderá estabelecer convênios, contratos e atividades afins com órgãos ou entidades que, direta ou indiretamente, possam contribuir para o desenvolvimento das atribuições desta Resolução.

Art. 4º Caberá ao IBAMA deliberar sobre os casos omissos nesta Resolução.

Art. 5º Aos infratores ao disposto nesta Resolução o IBAMA poderá suspender a emissão de novas LCVM e serão aplicadas as penalidades previstas na Lei 6.938, de 31/08/81, com redação dada pela Lei nº 7.804, de 18/07/89, sem prejuízo das demais penalidades previstas na legislação específica, bem como das sanções de caráter penal e civil.”

No município de São Paulo, a lei 4.805 de 29/09/1955 regulamentada pelo decreto lei 3.962 de 26/08/1958, estabeleceu pela primeira vez no mundo, uma divisão urbanística levando em conta o ruído [1.13].

A Capital paranaense, registra a sua primeira lei, a 2733 de 31/12/1965 conhecida com a lei do silêncio.

A lei nº 10.625 com publicação recente no diário Oficial do Município de Curitiba datada em 19/12/02, dispõe sobre ruídos urbanos, proteção do bem estar e do sossego público e da outras providencias, apesar de bem cuidada, ainda não tem em seu contexto o cuidado de cuidar da saúde da população no transporte público ou coletivo com relação ao ruído.

Com um conteúdo bastante elaborado, de transparência em seus conceitos como a seguir:

“Art. 2º - Para os efeitos desta Lei, aplicam-se as seguintes definições:

I. *SOM*: vibração acústica capaz de provocar sensações auditivas.

II. *RUÍDO*: som capaz de causar perturbação ao sossego público ou efeitos psicológicos e fisiológicos negativos em seres humanos e animais.

III. *VIBRAÇÃO*: movimento oscilatório transmitido pelo solo ou por uma estrutura qualquer.

IV. *POLUIÇÃO SONORA*: emissão de som ou ruído que seja, direta ou indiretamente, ofensiva ou nociva à saúde, à segurança e ao bem estar da coletividade ou transgrida as disposições fixadas nesta lei.

V. *RUÍDO IMPULSIVO*: som de curta duração, com início abrupto e parada rápida, caracterizado por um pico de pressão de duração menor que um segundo.

VI. *RUÍDO CONTÍNUO*: som com flutuação de nível de pressão sonora tão pequena, que pode ser desprezada dentro do período de observação.

VII. *RUÍDO INTERMITENTE*: som cujo nível de pressão sonora cai abruptamente ao nível sonoro do ambiente, várias vezes durante o período de observação, desde que o tempo em que o nível sonoro se mantém constante e diferente daquele do ambiente seja de ordem de grandeza de um segundo ou mais.

VIII. *RUÍDO DE FUNDO*: sons emitidos durante o período de observação, que não aquele objeto da medição.

IX. *NÍVEL EQUIVALENTE (Leq)*: nível médio de energia do som, obtido integrando-se os níveis individuais de energia em um período de tempo e dividindo-se pelo período.

X. *dB (Decibel)*: unidade de medida do nível de ruído.

XI. *dB(A)*: curva de avaliação normalizada e adaptada à capacidade de recepção da audição humana.

XII. *ZONA SENSÍVEL À RUÍDO OU ZONA DE SILÊNCIO*: é aquela que, para atingir seus propósitos, necessita que lhe seja assegurado um silêncio excepcional. Define-se como zona de silêncio a faixa determinada

pelo raio de 200 metros de distância de hospitais, escolas, bibliotecas públicas, hotéis, postos de saúde ou similares.

XIII. LIMITE REAL DA PROPRIEDADE: aquele representado por um plano imaginário que separa a propriedade real de uma pessoa física ou jurídica de outra.

XIV. SERVIÇO DE CONSTRUÇÃO CIVIL: qualquer operação de escavação, construção, demolição, remoção, reforma ou alteração substancial de uma edificação, estrutura ou obras e as relacionadas a serviços públicos tais como energia elétrica, gás, telefone, água, esgoto e sistema viário.

Art. 3º - Para fins de aplicação desta Lei, ficam definidos os seguintes períodos:

I. DIURNO: das 07h01 às 19:00h;

II. VESPERTINO: das 19h01 às 22h00;

III. NOTURNO: das 22h01 às 07h00.”

CAPITULO IV - CONCEITOS FUNDAMENTAIS

4.1. Conceitos introduzidos pela implantação do Sistema de Transporte Coletivo na Cidade de Curitiba[1.5].

4.1.1. Alimentadores:

São ônibus convencionais, que operam com cobrador e motorista, e como seu nome já sugere, sua função é de alimentar os terminais transportando passageiros das periferias e arrabaldes, como também de regiões que não são servidas por ônibus e que fogem das rotas dos ônibus que transitam nas canaletas até o terminal.

4.1.2. Bi-articulado:

Ônibus com três composições ligadas por articulações e em sua primeira composição situa-se: seu trem de força com motorização central e transmissão automática.

A capacidade de transporte de passageiros é muito maior que a de um ônibus convencional, com uma área de 29,18m² útil no habitáculo e uma ocupação de 6,5 passageiros por m² perfazendo uma ocupação de 189 passageiros em pé e 47 na condição de sentados, trafegam em sua maioria em canaletas de uso exclusivos o que é salutar para desafogar e descongestionar o trânsito.

Seu ponto de parada é exclusivamente em Estações-tubo onde suas portas, ao abrirem, projetam o piso fazendo um nivelamento e ligação entre

a estação tubo e o Ônibus. Há um sistema eletrônico de anúncio de paradas e também uma demarcação para parada de carrinhos de bebê e cadeiras de rodas com trava-rodas, agindo como dispositivo de segurança, além de lugares demarcados como preferenciais para idosos e gestantes.



Figura 1 - Vista da canaleta com Bi- Articulado na Estação Tubo

4.1.3. Canaleta:

São vias de circulação exclusiva de ônibus que contam com três pistas e, normalmente, a central é a que recebe a circulação de ônibus, enquanto que as duas laterais recebem o fluxo e contra-fluxo de um trânsito.

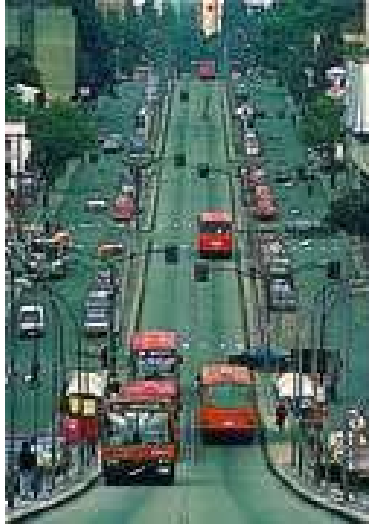


Figura 2 - Canaleta do Expresso Bi-Articulado

4.1.4. Circular Centro:

Seu circuito é de um círculo ao redor do centro da cidade, sendo uma linha no sentido de fluxo e outra no contra-fluxo, completando os 360 graus, e em particular se compõe de micro-ônibus com a característica de não terem bancos e sim apoios estofados, que servem para encosto ou apoio, com a função de permitir um maior número de passageiros, pois se trata de percursos extremamente curtos.

4.1.5. Estações-tubo:

São estações montadas em uma estrutura metálica, com forma cilíndrica com piso e teto revestidos de chapas metálicas, com laterais envidraçadas fazendo o acompanhamento cilíndrico de sua forma. O tampo e o fundo do cilindro é destinado para o fluxo de passageiros entre a rua e o tubo, e em um destes locais localiza-se o cobrador que atende a catraca eletrônica que

aceita cartões digitais e também o elevador para carrinhos de bebês e cadeiras de rodas que permite o livre trânsito destes usuários por toda cidade.



Figura 3 - Estação Tubo Com Cobrador

4.1.6. Inter Hospitais:

Seu trajeto objetiva fazer a ligação entre os principais hospitais da cidade.

4.1.7. Inter bairros:

São trajetos que circulam a cidade de bairro em bairro e em cada linha recebe uma numeração e quanto mais alta a numeração, maior é o afastamento do centro da cidade, sendo sempre uma de fluxo e outra de contra-fluxo.

4.1.8. Ligeirinho ou Linha direta:

São linhas urbanas com as características de terem seus ônibus projetados para operar segundo seus padrões que vão desde portas especiais com plataformas que articulam até locais especiais para parada que são as Estações-tubo, que em relação aos ônibus convencionais existem em menor número, proporcionando menor número de parada conseqüentemente, uma maior velocidade média.



Figura 4 - Ligeirinho na Estação Tubo

4.1.9. Linha Turismo:

É um trajeto que tem como ponto de parada os pontos turísticos da cidade, e em cada ponto, aguarda por um certo tempo para possibilitar a visita do local pelo turista, permitindo assim, que este faça todo o percurso turístico com uma só passagem.

4.1.10. Poltronas Preferenciais:

São poltronas demarcadas com lugares preferenciais para gestantes e idosos.

4.1.11. Pontos de integração:

São locais como terminais e Estações-tubo que permitem que o passageiro efetue a troca de ônibus sem ter que pagar uma nova tarifa, podendo alcançar qualquer ponto de Curitiba.

4.1.12. Sistema Integrado de Transporte Coletivo:

É o sistema de transporte que permite que o passageiro que está em uma determinada rota, troque de rota sem ter que pagar novamente a passagem.

4.1.13. Terminais

São pontos de integração localizados nos extremos dos eixos estruturais. Passageiros das regiões vizinhas alcançam um dos 21 terminais existentes por meio de "linhas alimentadoras". Os ônibus da Linha Expresso complementam o trajeto até o centro da cidade. Concentração de paradas de ônibus de uma determinada região que recebem os alimentadores, inter bairros, ligeirinhos, bi-articulados e outros.

4.1.14. Urbs:

É a empresa que gerencia o Transporte Urbano na cidade de Curitiba.

4.1.15. Via Expressa:

São vias onde a circulação de veículo conta com um maior fluxo por poderem atingir uma maior velocidade e seu fluxo é sempre em uma direção e de modo geral são vias preferenciais.

4.2. Dados Característicos do Transporte Coletivo de Curitiba:

Passageiros em dias úteis: 1.100.000 passageiros/pagantes em 1.900.000 passageiros transportados RIT (Rede Integrada de Transporte). Na Grande Curitiba são 1.250.000 passageiros/pagantes em dias úteis e 2.050.000 transportados. Frota Total Sistema Integrado – 2.160 ônibus. Frota Total Grande Curitiba - 2.530. Municípios com acesso à integração - São José dos Pinhais, Pinhais, Colombo, Piraquara e Rio Branco do Sul, Almirante Tamandaré, Fazenda Rio Grande, Campo Largo, Campo Magro, Araucária, Contenda e Itaperuçu. Estações-tubo:351. Canaletas exclusivas: 72 km (no Brasil, 11 cidades – incluindo Curitiba - possuem 123,2 km de vias exclusivas).

Cinco grandes corredores: Boqueirão, Norte, Sul, Leste e Oeste. Pontos de parada: 5 mil. Terminais de integração: 21 urbanos e 7 metropolitanos.

Transporte especial: feito através do SITES (Sistema de Transporte de Ensino Especial), no Cristo Rei, com 2.600 alunos transportados por dia em 38 linhas que atendem a 36 escolas especializadas.

Linhas: 469 linhas - Grande Curitiba sendo 388 integradas
Viagens por dia: No Sistema integrado são 21mil viagens por dia/útil. Na Grande Curitiba são 23 mil viagens por dia/útil.

Linha com o maior itinerário: Interbairros III (31 km com 26 mil passageiros do bairro Santa Cândida ao Capão Raso)

Linha com o menor itinerário: alimentador Conjunto Mercúrio (Terminal Centenário – bairro = 1000 passageiros por dia; 2 km)

O maior deslocamento: Rio Branco do Sul a Contenda (70 km; 4 baldeações)

4.3. Especificação Técnica de Carroceria dos Veículos Categoria Linha Direta:

Considerando que o ruído sempre tem um emissor, um receptor e um meio condutor, os itens relacionados abaixo, que são de exigência da Urbs, sempre estão ligados ao comportamento do ruído como emissores, fontes ou receptores.

18 - É obrigatório o uso de equipamento de Áudio Digital, eletrônico, microprocessador, para reprodução de seqüência de mensagens permanentes;

34 - Instalar anunciador de voz de fechamento das portas de serviço homologado pela URBS, com mensagem pré-gravada “As portas serão fechadas em um segundo”, potência de saída mínima 20W RMS, com ajuste de volume quando alimentado com 28V e carga de 8 ohms;

39 - O veículo deverá possuir instalação elétrica completa para sistema de áudio, com no mínimo, 06 alto-falantes (full range, 4 a 8 ohms, potência de 20 a 40 watts/rms e tamanho de 6 polegadas), distribuídos simetricamente ao longo do veículo, os mesmos deverão ser afixados no teto do veículo ou flexal, as telas dos alto-falantes deverão ser de metal estampado;

40 - Na região do motor, o piso deverá ser revestido com material isolante térmico, acústico e a prova de fogo;

41 - O piso deve ser em alumínio lavrado invertido ou liso lavrado e escovado, com espessura calculada para máximo vã livre entre apoios e carga de projeto (6,5 pass./m²), recoberto com a manta de borracha antiderrapante com proteção de UV, na cor grafite, espessura mínima de 3 mm (canelada), lisa sob os bancos e canelada no corredor ref. B1901/ B1906 da Mercur ou similar, desde que homologada pela URBS. Preferencialmente, visando a eliminação dos

supracitados frisos nas emendas da manta de borracha lisa com a canelada, poderá ser aplicado adesivo ref. EC 2140 da 3M ou similar, na largura de 30mm de cada borda, sendo admitido também, o uso de dois frisos longitudinais na junção do tapete liso com o estriado;

42 - No teto devem ser instalados, no mínimo 03 escotilhas de ventilação;

49 - A capacidade mínima para os veículos deve ser de:

MOTOR TRASEIRO: 104 passageiros (sendo 32% do total sentado).

MOTOR CENTRAL: 115 passageiros (sendo 29% do total sentado);

51 - A disposição dos assentos deve seguir o padrão em planta com capacidade variável conforme o tipo dos chassis;

56 - O veículo deverá possuir um sistema alerta (sirene intermitente), quando o mesmo for utilizar a marcha ré, com atenuador noturno duplo volume da VSP, modelo AS-324 ou similar, que deverá emitir níveis de ruído máximo de 75 decibéis (com meia luz ligada) e 90 decibéis (sem luz ligada), valores medidos a 1,00 m da traseira do ônibus, com o motor desligado;

4.4. O processo físico da audição

Segundo Pivotti (2002) [4.1] o processo auditivo começa na propagação da onda sonora através principalmente, do ar, que ocasiona vibrações mecânicas na membrana timpânica, que são transmitidas quase sem perdas do ouvido médio para o ouvido interno. Os efeitos mecânicos que lá ocorrem, são responsáveis pelo impulso elétrico nervos que são transmitidos via nervo auditivo, causando a sensação da audição.

O órgão da audição é um receptor externo que possui um isolamento acústico especial que atenua os sons provenientes de nosso próprio corpo, inclusive, o som da nossa própria voz. As estruturas desse receptor podem em conjunto, discriminar cerca de 500.000 sons e são responsáveis pelo equilíbrio humano.

Aparelho auditivo: Podemos dividir o aparelho auditivo em três partes: ouvido externo, responsável pela captação e condução do som; ouvido médio, responsável pelo acoplamento de impedâncias e ventilação; e ouvido interno, responsável pela transdução mecano-elétrica e equilíbrio estático e dinâmico.

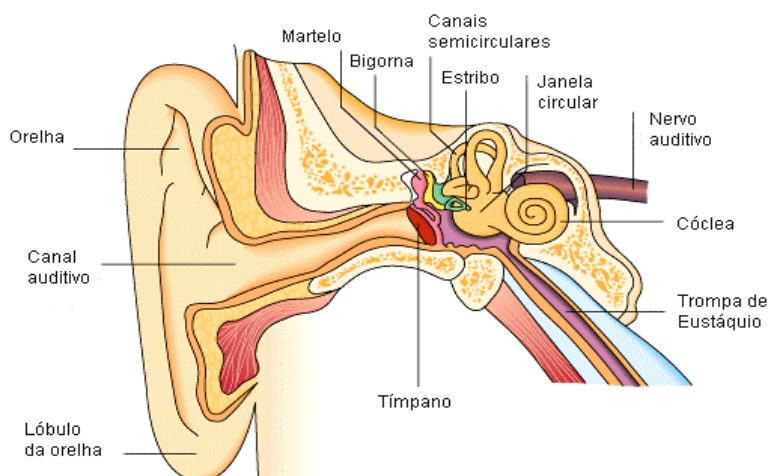


Figura 5 - Visão geral do aparelho auditivo

4.4.1. Ouvido Externo:

É constituída pelo pavilhão auricular e meato acústico externo. A membrana timpânica é o elemento delimitador entre a ouvido externo e média.

Observa-se que em muitos animais a forma e a complexa capacidade de movimentação do pavilhão auricular conferem-lhes função direcional na captação do som e localização da fonte sonora. O homem, entretanto, possivelmente nunca possuiu essa capacidade, porém, o pavilhão auricular humano auxilia na captação e canalização dos sons para o meato acústico.

O pavilhão auricular através das características (tamanho e distância de separação) de suas reentrâncias, é capaz de reforçar a intensidade dos sons audíveis e canalizá-los através de refrações e reflexões sucessivas para o meato acústico externo. Este por ser um tubo fechado em uma das extremidades pela membrana timpânica, funciona como uma cavidade ressonante, reforçando os sons desejados.

4.4.2. Ouvido Médio:

Esta é uma cavidade constituída pela caixa do tímpano, pelo processo mastóide e uma comunicação com o exterior chamada de tuba auditiva (antiga Trompa de Eustáquio).

A caixa do tímpano pode ser considerada como uma cavidade irregular, cuja parede é composta em sua maior parte pela membrana do tímpano. Na parte superior observa-se um orifício recoberto por uma membrana denominada janela oval e na parte inferior encontra-se outro orifício membranoso denominado janela redonda. As janelas oval e redonda delimitam o ouvido médio do ouvido interno. A janela oval comunica a energia mecânica da onda sonora à cóclea.

Na parede anterior (parede carótida) observamos o canal da tuba auditiva que comunica a caixa timpânica com o exterior, através da nasofaringe. A função principal deste canal é igualar a pressão interna da caixa do tímpano com a pressão atmosférica existente no meato acústico.

A função principal do ouvido médio é realizar o acoplamento de impedâncias, entre o meato acústico externo e a cóclea. A energia mecânica transmitida pela onda sonora através do ar precisa alcançar a cóclea, preenchida por um líquido, sem que haja perdas significativas, caso contrário não conseguirá ter qualquer sensação auditiva. Como temos dois meios de impedâncias diferentes, é necessário, portanto, que haja um elemento intermediário entre eles para realizar o acoplamento de impedâncias.

4.4.3. Cadeia Mecânica – Sistema de Alavanca

No ouvido médio encontra-se a cadeia mecânica (martelo, bigorna e estribo) responsável pela transmissão da energia mecânica sonora para as estruturas da ouvido interno, através de um sistema de alavanca. A membrana timpânica está ligada, em sua parte interna central, ao cabo do martelo que se encontra ligado à bigorna. A extremidade oposta da bigorna se articula com a haste do estribo, cuja base está acoplada à janela oval da cóclea.

Os ossículos estão suspensos por ligamentos de tal forma que o martelo e a bigorna, juntos, funcionem como uma alavanca simples. A articulação da bigorna com o estribo faz com que a base do estribo impulsione (puxando ou empurrando) a membrana da janela oval, fazendo o líquido coclear (perilinf) oscilar todas as vezes que o martelo movimentar-se.

Dessa forma, podemos dizer que o estribo funciona como um pistão ósseo sobre a janela oval. O sistema de alavanca funciona de tal forma que a pressão acústica da onda sonora sobre a janela oval é aumentada em cerca de 22 vezes que aquela exercida sobre a membrana timpânica. A cóclea está preenchida por um líquido, e para causar uma vibração no líquido que possui uma impedância muito grande em relação ao ar, é necessária uma pressão muito maior.

O ouvido médio promove um acoplamento de impedâncias para frequências na faixa de 300 a 3000 Hz, possibilitando a utilização da maior parte da energia das ondas sonoras incidentes.

É importante salientar que na ausência do sistema ossicular e do tímpano, as ondas sonoras podem caminhar diretamente através do ar do ouvido médio e chegar à cóclea pela janela oval. Esta situação, no entanto, causa perda de 20 a 30 dB na sensibilidade auditiva.

4.4.4. Controle da amplificação sonora – reflexo acústico.

Quando a intensidade sonora é muito grande, o mecanismo de amplificação é atenuado através da contração reflexa de certos músculos. Esta reação reflexa ocorre após latência de aproximadamente 40 a 80 ms e levam à contração dos músculos estapédio e tensor do tímpano.

Este último tem seu tendão inserido no cabo do martelo e o desloca para dentro enquanto o músculo estapédio – inserido no colo do estribo – se contrai empurrando o estribo para fora. A atuação dessas duas forças opostas causa um alto grau de rigidez em todo sistema ossicular para sons abaixo de

1kHz. Essa atenuação pode reduzir a intensidade sonora em até 40 dB que é aproximadamente a mesma diferença entre voz alta e o murmúrio. Este mecanismo tem, também, as seguintes funções :

Proteger a cóclea de vibrações lesivas, causadas por som excessivamente alto.

Mascarar os sons de baixa frequência em ambientes ruidosos. Isto comumente elimina grande parte do ruído de fundo e permite à pessoa concentrar sua atenção sobre os sons acima de 1kHz, faixa onde é transmitida a maior parte das informações pertinentes à comunicação verbal.

Diminuição da sensibilidade auditiva da pessoa à sua própria voz. Esse efeito é ativado através de sinais transmitidos para esses músculos ao mesmo tempo em que o cérebro ativa o mecanismo da voz

4.4.5. Ouvido Interno

É constituído, basicamente, pelos canais semicirculares e pela cóclea. Possui duas rampas separadas entre si por duas membranas chamadas de Reissner e basilar. A rampa superior, delimitada pelas paredes da cóclea e a membrana de Reissner, é denominada rampa vestibular, enquanto que a rampa inferior, delimitada pela membrana basilar e paredes da cóclea é denominada rampa timpânica. Essas rampas estão preenchidas pela perilinfa.

Os canais semicirculares ficam dispostos como três alças, na parte superior da cóclea e são preenchidos pela perilinfa. A atuação conjunta desses canais e de suas células especializadas nos fornece o equilíbrio e a

orientação espacial necessárias para movimentação. Ao conjunto da cóclea com os canais semicirculares dá-se o nome de labirinto

A energia mecânica transmitida pela vibração da base do estribo sobre a janela oval, penetra na rampa vestibular. O movimento do estribo para dentro da janela faz com que o líquido se movimente para o interior da rampa vestibular, enquanto o movimento para fora faz com que o líquido se desloque de volta.

Quando essas oscilações acontecem, é gerada uma onda que se propaga ao longo da rampa timpânica e em direção ao helicotrema. Cada onda se inicia relativamente pouco intensa, mas, tem sua amplitude aumentada quando atinge a região da rampa timpânica cuja frequência natural de ressonância é igual à frequência da onda sonora que a gerou. Nesse ponto a membrana basilar pode vibrar com tal facilidade que a energia da onda é totalmente absorvida e ela “morre” ali mesmo, não existindo mais ao longo da rampa vestibular.

Esticando a cóclea e a dividindo em três partes iguais, podemos dizer que uma onda de alta frequência terá sua energia absorvida pela membrana basilar a uma distância correspondente ao primeiro terço, uma onda de média frequência, será absorvida dentro do segundo terço da extensão coclear, e uma onda sonora de baixa frequência só será absorvida no terceiro terço da extensão coclear.

4.5. Acústica

A Acústica [4.2] tem como meta o estudo das causas e efeitos do som.

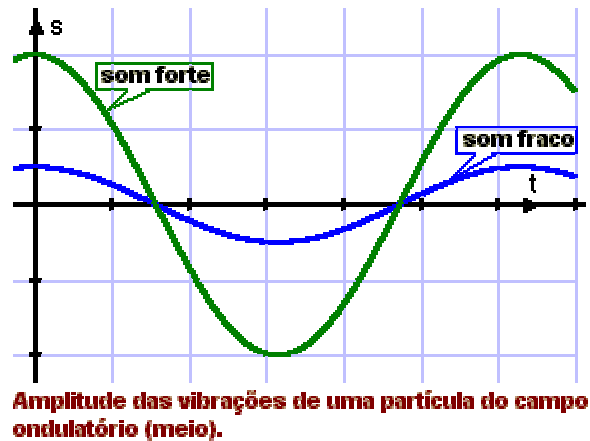


Figura 6 - Onda Acústica

O Som é definido como qualquer variação de pressão em um meio Material que pode ser o ar, a água ou em meios em que possibilite a propagação sonora e que um ouvido humano integro tenha condições de ser sensibilizado pela propagação da onda mecânica detectando sua propagação.

As sensações sonoras que são perceptíveis aos seres humanos são as ondas acústicas que se situam em uma faixa de intensidade e frequência limitada em um certo intervalo que vai de 20Hz ----- 20000 Hz com subjetividade relativa ao observador.

As Ondas mecânicas podem obedecer a seguinte escala:

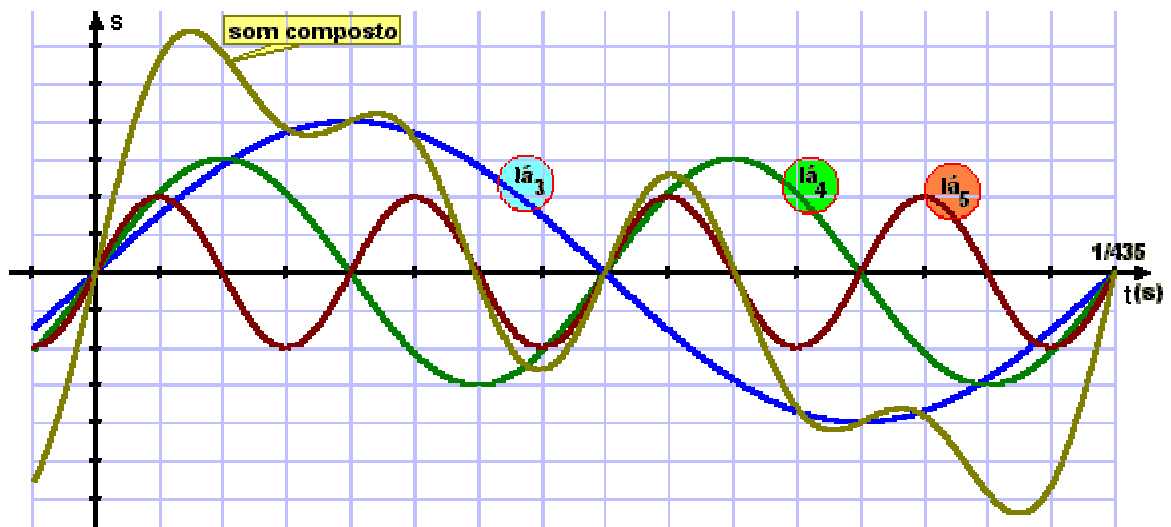


Figura 7 - Escala de Onda Acústica

Infrasom são ondas mecânicas que se situam em uma faixa de freqüência entre 0,5 a 2,0Hz de freqüência, inaudíveis e seu meio usual é o líquido, e usualmente no levantamento de prognóstico médico ;

Sons Audíveis são ondas mecânicas que situadas em uma faixa de freqüência entre 20Hz a 20kHz de freqüência que são perceptíveis a sensibilidade do ouvido humanos, são utilizados para comunicação, sinalização. Tem como seu método de excitação a vibração da água em grandes reservatórios;

Ultra-som são ondas mecânicas que situadas em uma faixa de freqüência acima de 20kHz de freqüência que não são perceptíveis a sensibilidade do ouvido humanos, são utilizados para comunicação, sinalização. Tem como método de excitação a voz humana e a dos animais, apitos e instrumentos musicais;

Hiper-som são ondas mecânicas que situadas em uma faixa de freqüência de um meio elástico com freqüência superior a 1.000 MHz que não

são perceptíveis a sensibilidade do ouvido humanos, são utilizados para comunicação, sinalização.

Os Ruídos tem como definição ser o som indesejável que nos traz a sensação sonora de incomodo e desconforto como: a dor em casos extremos,

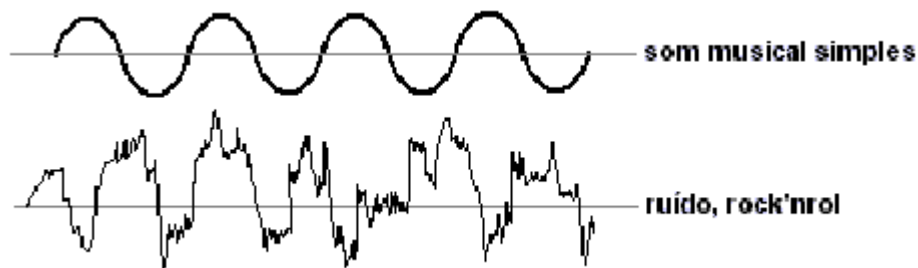


Figura 8 - Comparação entre ondas Sonoras e ondas de Ruídos

Os termos som e ruído são freqüentemente utilizados sem muita distinção, mas, geralmente, som é utilizado para as sensações prazerosas como música ou fala, ao passo que ruído é usado para descrever um som indesejável como buzina, barulho de trânsito, explosão e máquinas

Tipos de ruído: Contínuo - exposição diária contínua na qual os níveis totais não variam mais do que 5 dB.

Flutuante - ruído contínuo, porém, o nível aumenta e diminui em mais de 5 dB durante um período de tempo em particular.

Intermitente – ruído descontínuo, o nível de ruído pode cair para níveis baixos entre período de exposição a ruídos lesivos.

Impulsivo – ruídos de alta energia, mas com eventos acústicos curtos, transitórios com menos de 0,5 s.

Efeitos auditivos: Quando se tem exposição a ruídos, em geral, os mecanismos protetores que alteram a sensibilidade auditiva durante e após a estimulação acústica, entram em ação:

Mascaramento é o primeiro mecanismo protetor, no qual a percepção de um som é diminuída em presença de um ruído de intensidade que encubra esse som.

Adaptação auditiva é o segundo, ou seja, a sensibilidade auditiva é reduzida durante a apresentação de um estímulo sonoro intenso e duradouro.

Fadiga auditiva, que ocorre após a cessação dos estímulos, podendo também ser chamada de mudança temporária.

Quanto à perda auditiva, o ouvido humano é extremamente sensível à ação do ruído. As lesões no ouvido interno resultante da exposição a ruídos elevados levam ao esgotamento físico e alterações químicas, metabólicas e mecânicas do órgão sensorial auditivo, refletindo na lesão das células sensoriais (externas e internas), com lesão parcial ou total do órgão de Corti e conseqüentemente a deficiência auditiva.

Esses efeitos do ruído sobre a audição podem ser divididos em três categorias:

Trauma acústico - decorrente de uma única exposição a um nível sonoro muito intenso (maior que 140 dB (A) NPS), como uma explosão ou um tiro de arma de fogo. O barulho pode agredir violentamente estruturas sensoriais do ouvido média e do ouvido interno extrapolando seus limites fisiológicos resultando na ruptura do Órgão de Corti, na perfuração da membrana timpânica, sangramento dos ouvidos médios e internas e desarticulação da cadeia ossicular.

O ruído de forte intensidade pode ainda causar alterações no equilíbrio energético e eletrolítico da cóclea.

Mudança Temporária no Limiar Auditivo – diminuição gradual da sensibilidade auditiva com o tempo de exposição a um ruído contínuo e intenso. A recuperação do limiar ocorre após um período de repouso auditivo, na maioria das vezes duas ou três horas de cessada a estimulação sonora. Ocorrem alterações discretas nas células ciliadas, edemas nas terminações nervosas auditivas, fadiga das estruturas sensoriais; mas essas são reversíveis mesmo com a presença de células lesadas.

Mudança Permanente no Limiar auditivo (ou Perda Auditiva Induzida por Ruído - PAIR) – são decorrentes de um acúmulo de exposições a ruído, normalmente diárias e repetidas constantemente por período de muitos anos. De caráter irreversível, instala-se de maneira progressiva e gradual. São alterações do tipo neurosensoriais, em que a faixa de freqüência mais atingida está entre 3 a 6 kHz, dificultando a percepção de sons agudos. Afeta o reconhecimento da fala, diferenciação entre som da fala, há o aumento da sensação sonora frente a um som intenso, sensação do ouvido tapado e dificuldade de localização sonora.

A PAIR é a doença que mais atinge o sistema auditivo, podendo provocar lesões irreversíveis na cóclea. Perda da audição e zumbidos são as queixas mais comuns dos atingidos pela PAIR que são obrigados a permanecer por várias horas em ambientes ruidosos (90dB (A) ou mais).

Mecanismos da PAIR: As alterações podem ser mecânicas ou metabólicas e existem em três fases: Na primeira, ocorre morte das células ciliadas com formação de escaras ou estomas na freqüência de 4kHz, ao nível

máximo de 40 - 50dB.(A) Mais de 50% das células apicais podem desaparecer sem elevar os limiares de tons puros para baixas frequências. O indivíduo não observa ainda a perda.

Após semanas ou poucos anos de exposição, dependendo do nível da perda, começa a se detectar na audiometria uma queda ao redor de 4 kHz numa faixa que vai de 3.000 Hz a 6.000 Hz. O dano ocorre no primeiro terço da cóclea. Esta fase é raramente detectada sem audiometria por não afetar a área da fala.

Após décadas de exposição, a perda em 4kHz se acumula em menor quantidade se espalhando até as baixas frequências atingindo a área de compreensão da fala. Nesta fase o paciente torna-se consciente do problema.

Pode acontecer de desaparecer o registro audiométrico para frequências agudas, dando a ausência de resposta no limite máximo do aparelho naquela frequência, sendo este déficit acompanhado pela condução óssea.

Manifestações da PAIR: são pouco conhecidas e difícil de serem analisadas pelos profissionais da área. Elas foram denominadas:

Incapacidade auditiva - restrição ou impedimento na habilidade ou performance considerada normal para aquele indivíduo. O paciente pode apresentar dificuldade na percepção ambiental (sons domésticos, alto volume da televisão), e problemas de comunicação (em grupos, no carro, lugares ruidosos, telefone).

Handicap: perda ou incapacidade que limitam ou impedem o desempenho das funções normais do indivíduo de acordo com o sexo, idade, fatores sociais e culturais e adaptação do indivíduo ao seu ambiente. O paciente pode apresentar esforços e fadiga (atenção e concentração excessiva durante a

conversaço), stress e ansiedade (irritaço e intolerância a lugares ruidosos), dificuldade nas relaçoes familiares, isolamento, auto imagem negativa.

Quanto aos efeitos não-auditivos, verifica-se que o ruído tem efeito nocivo não somente sobre a audiço, mas causa danos a todo o sistema circulatório, respiratório e digestivo; além de poder interferir no aprendizado.

Podem ocorrer as chamadas Reaçoes de alarme, que consistem em uma resposta rápida de curta duraço sob a açao de um ruído repentino, como fechar os olhos, aumentar a freqüência cardíaca e respiratória, contraço brusca da musculatura, etc. Há também, as Reaçoes neurovegetativas, em que a açao geral do ruído exerce uma resposta lenta com variaçoes durante a estimulaço auditiva, influenciando e promovendo transtornos considerados como verdadeiras doenças de adaptaço de instabilidade do sistema neurovegetativo, como o aumento do tônus muscular, distúrbios digestivos, variaçoes na circulaço e respiraço.

Nos últimos 20 anos, estudou-se e comprovou-se que indivíduos urbanos que convivem dia-a-dia com o ruído apresentam ainda outros distúrbios que a ver com:

Habilidade: a exposiço a ruído contínuo diminui o rendimento aumentando o número de erros mostrando que não só o rendimento seria afetado como também um provável aumento de acidentes que ocorrem devido à reduço de habilidade.

Alteraçoes cardiovasculares - destaca-se a elevaço da pressao arterial (sistólica ou diastólica), conseqüências de alteraçoes provocadas no sistema circulatório, uma vez que a exposiço, mesmo que rápida (de 10 a 20

minutos), a níveis fortes de barulho pode provocar vasoconstrição, resultando em diminuição do fluxo sanguíneo, causando taquicardia.

Visão - ocorre à dilatação da pupila e o piscar dos olhos, o que poderia interferir num trabalho que exigisse alta precisão.

Alterações gastrointestinais – a exposição a ruído com frequências baixas, menor que 500Hz, tem sido relacionada com o aparecimento de gastrites e úlceras, já que, esses ruídos são captados por barorreceptores de órgãos ocos (estômago e intestino) que acabam estimulando a função neuroquímica do SNC.

Alterações neuropsíquicas – ansiedade, inquietude, alteração do ritmo do sono, atenção e memória e mudanças na conduta e no humor.

4.6. Ruído Ambiental e Poluição Sonora

A Poluição Sonora hoje é tratada como uma contaminação atmosférica através da energia (energia mecânica ou acústica). Tem reflexos em todo o organismo e não apenas no aparelho auditivo. Ruídos intensos e permanentes podem causar vários distúrbios, alterando significativamente o humor e a capacidade de concentração nas ações humanas. Provoca interferências no metabolismo de todo o organismo com riscos de distúrbios cardiovasculares, inclusive tornando a perda auditiva, quando induzida pelo ruído irreversível.

Nossa audição funciona como um importante mecanismo de defesa e alerta, e em cada indivíduo, a percepção sonora causa reações físicas e emocionais diferentes, como: susto, riso, lágrimas, prazer ou desprazer,

participação, segurança, as quais são compartilhadas com o semelhante graças à linguagem falada, adquirida principalmente através da audição.

Diariamente o ruído é introduzido no meio ambiente, e quem vive nas grandes cidades sofre um verdadeiro “bombardeio sonoro”, que como já constatamos causa muito mais do que distúrbios auditivos, mas afeta o indivíduo como um todo. Essa poluição sonora é causada principalmente pelos veículos automotores, setores industriais e casas de shows; além dos aparelhos domésticos que são excessivamente ruidosos.

Segundo a Organização Mundial de Saúde, o ruído até 50 dB (A) pode perturbar, mas é adaptável. A partir de 55 dB (A) a poluição sonora provoca estresse, causando dependência e gerando durável desconforto. O estresse degradativo inicia-se em torno de 65 dB (A) com o desequilíbrio bioquímico, elevando o risco de enfarte, derrame cerebral, infecções e outros. Em torno de 80 dB (A), o organismo já libera morfina biológica no corpo, provocando prazer e completando o quadro de dependência. Por volta de 100 dB (A) pode ocorrer perda de audição.

O ruído estressante libera substâncias excitantes no cérebro, tornando os indivíduos sem motivação própria, incapazes de suportar o silêncio. A dependência do ruído gera depressão nas pessoas na presença de ambientes silenciosos, promovendo agitação e incapacidade para pensar e refletir.

Deve ser observado que proteger a saúde da população é o principal objetivo de todos os esforços públicos para controlar a exposição ao ruído do indivíduo ou da comunidade. A interferência do ruído com o repouso, descanso e sono é a maior causa de incômodo. E devemos notar que a pior

intervenção se dá na forma de ruído intermitente, como por exemplo: passagem de veículos pesados e passagens de aviões próximas às habitações.

O ruído pode dificultar o adormecer e causar sérios danos ao longo do período de sono profundo proporcionando o inesperado despertar. Níveis de ruído associados aos simples eventos podem criar distúrbios momentâneos dos padrões naturais do sono, por causar mudanças dos estágios leve e profundo do mesmo. A pessoa pode sentir-se tensa e nervosa devido às horas não dormidas. O problema está relacionado com a descarga de hormônios, provocando o aumento da pressão sanguínea, vaso constrição, aumento da produção de adrenalina e perda de orientação espacial momentânea.

IMPACTO DE RUÍDOS NA SAÚDE			
NPS dB(A)	Reação	Efeitos negativos	Exemplos de exposição
Até 50	Confortável (Limite da OMS)	Nenhum	Rua sem tráfego.
Acima de 50	ORGANISMO HUMANO COMEÇA A SOFRER IMPACTOS DO RUÍDO.		
De 55 a 65	A pessoa fica em estado de alerta, não relaxa	Diminui o poder de concentração e prejudica a produtividade no trabalho intelectual.	Agência bancária
De 65 a 70 (início das epidemias de ruído)	O organismo reage para tentar se adequar ao ambiente, minando as defesas	Aumenta o nível de cortisona no sangue, diminuindo a resistência imunológica. Induz a liberação de endorfina, tornando o organismo dependente. É por isso que muitas pessoas só conseguem dormir em locais silenciosos com o rádio ou TV ligados. Aumenta a concentração de colesterol no sangue.	Bar ou restaurante lotado
Acima de 70	O organismo fica sujeito a estresse degenerativo além de abalar a saúde mental	Aumentam os riscos de enfarte, infecções, entre outras doenças sérias	Praça de alimentação em shopping centers Ruas de tráfego intenso.
Obs.: O quadro mostra ruído inserido no cotidiano das pessoas. Ruídos eventuais alcançam volumes mais altos. Um trio elétrico, por exemplo, chega facilmente a 130 dB(A), o que pode provocar perda auditiva induzida, temporária ou permanente em poucos segundos.			

Tabela 1 - Impacto de Ruídos a Saúde

4.7. Parâmetros de avaliação Acústica.[4.3]

Acústica ou pressão sonora que é o aumento da pressão das partículas do meio atua como estímulo dos sentidos;

Sensação é a relação entre o estímulo e a reação do sistema nervoso de seres vivos e de modo particular de seres humanos.

Para que se verifique o aumento na sensação, é necessário que a intensidade do estímulo cresça na mesma medida.

A sensação cresce com o logaritmo do estímulo.

Assim concluíram de forma independente os neurologistas Weber e Fechner o que originou a lei da acústica denominada de mesmo nome Weber e Fechner.

Considerando: E = estímulo e S = sensação

As relações que podem ser obtidas podem ser relacionadas em forma de função que se associa por biunivocidade de equivalência gerando a relação

$$E = \phi (S) \Leftrightarrow S = f(E)$$

O que gerou a equação que relaciona as duas variáveis pelo coeficiente logaritmo com uma constante K para configurar as condições subjetivas das características de cada pessoa.

Audibilidade: As relações da lei de Weber-Fechner e Muson apresentaram curva pressão sonora pela freqüência e sensação sonora pela freqüência, referenciada a 1000 Hz, ponderando por ser a média das freqüências audíveis, maior sensibilidade.

Considerações sobre o aparelho auditivo do ser humano.

O fato de não contemplar o Tempo de Exposição na composição da formulação da audibilidade surgiu o Nível de som equivalente contínuo - L_{eq} e expresso por:

$$L_{eq}(Q) = q \cdot \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{L_a}{q}} dt \right]$$

onde

$$q = \frac{Q}{\log 2}$$

Q é a caracteriza taxa de troca da dose considerada.

Considerando com a taxa de troca com um valor usual de $Q=3\text{dB}$, para um critério de mesma energia, decorre que:

$$L_{eq}(Q) = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{L_a}{10}} dt \right]$$

$$L_{eq}(Q) = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{P_a(t)}{P_0} 10^{\frac{L_a}{10}} \right)^2 dt \right]$$

Observa-se que deve ser considerada a situação mais simplista o que não considera outras características ou complicadores.

4.8 - Estatística

4.8.1 Estatística Probabilística.

Incerteza: é a denominação atribuída às propriedades em que as ocorrências ou eventos que surgem na natureza e detem a capacidade de não serem completamente previsíveis. Trata-se de uma característica fundamental do Universo, podendo ser minimizada mas nunca completamente eliminada. As suas principais causas são:

Ignorância: Falta de conhecimento acerca de quais são os fatores relevantes ou de como eles se relacionam;

Medição Imprecisa: Conhecimento falso e/ou incorreto de qual o *status* dos fatores relevantes;

Princípio da Incerteza de Heisenberg: O próprio processo de mensuração pode levar a alterações substanciais em que se deseja medir, fazendo com que os dados levantados não correspondam mais aos fatos;

Aleatoriedade: Variabilidade, instabilidade ou indeterminismo intrínseco do Universo, isto é, um misterioso e impenetrável acaso essencial da natureza.

Para todos os fins práticos, todos os quatro componentes são sempre presentes em qualquer situação, sendo bastante difícil, ou mesmo impossível, determinar qual o grau de influência específico de cada um deles num dado instante.

Probabilidade é um conceito filosófico e matemático que permite a quantificação da incerteza, permitindo que ela seja aferida, analisada e usada para a realização de previsões ou para a orientação de intervenções. É aquilo que torna possível se lidar de forma racional com problemas envolvendo o imprevisível. Alguns dos seus princípios mais importantes são:

Valor Numérico da Probabilidade: Existem diferentes formas de se definir e compreender a probabilidade, mas todas possuem em comum a expressão do seu valor segundo o grau de certeza de que um dado evento venha a ocorrer. Matematicamente, isso é representado por um número real entre "0" (plena certeza de que não vai ocorrer) e "1" (plena certeza de que vai ocorrer).

Mecanismo Probabilístico: É o conjunto das estruturas e dinâmicas que se acredita estarem subjacentes às probabilidades observadas para um dado fenômeno qualquer. Em outras palavras, seria a causa do padrão de incerteza percebido num determinado instante. O conhecimento dos mecanismos probabilísticos permite não apenas o estabelecimento de expectativas quanto às probabilidades de um evento específico mas também a identificação de quais os fatores que influem em tais probabilidades e como eles atuam.

Variável Aleatória: É o resultado numérico da observação de um fenômeno influenciado por um determinado mecanismo probabilístico. Trata-se da quantificação do resultado produzido por um fenômeno incerto.

Amostra: É um conjunto de dados, produzidos por observação e/ou experimentação, relativos ao comportamento de uma variável aleatória. O termo também é utilizado para designar o subconjunto de uma população, ou seja, uma fração da totalidade dos casos.

Distribuição de Probabilidade: Rigorosamente falando, o seu nome correto é Densidade de Probabilidade, mas a expressão "Distribuição de Probabilidade" é de uso mais comum. Trata-se a curva matemática que associa uma probabilidade a cada faixa de valores da variável aleatória. O seu formato, determinado pelas propriedades matemáticas da equação que a define, estabelecem quais as características do Mecanismo Probabilístico subjacente.

Curva Normal: É a curva de maior utilização na atualidade é a de distribui Existe literalmente uma infinidade de distribuições de probabilidade possíveis, porém, algumas se destacam como sendo mais importantes, como é o caso da Distribuição Normal ou Gaussiana. Entre as suas características estão os fatos dela ser simétrica (valores altos ou baixos da variável aleatória são igualmente prováveis) e de ter um formato de "sino" (os valores intermediários são mais prováveis do que os altos ou baixos).

Definição Clássica de Probabilidade: Baseada em simetria, essa foi a primeira definição formal de probabilidade, sendo expressa como a razão entre o número de casos favoráveis a tal evento e o número total de casos possíveis. Trata-se de um conceito puramente matemático e formal que depende apenas da lógica, sem a necessidade de observações ou experimentos que gerem uma amostra.

Frequência Relativa: É uma variação da definição clássica onde o número de casos favoráveis é substituído pelo número de ocorrências e o número de casos possíveis é substituído pelo número total de observações. Diferentemente da Definição Clássica, o conceito aqui envolve uma interação prática com o evento e a anotação dos resultados.

Lei dos Grandes Números: É o Teorema de Jacob Bernoulli (1692), o qual estabelece que, numa série imensa de experimentos, a frequência relativa de um evento se aproxima cada vez mais da sua probabilidade. Para, dada uma longa série de experimentos, pode-se, com erro desprezível, calcular a probabilidade de um evento, ou então, dada a probabilidade de um evento, pode-se calcular o número de vezes que ele deve ocorrer numa longa série de tentativas.

Dependência/Independência de Eventos: Quando se quer determinar a probabilidade da ocorrência simultânea de dois eventos, é preciso considerar a relação entre eles. Quando a ocorrência de um dos eventos em nada interfere na ocorrência do outro, diz-se que os dois eventos são independentes entre si e a probabilidade de ambos ocorrerem ao mesmo tempo é dada pelo produto das probabilidades de cada um isoladamente. Quando a ocorrência de um evento afeta a ocorrência do outro, diz-se que os dois eventos são dependentes e a probabilidade de ambos ocorrerem ao mesmo tempo é dada pela Regra de Bayes.

Regra de Bayes: O Reverendo Thomas Bayes (*Philosophical Transactions of the Royal Society of London* in 1764) demonstrou um procedimento bastante importante para se calcular a probabilidade de um evento dado que um outro tenha ocorrido. O método permite que se ajuste uma probabilidade *a priori* (conhecida) de um dado evento à luz de novas evidências envolvendo um outro evento que apresenta relação de dependência com o primeiro.

A partir da aplicação correta dos conceitos acima, além de muitos outros, é possível se estimar a propensão que determinados eventos ou

combinação de eventos tem de ocorrer. Com isso, tem-se como determinar a chance de um determinado achado científico ter ocorrido ao acaso, de modo a se calcular a precisão e a confiabilidade de um dado resultado experimental.

4.8.2 Estatística Descritiva

A **Estatística Descritiva** é o nome dado ao conjunto de técnicas analíticas utilizadas para resumir o conjunto de todos os dados coletados em uma dada investigação á relativamente poucos números e gráficos. Ela envolve basicamente:

Distribuição de Frequência: É o conjunto das freqüências relativas observadas para um dado fenômeno estudado, sendo a sua representação gráfica o Histograma (diagrama onde o eixo horizontal representa faixas de valores da variável aleatória e o eixo vertical representa a freqüência relativa). Por uma consequência da Lei dos Grandes Números, quanto maior o tamanho da amostra, mais a distribuição de freqüência tende para a distribuição de probabilidade Normal.

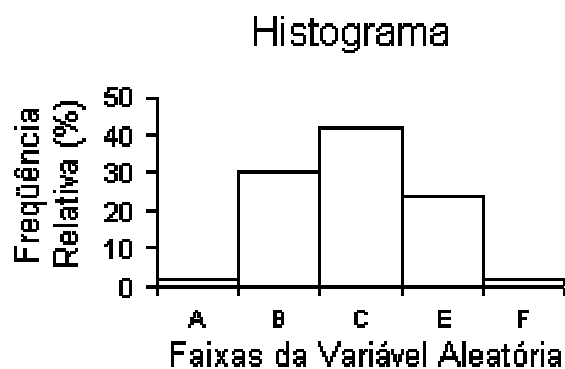


Figura 9 – Histograma

Testes de Aderência: São procedimentos para a identificação de uma distribuição de probabilidade a partir de um conjunto de freqüências usando a Lei dos Grandes Números. Essencialmente, calcula-se a chance da diferença entre uma distribuição de freqüência observada e aquela que seria de se esperar a partir de uma determinada distribuição de probabilidade (geralmente a Curva Normal). Uma distribuição de freqüência pode ser tida como pertencente a um dado tipo de distribuição se o teste de aderência mostrar uma probabilidade de mais de 5% da diferença entre as duas ser devida ao acaso.

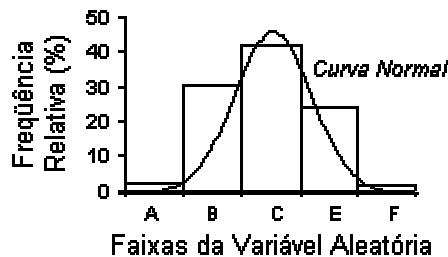


Figura 10 - Curva normal

Medidas da Tendência Central: São indicadores que permitem que se tenha uma primeira idéia, um resumo, de como se distribuem os dados de um experimento, informando o valor (ou faixa de valores) da variável aleatória que ocorre mais tipicamente. Ao todo, são os seguintes três parâmetros:

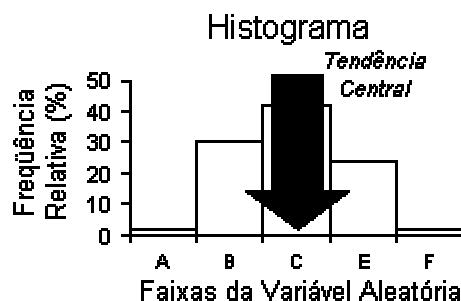


Figura 11 - Histograma de Tendência Central

Média: É a soma de todos os resultados dividida pelo número total de casos, podendo ser considerada como um resumo da distribuição como um todo.

Moda: É o evento ou categoria de eventos que ocorreu com maior frequência, indicando o valor ou categoria mais provável.

Mediana: É o valor da variável aleatória a partir do qual metade dos casos se encontra acima dele e metade se encontra abaixo.

Medidas de Dispersão: São medidas da variação de um conjunto de dados em torno da média, ou seja, da maior ou menor variabilidade dos resultados obtidos. Elas permitem se identificar até que ponto os resultados se concentram ou não ao redor da tendência central de um conjunto de observações. Incluem a amplitude, o desvio médio, a variância, o desvio padrão, o erro padrão e o coeficiente de variação, cada um expressando diferentes formas de se quantificar a tendência que os resultados de um experimento aleatório tem de se concentrarem ou não em determinados valores (quanto maior a dispersão, menor a concentração e vice-versa).

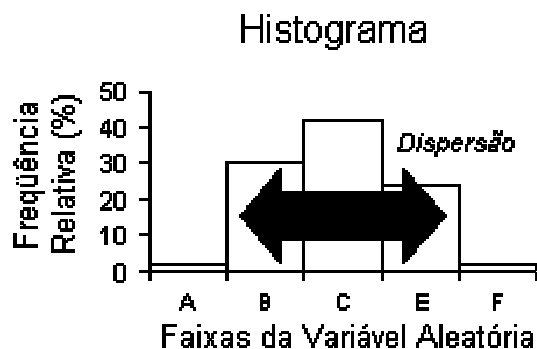


Figura 12 - -Histograma com dispersão

A idéia básica é a de se estabelecer uma descrição dos dados relativos a cada uma das variáveis, dados esses levantados através de uma amostra.

4.8.3 Estatística Inferencial

Estatística Inferencial é o nome dado ao conjunto de técnicas analíticas utilizado para se identificar e caracterizar relações entre variáveis. Os seus principais componentes são:

Teste de Hipóteses: Conjunto de procedimentos para se calcular a probabilidade da diferença entre duas médias (ou dois percentuais) ser devida ao acaso. Existem tipos diferentes de teste em função da distribuição de probabilidade dos dados e das suas escalas numéricas, sendo Testes Paramétricos para variáveis intervalares ou de razão com distribuição gaussiana e Testes Não-Paramétricos para outros tipos de variáveis. Também existem testes diferentes para a comparação de duas variáveis distintas (Testes Pareados) e de dois subgrupos dentro de uma mesma variável (Testes Não-Pareados). Uma diferença estatisticamente significativa é aquela onde a chance dela ter ocorrido por acaso é considerada baixa o suficiente (geralmente 5% ou menos)

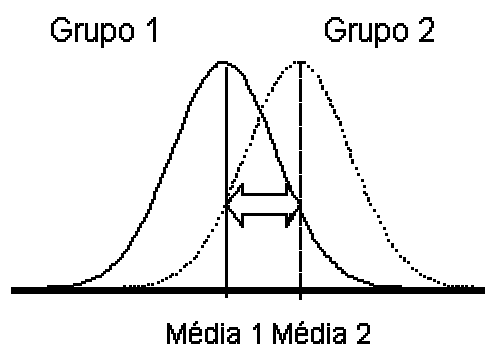


Figura 13 - Dispersão

Diagrama de Dispersão: É a representação de duas ou mais variáveis através de gráficos cartesianos onde cada eixo representa uma das variáveis. Assim, os registros são tomados como sendo as coordenadas de um ponto num espaço bidimensional (dois eixos cartesianos) ou tridimensional (três eixos cartesianos). O objetivo básico dessa forma de se representar dados é o de procurar identificar, no conjunto de pontos que constituem os dados de um experimento ou observação, padrões que sugiram a natureza da relação entre as variáveis consideradas.

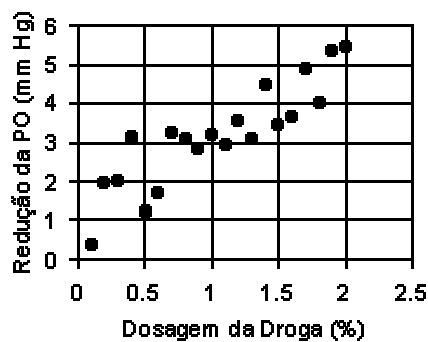


Figura 14 - Coeficiente de Correlação

Coeficiente de Correlação: É uma forma de se identificar a existência ou não de uma relação entre duas variáveis e, caso ela exista, de quantificar tal relação. O grau de relacionamento é dado pelo valor do coeficiente (geralmente designado por "r" ou "R"), o qual pode variar de "0" (nenhum relacionamento) a "1" (perfeito relacionamento). A natureza positiva (quando uma aumenta, a outra também o faz) ou negativa (quando uma aumenta, a outra diminui) é dada, respectivamente, pelo sinal positivo ou negativo do coeficiente. A existência ou não de um relacionamento entre as variáveis é dada pela probabilidade do coeficiente encontrado ser devida ao acaso (o seu valor de "p"). A forma de cálculo do coeficiente varia conforme a escala numérica e a

distribuição de probabilidade das variáveis envolvidas, mas ele corresponde matematicamente ao coeficiente angular da reta da regressão linear.

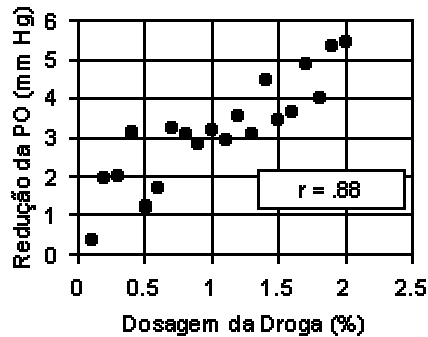


Figura 15 - Coeficiente Angular

Análise de Regressão: São técnicas estatísticas que buscam caracterizar a relação entre variáveis tomando uma dada variável que se quer prever (variável dependente) e observando a sua variação em função de uma ou mais variáveis (variáveis independentes). O processo é efetuado identificando-se a curva matemática que melhor se ajusta aos dados disponíveis, o que equivale a identificar ao traçado que melhor se encaixa nos pontos do diagrama de dispersão. Em seguida são calculados o grau do ajuste e a probabilidade dele ter ocorrido ao acaso. A análise pode ser Linear Simples (relaciona duas variáveis através de uma reta), Linear Múltipla (relaciona três ou mais variáveis por meio de uma reta) ou Não-Linear (relaciona duas ou mais variáveis por meio de uma curva matemática que não a reta).

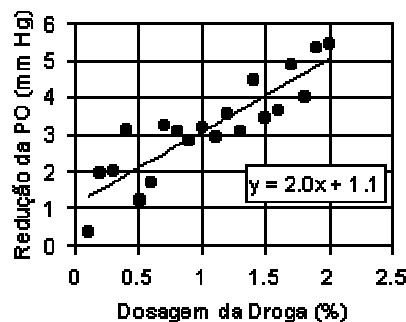


Figura 16 - Lei de Formação

Curvas de Sobrevida: A análise do tempo que decorre até a ocorrência de um evento, envolve a estimativa da probabilidade de que um evento ocorrerá em diferentes períodos. A análise de sobrevivência estima a probabilidade de sobrevivência como uma função do tempo, a contar de um ponto de partida, que pode ser, por exemplo, a data de um diagnóstico ou de uma intervenção. O Método de Kaplan-Meier, também conhecido como o Método do produto-Limite, é o enfoque mais comum. Existem vários testes estatísticos para se determinar a significância da diferença entre duas curvas e também existem modelos para se estimar a influência de outros fatores (as chamadas covariáveis) numa dada curva.

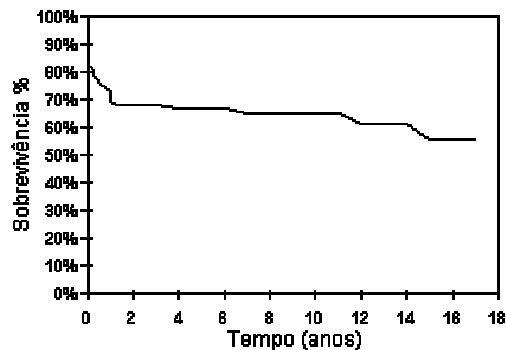


Figura 17 - Covariáveis

Análises de Séries Temporais: Conjunto de técnicas estatísticas orientadas para a identificação das tendências de uma ou mais variáveis em função do tempo. Em linhas gerais, são diversos procedimentos para a diferenciação entre as oscilações devido ao acaso daquelas que são um reflexo da dinâmica do fenômeno sendo estudado. Boa parte do processo envolve tomar a curva produzida pela variável quando esta é traçada em função do tempo (Série Temporal) e "suavizá-la" por meio de um de muitos métodos, de modo a produzir

uma Série Suavizada que mostra as principais tendências de evolução e uma Série de Resíduos que representa as variações aleatórias.

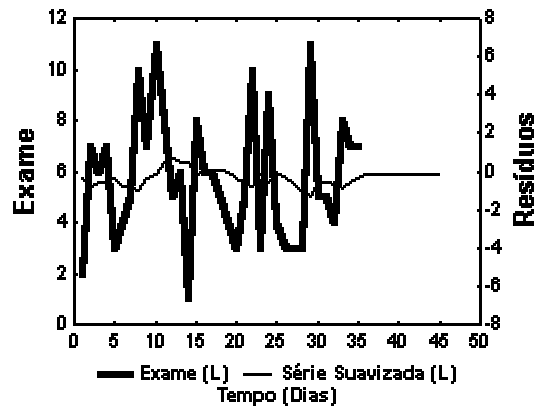


Figura 18 - Variações Aleatórias

Análises Multivariadas: São ferramentas analíticas permitem um *insight* bastante significativo acerca de fenômenos complexos envolvendo múltiplas dimensões, identificando certos padrões básicos que emergem de uma profusão de variáveis em interação. Existem diferentes técnicas multivariadas que podem ser utilizadas para diversas finalidades específicas, sendo comum a todas elas um elevado grau de complexidade que requer uma matemática relativamente sofisticada. A rigor, esse conjunto inclui a Regressão Linear Múltipla e as técnicas de Regressão Não-Linear, mas também muitas outras, tais como Análise de Variância (ANOVA), Análise Fatorial, Análise de Aglomerados (*Cluster Analysis*) e Escalonamento Multidimensional.

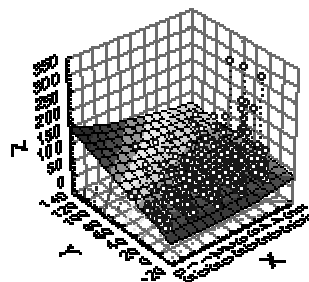


Figura 19 - Multidimensional

Fundamentalmente, a Estatística Inferencial engloba métodos que auxiliam na elaboração de modelos, os quais podem ser, em seguida, testados estatisticamente quanto à sua eficácia em termos de Acurácia (capacidade de prever aquilo que efetivamente se quer prever e não uma outra coisa qualquer) e Precisão (a margem de erro das previsões). A principal forma de se realizar isso é por meio de uma Tabela 2x2 (lê-se "Tabela Dois-por-Dois").

4.8.4 Desempenho de Testes e Modelos

A avaliação do valor de uma estimativa qualquer depende de uma verificação da capacidade dessa avaliação de se direcionar especificamente ao objetivo desejado (Acurácia) e de apresentar uma margem de erro pequena (Precisão). Isso pode ser feito no contexto do resultado de um teste para se detectar a existência ou não de uma dada doença, sendo esse o caso mais comum na Medicina, mas também pode ser realizado em termos de uma previsão realizada por um modelo acerca da ocorrência ou não de um dado evento.

Estatisticamente falando, a avaliação da eficácia de um teste ou mesmo de um modelo é realizado através da análise da Tabela 2x2 (lê-se "tabela dois-por-dois"), uma técnica onde uma dada amostra é dividida em quatro grupos segundo seus estados de acometimento ou não de uma determinada doença e de apresentarem resultado positivo ou negativo no exame. Com isso, podem ser calculadas taxas de erros ou acertos que estimam as probabilidades indicativas da acurácia e da precisão do teste.

Tradicionalmente, a Tabela 2x2 tem um formato onde as duas colunas apresentam os dados referentes aos pacientes acometidos ou não de

uma dada condição clínica e as duas linhas contém os dados referentes aos pacientes que tiveram resultado positivo ou negativo num teste ou exame que se esteja estudando. Trata-se do esquema a seguir:

	Doença (+)	Doença (-)
Teste (+)	a	b
Teste (-)	c	d

Tabela 2 - Resultado de Exame

Neste caso, *a* indica a quantidade dos que apresentaram a condição a se detectada e cujos resultados no teste foram, de fato, positivos. Já *b* é o total daqueles que, apesar de não apresentarem a condição, tiveram testes positivos. O valor *c* indica todos os que, mesmo apresentando a condição, tiveram resultados negativos no teste. Finalmente, *d* é o número dos que não apresentaram a condição e cujos resultados no teste foram, efetivamente, negativos. Em se tratando de modelos matemáticos, basta se substituir na tabela acima a palavra "Teste" por "Previsão" e a palavra "Doença" por "Ocorrência".

Diversos construtos importantes são derivados da Tabela 2x2, havendo tanto aqueles referentes ao *status* da doença quanto aqueles que se referem aos resultados no teste. Os principais são:

Sensibilidade: É a fração dos pacientes doentes (ocorrências de evento) que o teste (modelo) é capaz de detectar. Matematicamente, $a/(a+c)$.

Especificidade (ou Taxa de Verdadeiro Negativo): É a proporção de pacientes não-doentes (não-ocorrências de evento) que o teste (modelo) é capaz de detectar. Matematicamente, $d/(b+d)$.

Valor Preditivo Positivo: É a fração dos pacientes com teste positivo que efetivamente tem a doença, ou então, a fração das previsões de ocorrência que realmente se concretizam. Matematicamente, $a/(a+b)$.

Valor Preditivo Negativo: É a fração dos pacientes com teste negativo que efetivamente não tem a doença, ou então, a fração das previsões de não-ocorrência que realmente se concretizam. Matematicamente, $d/(c+d)$.

Naturalmente, os valores específicos obtidos para os indicadores acima numa determinada situação de pesquisa podem surgir aleatoriamente, por pura coincidência, sendo necessário aplicar um teste estatístico, mais comumente o Teste Chi-Quadrado, aceitando os resultados da análise quando a probabilidade do acaso for menor ou igual a 5%.

CAPÍTULO V - METODOLOGIA

5.1. O discurso do Método

Para bem conduzir a razão e procurar a verdade nas Ciências, o bom senso é a coisa mais bem distribuída do mundo: pois cada um pensa estar tão bem provido dele, que mesmo aqueles mais difíceis de se satisfazerem com qualquer outra coisa não costumam desejar mais bom senso do que têm.

Assim, não é verossímil que todos se enganem; mas, pelo contrário, isso demonstra o poder do bem julgar e distinguir o verdadeiro do falso, que é propriamente o que se denomina bom senso ou razão é por natureza igual em todos os homens; e portanto que a diversidade de nossas opiniões não decorre de uns serem mais razoáveis que os outros, mas que somente conduzem nossos pensamentos por diversas vias, e não consideramos as mesmas coisas. Pois não basta ter o espírito bom, mas o principal é aplica-lo bem.

As maiores Almas são capazes dos maiores vícios, assim como das maiores virtudes; e aqueles que só caminham muito lentamente podem avançar muito mais, se sempre surgirem o caminho certo, do que aqueles que correm e deles se afastam. Época marcada historicamente pelo racionalismo.[5.1]

No início do século XX um engenheiro americano influenciado pelo racionalismo de René Descartes resolveu levar a ciência para dentro das fábricas. Até então, apesar das profundas transformações ocasionadas pela

Revolução Industrial, a ciência ainda não tinha entrado nas empresas para estudar e transformar a forma como o trabalho era realizado.

Taylor se propôs a fazê-lo e fez de tal forma que após noventa anos ainda não conseguimos superá-lo. A ênfase básica de seu trabalho era a busca frenética da eficiência que deveria ser conseguida através de um detalhado e sistemático estudo de tempos cria um tempo padrão para cada tarefa e a especialização leva ao extremo a divisão do trabalho e representa a pura aplicação do princípio da decomposição ou análise de René Descartes descrito no seguinte enunciado: “consiste em dividir e decompor cada dificuldade ou problema em tantas partes quantas sejam possível e necessário à sua melhor adequação e solução, e resolvê-las cada uma separadamente”.

Taylor [5.2] é hoje considerado o fundador da chamada Organização Científica da Pesquisa, que cronologicamente é considerada como a primeira sistematização científica. Nesta ótica, cabe voltar para nosso interesse que é o trabalho científico com a aplicação da administração científica passa por ter as seguintes características:

1. A improvisação e o empirismo, devem ser substituídos pelo planejamento e pela base científica onde se aplica a razão, recorrendo-se para o efeito a métodos;

2. Para se aumentar à eficiência a pesquisa deve-se começar pela eficiência de cada pesquisador. A forma de execução das tarefas do pesquisador não pode resultar da sua escolha e dos seus critérios, mas sim ser resultado de estudos de tempos, movimentos e procedimentos científicos;

3. Os pesquisadores devem estar voltados para seus incentivos de concepção do novo, do diferente, do funcional e do inusitado, como prêmio de conquista e motivação.

4. Simplificar e racionalizar as pesquisas tem como corolário à especialização. Embora perdendo-se a visão do conjunto é inegável que a especialização trás maior eficiência;

5. Também a standardização e a padronização das máquinas, equipamentos e materiais permitem através da simplificação e homogeneização, aumentar a eficiência do pesquisador, até mesmo porque reduz as margens de desperdício e de erro. Onde se enfatiza a utilização da estatística descritiva em pesquisa experimental.

Desta forma, Taylor, separa claramente a concepção do trabalho de pesquisa da sua execução e estabelece os seguintes princípios da administração científica em trabalhos pesquisa:

a. Princípio do planejamento: substituir a improvisação pela ciência planejando e concebendo previamente todos os métodos de execução do trabalho;

b. Princípio da preparação: selecionar cientificamente os trabalhadores em pesquisa (“the right man in the right place”), prepará-los e treiná-los de acordo e com vista aos métodos planejados;

c. Princípio do controle: controlar o trabalho garantindo que é executado conforme o planejado;

d. Princípio da execução: distribuir distintamente as atribuições e responsabilidades. À administração cabe o planejamento, a preparação e o controle, ao trabalhador a execução;

e. Princípio da exceção: só as ocorrências que saem da normalidade devem ser analisadas pela administração, de modo a poder corrigir desvio se repor à normalidade.

5.2. Teoria Científica

1. Conseqüências da Teoria Científica em trabalhos científicos:

A Administração Científica gerou, sem dúvida, progressos e eficiência na empresa, além da redução no preço de produtos finais. Entretanto, algumas conseqüências negativas são apresentadas.

2. Conseqüência da Teoria Científica.

Reduziu os empregados a seres mecânicos como se fossem componentes de uma máquina, embora isso conduza ao aumento de produção e melhoria da qualidade.

4. Análise crítica

A aplicação literal dos princípios tayloristas hoje é, na realidade, impraticável. Sua aplicação em essência, no entanto, continua acontecendo.

Perceber a distinção entre a ciência de administrar e os mecanismos para pô-la em prática, tem importância à medida que:

A ciência de administrar seja realmente encarada como uma ciência, passível de descobertas, de evolução do conhecimento e de modernização de suas leis e princípios, bem como de suas técnicas; na questão do que é transferível ou não, foge-se à tentação de uma mera importação

indiscriminada de técnicas que, no fundo, viriam servir de ferramentas de racionalização, não do trabalho, mas do método já em desuso;

Atrelando-se a ciência de administrar às metodologias propostas por Taylor para fazer frente às necessidades fabris do início do século passado, corre-se o risco de se olhar para as novas metodologias dissociadas dos princípios da Administração Científica. Obviamente, pelo fato de o conhecimento não estar embasado no fundamento desta ciência, não passará de novo pacote de metodologias fadadas também a desaparecer com o tempo. Focalizando-se a atenção numa ciência de administrar, a compreensão e o bom uso de quaisquer metodologias será inevitável.

Em sua forma integral a linha de filosofia seguida foi a que se apresentou para termos a atual apresentação.

5.3. Planejamento de Experimento.

O planejamento experimental, também denominado delineamento experimental, representa um conjunto de ensaios estabelecido com critérios científicos, que aqui sugerimos a aplicação da organização dos princípios de Taylor, e estatísticos, com o objetivo de determinar a influência de diversas variáveis nos resultados de um dado sistema ou processo.

Esse objetivo maior pode ser dividido em outros objetivos de acordo com o propósito dos ensaios:

- a. determinar quais variáveis são mais influentes nos resultados;
- b. atribuir valores às variáveis influentes de modo a otimizar os resultados;

c. atribuir valores às variáveis influentes de modo a minimizar a variabilidade dos resultados e,

d. atribuir valores às variáveis influentes de modo a minimizar a influência de variáveis incontroláveis;

A seguir, destacam-se alguns benefícios da utilização das técnicas estatísticas de planejamento experimental:

- redução do número de ensaios sem prejuízo da qualidade da informação;

- estudo simultâneo de diversas variáveis, separando seus efeitos;

- determinação da confiabilidade dos resultados;

- realização da pesquisa em etapas, num processo iterativo de acréscimo de novos ensaios;

- seleção das variáveis que influem num processo com número reduzido de ensaios;

- representação do processo estudado através de expressões matemáticas;

- elaboração de conclusões a partir de resultados qualitativos.

O delineamento de experimentos tem como objetivo a determinação do número ideal de experimentos que leve à obtenção de resultados com um dado grau de confiabilidade.

Talvez essa seja a resposta mais importante na situação comum de recursos financeiros e laboratoriais escassos: além da restrição de verbas, também nos deparamos com restrições no uso de equipamentos e facilidades, bem como com limitações de suas características operacionais.

Montgomery (1.991) [5.3] indica um procedimento para o planejamento e para a análise dos resultados:

1. reconhecimento e definição do problema, como discutido no parágrafo anterior, que em grande parte depende da experiência já adquirida no estudo de processos semelhantes;

2. escolha das variáveis (fatores de influência) e das faixas de valores em que essas variáveis serão avaliadas, definindo-se o nível específico (valor) que será empregado em cada ensaio.

Deve-se verificar como essas variáveis serão controladas nos níveis escolhidos e como eles serão medidos. A avaliação intensiva de diversas variáveis pode ser necessária quando o estudo encontra-se em seus estágios iniciais e não se detém uma experiência anterior, exigindo a avaliação das variáveis em diversos níveis. Quando se deseja verificar a influência de uma variável em particular, o número de níveis deve ser reduzido, além de manter-se as demais variáveis influentes em níveis tão constantes quanto possível.

3. escolha adequada da variável de resposta, de modo que se garanta a objetividade na análise dos resultados obtidos. O critério principal para essa escolha é de que o erro experimental de medida da variável de resposta seja mínimo, permitindo a análise estatística dos dados, com um número mínimo de réplicas;

4. delineamento dos experimentos: tamanho da amostra (número de réplicas), seqüência de execução dos ensaios, necessidade de aleatorização ou do uso de blocos. Como afirmado anteriormente, a experimentação é um processo iterativo.

Principalmente em processos complexos, com diversas variáveis influentes, não se deve partir de um conjunto extenso de experimentos, que envolva um grande número de variáveis, estudadas em diversos níveis. É mais produtivo estabelecer um conjunto inicial com número reduzido de ensaios (poucas variáveis, poucos (níveis de avaliação), ir aprendendo sobre o processo e aos poucos, acrescentar novas variáveis e níveis e eliminar variáveis que não se apresentem influentes.

Com essa iniciativa, reduz-se o número total de ensaios e o que é mais importante reserva-se os recursos para aqueles ensaios realmente importantes, que normalmente não fornecem resultados objetivos nas tentativas iniciais;

5. execução dos experimentos, monitorando-os e controlando-os. Essa etapa é extremamente importante pois garante a validade experimental e exige do pesquisador um conhecimento profundo dos instrumentos, equipamentos e métodos de controle e monitoramento;

6. análise dos resultados, com o uso de métodos estatísticos, a fim de que as conclusões estabelecidas sejam objetivas. Destaque-se que esses métodos não permitem afirmar se uma dada variável apresenta ou não um determinado efeito: eles apenas garantem a confiabilidade e a validade dos resultados, de modo que se possa determinar o erro associado nas conclusões, de acordo com um dado grau de confiança previamente estabelecido;

7. elaboração das conclusões e recomendações a partir da análise dos resultados. As conclusões e recomendações permitirão que decisões sejam tomadas a respeito do processo em estudo. Uma documentação extensa,

com o uso de gráficos e tabelas permite que se apresentem resultados obtidos, a análise efetuada, bem como futuras repetições do procedimento empregado.

5.4. Metodologia de Aplicação de questionário subjetivo.

Um estudo recentemente relatado pelos autores Schutz (1978) [5.4] e Griffiths (1982) [7.1] tratou do problema da confiabilidade das escalas subjetivas usadas para avaliar o incômodo ou o descontentamento com ruído ambiental, junto com os efeitos passíveis de mudanças sazonais dos moradores com o incômodo do ruído. Este artigo, examina os dados enfocando os 3 problemas mais enfáticos, apresentados a seguir.

Uma característica comum aos estudos através de resposta subjetiva ao ruído ambiental ocorre com larga variação manifestada pelas respostas individuais as condições similares de ruído. Embora a correlação entre níveis de ruído e respostas agrupadas fosse elevada, aquele derivado das respostas individuais foi invariavelmente baixo. Recentemente, um número de estudos mostrou esse teste de confiabilidade de respostas escalonadas é própria da contra - prova baixa e conclui-se que é esta circunstância que é pela maior parte responsável para o nível baixo da correlação individual. Uma consequência do nível baixo da correlação é que as diferenças entre coeficientes de correlação obtidos quando usando índices diferentes do ruído não são grandes o bastante para indicar quais destes são prováveis para fornecer as melhores avaliações do incômodo do ruído.

O segundo problema é quando da comparação dos resultados de exames de diferentes ruído. Isto não foi possível desde que as escalas usadas ao

descontentamento ou ao aborrecimento medido variam de estudo ao estudo e não foram estandardizadas

O terceiro, e como um caso particular no ponto, não foi possível comparar estudos da resposta subjetiva nas situações onde os níveis de ruído mudaram como aqueles que trataram do estábulo e das circunstâncias estáveis desde que no anterior uma escala verbal de 4- pontos foi usada como uma medida da resposta, quando no último uns 7 pontos na escala do diferencial semântica do foi usada freqüentemente.

Os dados do estudo previamente relatado incorporando resultam de uma série longitudinal de entrevistas repetidas, permitem a quantidade de variação explicaram pelo uso de índices diferentes do ruído ser comparado mais eficazmente que era possível por meio dos dados de um único jogo das entrevistas. Desde que esteja no mesmo estudo a contagem do incômodo do ruído foi obtida usando ambos os 7 – pontos na escala do diferencial semântico do "descontentamento" e de 4 pontos -escala verbal do "incômodo" seus resultados podem também ser comparados sobre o tempo.

Metodologia: Desde que as características principais da pesquisa já têm sido relatadas, é somente necessário resumir aqui os métodos empregado na pesquisa . As medidas do ruído de tráfego e os exames sociais foram realizados em oito locais em Londres, áreas residenciais suburbanas, selecionadas para representar uma larga escalam exposição ao ruído do tráfego.

Em quatro de locais as entrevistas foram repetidas para render a um total de quatro jogos de medidas do aborrecimento junto com medidas de ruído para o cada locais, contagem que está sendo obtida dos mesmos entrevistados individuais em cada entrevista. Foram adicionados mais dois locais ,

um ruidoso e um quieto foram adicionados para assegurar-se de que os dados estivessem disponíveis para todas as estações do ano.

As taxas da resposta nos quatro locais iniciais eram mais baixas do que tinha sido anteriormente, uns dois locais adicionais eram incluídos, fazendo oito locais ao todo. A análise dos dados no relatório publicado mostrou que a taxa de resposta baixa não tinha produzido resultados inclinados.

Onde cabe a justificativa do uso de 7 pontos para inquirir os resultados e fazer com que estes adquiram uma situação mais normalizada do ponto de vista estatístico.

CAPÍTULO VI - PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO

6.1. Introdução.

A Metodologia empregada foi a Metodologia para Planejamento Experimental e Análise de Resultados, embasada na análise experimental em estatística descritiva aplicada ao desenvolvimento e métodos experimentais em Acústica sempre procurando manter os critérios da razão com a essência da organização do trabalho de Taylor .

Tomando o experimento a ser considerado com a titulação de:

“Análise Experimental do Ruído no Habitáculo de Ônibus Urbano na Cidade de Curitiba”

6.2. Seqüência do Planejamento [6.1].

01 – Levantamento do equipamento em uso no transporte coletivo da Cidade de Curitiba.

Este estudo tem concentração básica em dois tipos de ônibus:

Bi – articulados

Tabela contendo marca ano e modelo

Ligeirinhos

Os dois modelos pesquisados são o que de mais moderno existe em termos de tecnologia de transporte urbano, onde se conclui que seu ruído já deva estar extinto ou em vias de ser.

02 – Levantamento do equipamento utilizado para a medição de ruído.

Analizador de ruído composto de:

Plataforma Observador 2260 [6.2].

É um dos mais avançados medidores analisadores, com capacidade de avaliar o ruído comunitário e ocupacional. Todos os parâmetros broadband e valores estatísticos são medidos na paralela e todos os dados ficam armazenados.



Figura 20 - Medidor Analisador de Ruído

Software de Análise Sonora BZ 7201

Microfone 4189

03- Desenvolvimento da metodologia e Levantamento de dados objetivos em ônibus pela avaliação de ruídos em seu interior.

Um ponto que foi levado em consideração à risca é o de ter a interlocução com os entrevistados e ao mesmo tempo em que o ônibus em movimento para que a correlação entre os parâmetros ganhem uma conotação real em sua co-relação.

As tomadas de medidas sempre com os mesmos padrões de comportamento para garantia de um processo com os parâmetros mantendo uma uniformidade.

O questionário traz um croqui do ônibus em que eram anotados seu ponto de leitura de ruído com o analisador e o local da posição onde se encontrava a pessoa em que as perguntas deveriam ser feitas, para conceder a possibilidade de cálculo de quanto de ruído a pessoa recebe, seguindo o mapeamento do ruído.

04- Desenvolvimento da metodologia de levantamento de dados subjetivos, com aquisição através de interlocução, com passageiros no interior do habitáculo do transporte coletivo na cidade de Curitiba.

Um dos pontos cruciais é a fundamentação da eficácia de uma distribuição em sete pontos das perguntas, que aglutinou situações que tem como variação gradativa do incômodo, até a situação de ter uma condição incontrolável e insuportável.

Obteve-se a pesquisa de campo com a medição de ruídos no interior dos ônibus, simultaneamente a medição, em que pessoas responderam um questionário, onde registros formam a garantia física que as duas ocorrências efetivamente transcorriam simultaneamente com o intuito de prever um relacionamento entre as informações obtidas, com instrumentos e informações obtidas por meio de entrevistas.

CAPÍTULO VII - MODELO MATEMÁTICO

7.1. Introdução.

Com os dados colhidos e agrupados, onde a aplicação da Metodologia para Planejamento Experimental e Análise de Resultados, foi proposto o tratamento estatístico descritivo para justificar a regra a que os dados relacionados estão passivos de submeter em suas tendências com garantia de que os experimentos receberam a condução e controle equânime.

7.2. Delineamento do experimento.

A primazia em que contempla a real eficácia de métodos desenvolvidos e aplicados na busca de alta confiabilidade com o menor dispêndio de energia envolvida, o que traduz o reduzido número de amostra, trazendo a tona toda a perícia e perspicácia do pesquisador com sua hábil presença de espírito para criar situações de contorno, metas aqui propostas e colocadas a busca.

7.3. Busca dos Dados.

A seletiva de dados foi travada por meio de inquérito aos usuários do sistema Público de Transporte Coletivo na Cidade de Curitiba, sempre com o ônibus em operação como forma de efetivar a presença do ruído e garantir a situação vivência e uma interatividade integral.

Observa-se ainda a necessidade de utilização dos sete pontos nas inquisições em que sofrerão tratamentos estatísticos posteriores, como forma de atender as proposições de Griffiths [7.1], e como benemerência tem-se uma maior

certeza de ser gaussiano, para uma distribuição de sete pontos. Onde relatos trataram do problema da confiabilidade das escalas subjetivas usadas para avaliar o aborrecimento ou descontentamento com o ruído ambiental.

Os dados abaixo foram agrupados com o auxílio da seguinte tabela:


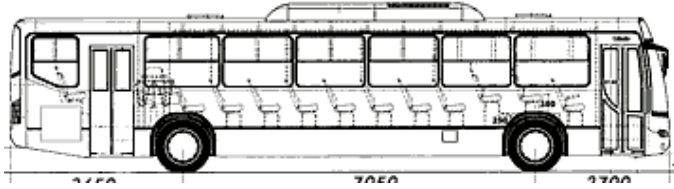
		Universidade Federal do Paraná Setor de Tecnologia Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PG-Mec)			
Sexo	Masc.		Fem.		Idade
Data		hora			Número
Rot.					Tempo/dia
Mod					Tempo/sem
Mot	diant		central		tras
Posição do Passageiro = P					
					
Posição da Leitura = L					
Como você se sente quanto ao ruído?					
<input type="checkbox"/> Imperceptível					
<input type="checkbox"/> Levemente perceptível					
<input type="checkbox"/> Perceptível, mas sem Incomodo					
<input type="checkbox"/> Incomodo Baixo					
<input type="checkbox"/> Incomodo Médio					
<input type="checkbox"/> Incomodo Alto					
<input type="checkbox"/> Incomodo Incontrolável					
Ocupação do ônibus?					
<input type="checkbox"/> Vazio					
<input type="checkbox"/> Pouco ocupado					
<input type="checkbox"/> Ocupado					
<input type="checkbox"/> Muito ocupado					
<input type="checkbox"/> Cheio					
<input type="checkbox"/> Muito cheio					
<input type="checkbox"/> Lotado					
ENTREVISTADOR					

Tabela 3 - Questionário de dados

A maior propriedade que um questionário possa ter é a de não se tornar enfadonho, principalmente quando está sendo respondido com o ônibus em operação normal, de forma intencional para que cada interrogado expresse seus anseios com a atuação do ruído.

O Questionário foi implementado com a certeza de poder propiciar:

1- O levantamento da correlação entre a frequência medida e o grau de incomodo a que os passageiros estariam sujeitos;

2- A intensidade em que o ruído atinge o passageiro dependendo de sua posição no habitáculo do veículo.

3- O grau de ocupação do ônibus no Transporte Público em Curitiba.

4- A atuação do ruído em relação a idade do Veículo.

O propósito foi conciliar o pouco tempo das pessoas com uma gama de informações que traga consistência em um estudo estatístico descritivo das situações abordadas.

1- O levantamento da correlação entre a frequência e o grau de incomodo a que os passageiros estariam sujeitos.

Definições de variáveis

X variável: Nível de Pressão Sonora ou L_{eq} .

A variável “x “ busca designar a mensura do ruído em função da quantidade de respostas colhidas no questionário, sempre obtendo um número de repetições que cada grau de insatisfação que é obtido do todo da amostra subjetivamente.

Y variável: Insatisfação

A variável “y” vem classificar em sete níveis de sensibilidade ao ruído do ambiente do Habitáculo.

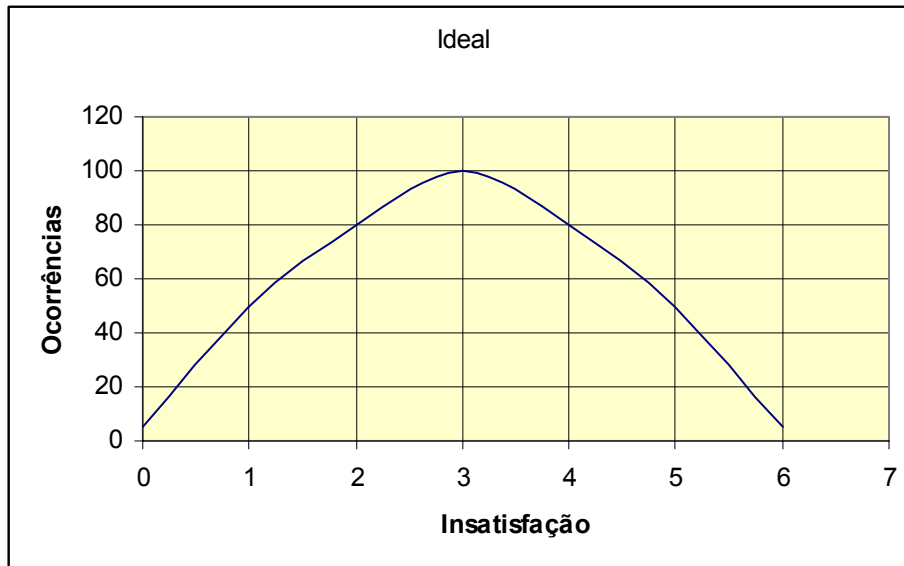


Figura 21 - Gráfico de uma distribuição Normal

Gráfico X-Y(acima) Ocorrência de Insatisfação:

Considerando uma curva normal ideal tem-se um gráfico com estas características:

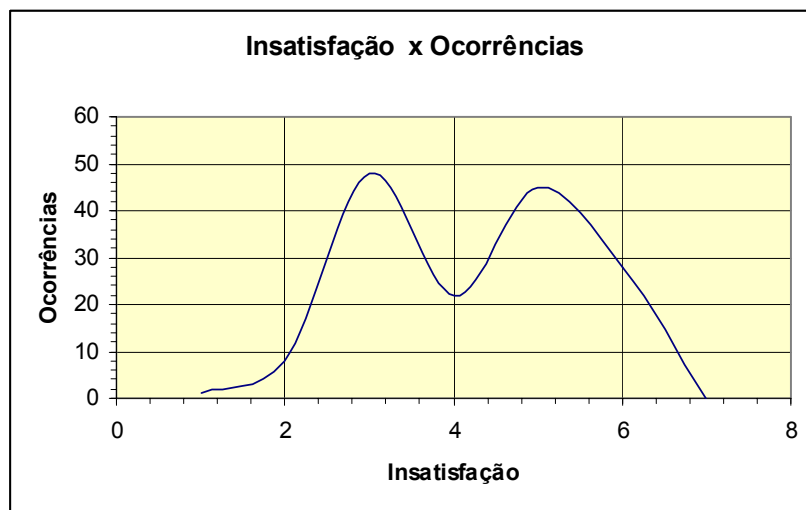
Seleção das variáveis;

Ocorrências com Valores ocorridos em 6 estágios da satisfação de um total de 7 estágios ou faixas.

	Insatisfação	Ocorrências
1	Imperceptível	01
2	Levemente Perceptível	08
3	Perceptível, mas sem Incomodo	48
4	Incomodo Baixo	22
5	Incomodo Médio	45
6	Incomodo Alto	28
7	Incomodo Incontrolável	00
	Soma Total	152

Tabela 4 - Dados obtidos através do questionário.

O gráfico abaixo traduz o comportamento da amostra 30 ônibus em que foram medidos o Nível de Pressão Sonora de cada um e o número de 152 pessoas entrevistadas.

**Figura 22 - Gráfico de Ocorrência e Insatisfações**

O ponto 04 apresenta notória desentonação na harmonia, para uma tendência normal, em busca de justificativas, conclui-se que, em termos de sensibilização, considerando o ouvido humano, a faixa de atuação de ruído no habitáculo que gira em torno de 65 a 80 dB(A) é muito ruidosa e seu nome sugere um incômodo baixo, o que para a faixa sugerida nunca seria baixo a percepção da sensibilidade.

O gráfico antecedente deixou claro a dispersão dos pontos e principalmente do ponto central.

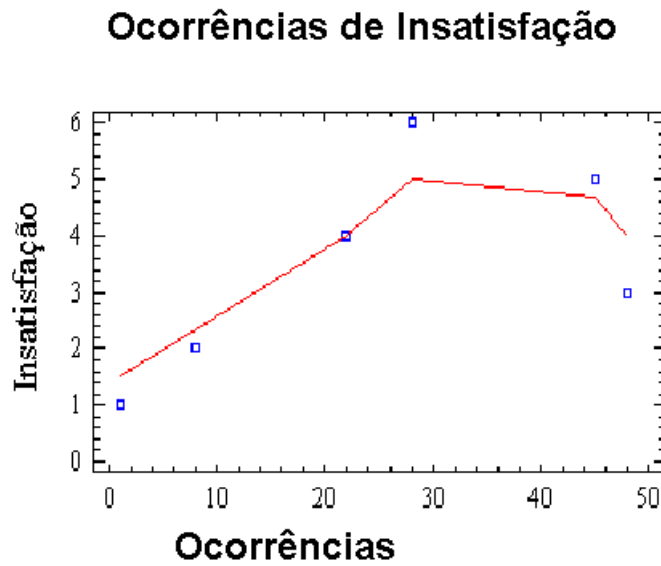


Figura 23 - Gráfico do Procedimento para modelar uma curva de Insatisfação

A curva que melhor se aproxima dos pontos obtidos é demonstrado no Gráfico X-Y o qual projeta Insatisfação versus Ocorrências em pontos dispersos e através de uma Regressão Simples podemos obter a curva que melhor representa a formação da lei matemática da Insatisfação versus Ocorrências.

A Análise de Regressão Linear onde o Modelo Linear:

$$Y = a + bX$$

(Referente à Tabela 7.1)

Variável Dependente: Y=Insatisfação

Variável Independente: X=Ocorrências

Parâmetros	Estimado	Desvio Padrão	Estatística T	P Valor
Interceptação	1,96154	1,18711	1,6523	0,1738
Inclinação	0,0607287	0,0386439	1,5715	0,1912

Tabela 7.3 – Dados estatísticos:

Fonte	Σ dos Quadrados	Df	Média da variância Quadrada	Proporção de frequência F-	P-Valor
Modelo	6,68016	1	6,68016	2,47	0,1912
Residual	10,81198	4	2,70496		
Total (corr.)	17,5	5			

Tabela 7.4 – Dados obtidos para Análise da Variância

O coeficiente de correlação, neste caso linear, é o fator que nos avalia o quanto próximo do modelo real estamos nos aproximando, e uma maneira de realizar uma otimização é ter um aumento no número amostral ou mesmo no número de amostra.

Com um Coeficiente de Correlação de 0,617 e um desvio padrão com 38,172%

D P (ajustado para d.f.) = 22,71 %

Desvio Padrão da Estatística = 1,64

Erro absoluto da Média = 1,11

Estatística de Durbin-Durbin-Watson = 1,23 (P=0,05)

Coeficiente de Correlação = 0,61

Desvio Padrão = 38,17%

Variância (ajustado para d.f.) = 22,71 %

O resultado mostra um modelo linear para descrever o relacionamento entre a Ocorrência e grau de insatisfação;

A Equação que nos traduz o modelo matemático do grau de insatisfação:

$$\text{Insatisfação} = 1.96 + 0,06 \cdot \text{Ocorrência}$$

Leg 1 residual auto correlação = 0,08

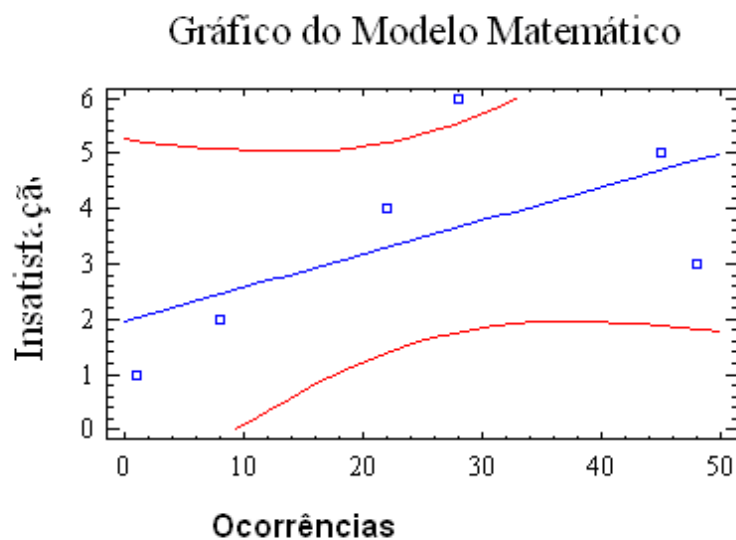


Figura 24 - Gráfico do Modelamento Matemático

Os resultados são aceitos para um Modelo Linear que descrevem o relacionamento entre o grau de insatisfação, que é disposto em uma escala de sete pontos, que para a estatística tem intuito de discretizar o espaço amostral, e a frequência de ocorrências de cada ponto de Insatisfação.

A condição para a aceitação da correlação é a de termos um P-valor, obtido da tabela ANOVA, maior ou igual a 0,10 para termos um índice de confiança igual ou elevado acima do índice de 90% de confiança garantido e obtido.

O teste estatístico da Variância indica que o modelo aceita e explica 38,17% da variância em uma escala de sete pontos para designação do grau de Insatisfação que os usuários sentem em relação ao ruído. O coeficiente de correlação igual a 0,61, indicando um co-relacionamento moderadamente forte entre as variáveis. O erro padrão da estimativa mostra o desvio padrão dos residuais como sendo 1,64. Este valor poderá ser usado para construir limites da predição para novas observações e previsões para estudo de possíveis comportamentos. O erro absoluto médio (MAE) de 1,11 é o valor médio dos residuais.

A estatística de Durbin-Durbin-Watson (DW) testa os residuais para determinar se há alguma correlação significativa baseada na ordem em que ocorrem em seu arquivo de dados. Desde que o P-valor é maior que 0,05, não há nenhuma indicação de auto correlação de série, dentro da amostra colhida ou de qualquer outra serie como a de Fibonatti e outras, pesquisadas.

Os dados até agora analisados estatisticamente tiveram o cunho exclusivamente subjetivos, pois a única situação avaliada é a opinião de cada interlocutor, que expõe sua sensação de como sente o ruído ou o som.

A Psicoacústica é a parte da física que estuda a sensação que o som produz nos indivíduos.

O Pitch é a sensação que cada indivíduo tem em relação a frequência de cada som.

As variações de uma frequência que geram mudanças perceptíveis no pitch, também diferem na intensidade e duração do som e é o determinante se é alto ou baixo e na variação de grave ou agudo.

Análise do usuário de transporte urbano correlacionado com o Nível de Pressão Sonora sem considerar o Pitch.

Com o auxílio da tabela 09, os dados foram tirados, para compor o modelo matemático de uma curva de regressão polinomial, tem-se a seguinte composição do gráfico:

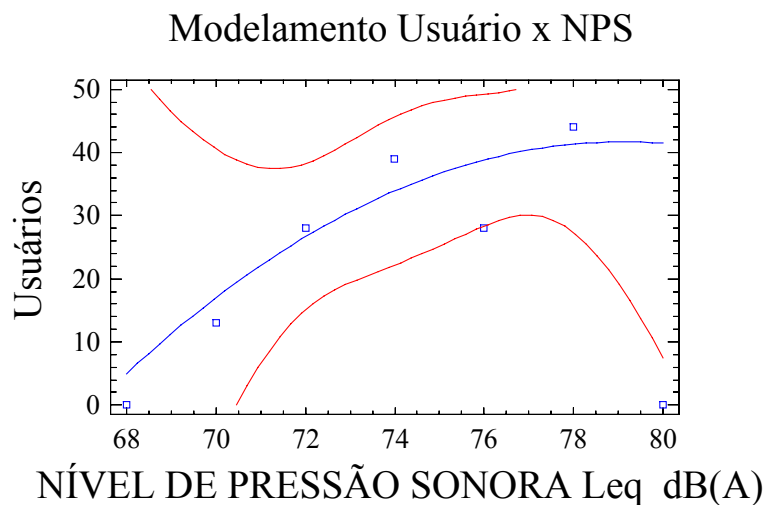


Figura 25 - Gráfico do Modelamento Usuário em face do Nível de Pressão Sonora(NPS)

Análise da Regressão Polinomial:

Variável Dependente = Usuário ou pessoas

Variável Seleccionada = Nível de Pressão Sonora ou L_{eq} em dB (A)

Regressão Polinomial Simples: O Resultado é uma equação polinomial de segundo grau com a capacidade de descrever a correlação entre usuários e o Nível de Pressão Sonora medido em campo.

$$\text{Usuário} = -1818,16 + 47,01\text{NPS} - 0,29\text{NPS}^2.$$

Sendo o P-valor da Tabela da ANOVA é maior ou igual a 0,10 não é estatisticamente significante a relação entre o usuário e o Nível de Pressão Sonora para um intervalo de confiança maior que 90%.

A estatística da Variância indica uma variação de até 63% para os usuários, e se adequadamente ajustado, é mais apropriado para a comparação de modelos com números diferentes de variáveis independentes é de 44%. O erro padrão da estimativa mostra que o desvio padrão dos resíduos é de 38, o qual é utilizado para determinar os limites de predição de novas observações. O erro absoluto médio (MAE) de 18,33 é o valor médio dos resíduos.

A estatística de Durbin-Durbin-Watson (DW) testa os valores residuais para determinar alguma correlação significativa baseada na ordem em que ocorrem na amostra comparativa de jogo de dados, e se a ordem do polinomial é apropriada, observa-se primeiramente que o P-valor no termo da ordem, a mais elevada dos iguais 0,54 do polinômio. Na condição de que o P-valor é maior ou igual a 0,10, esse termo não é estatisticamente significativo para 90% ou um nível mais elevado da confiança.

2- Distribuição do ruído no habitáculo

A intensidade em que o ruído atinge o passageiro dependendo de sua posição no habitáculo do veículo e da distância do passageiro em relação à fonte de ruído.

A maior vantagem de obter o gráfico que traduz a condição de distribuição do ruído no interior do ônibus é a de poder calcular a quantidade de ruído recebido em cada ponto, portanto uma vez indicada a posição do passageiro em questão podemos prever a quantidade de ruído à que este estaria exposto com relação a fonte considerada, no caso o motor.

A fonte de ruído considerado foi o motor do ônibus e a situação de distribuição de ruído no interior de seu habitáculo é demonstrada no gráfico a seguir, como exemplo um ônibus ligeirinho com motorização traseira.

No levantamento de dados, foi prevista a condição de cálculo em cada questionário respondido. Foi demarcada com a letra P, a posição do passageiro e com a letra L, a posição de tomada da leitura, tornando-se fácil a previsão de NPS recebida por cada ocupante do veículo.

Observando o questionário número 92 , apresentado como anexo C, onde é apontado por um ônibus de motor traseiro, ligeirinho de prefixo AL017 e é respondido por um cidadão de 32 anos que tem um tempo gasto em transporte de 1:30 (uma hora e trinta minutos) diários e um total semanal de 9 (nove) horas gastos em locomoção em transporte público. A posição desse passageiro é em pé e a 1,50m de distância da fonte, e encontrava-se em uma posição que recebia uma pressão sonora de 58 dB (A) [7.2] , com referencias ao ruído do motor, e a leitura registrada no ônibus é de 74,8 dB (A).

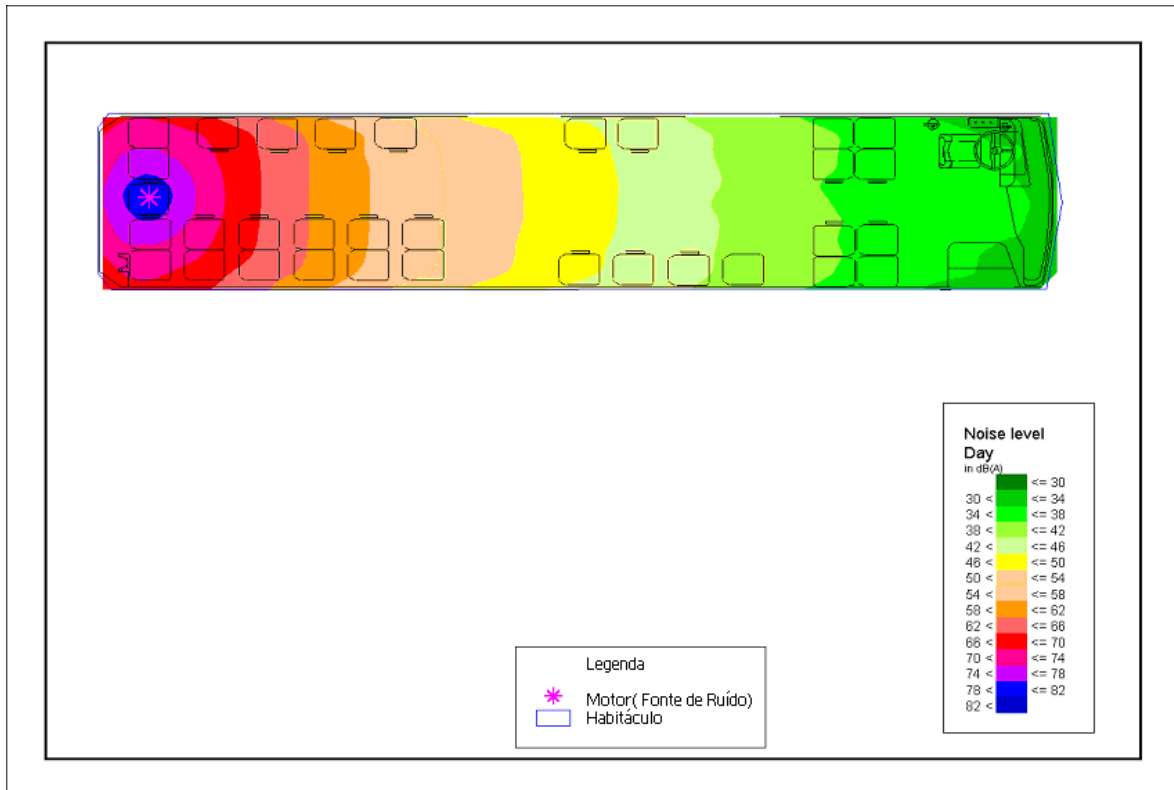


Figura 26 - Gráfico da Distribuição do ruído devido a Fonte Motor

3- O grau de ocupação do ônibus no Transporte Público em Curitiba.

A maior preocupação com o número de ocupantes é a ordem de conforto acústico, quanto ao conforto da postura e ergonômico não deve ser esquecido, em particular aqui não trataremos de assuntos ergonômicos.

A quantidade de pessoas em um recinto que absorve parte do ruído dissipado no ambiente e denominada absorção, e essa parte é medida em uma escala denominada de Coeficiente de absorção.

Varição da Superfície do	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Material						
Pessoas Adultas (conforme 1/10 pessoal)	0.25	0.35	0.42	0.46	0.5	0.5
Estudantes do 2º grau (per 1/10 pessoal)	0.22	0.3	0.38	0.42	0.45	0.45
Estudantes do 1º grau (per 1/10 pessoal)	0.18	0.23	0.28	0.32	0.35	0.35

Tabela 5 - Coeficiente de Absorção

Considerando o habitáculo do ônibus como o ambiente de um restaurante para fins de intensidade de ruído que apresenta uma faixa de 45 à 65 dB [7.2] o que é um índice bem menor do que o praticado e exigido pela legislação vigente.

Aleatoriamente a pesquisa foi realizada no mês de Janeiro, o que constitui uma situação um pouco atípica por ser férias escolares, há um sutil decréscimo no número de ocupantes do Transporte Público, suposto e ponderado.

A densidade de ocupação traduz a mensura do número de pessoas que ocupam o espaço de um metro quadrado de área.

	Ocupação	Densidade p/m²	Respostas
0	Vazio	1,0	002
1	Pouco Ocupado	2,0	112
2	Ocupado	3,0	033
3	Muito Ocupado	4,0	003
4	Cheio	5,0	001
5	Muito Cheio	6,0	001
6	Lotado	7,0	000
Soma Total			152

Tabela 6 - Densidade de Ocupação do Habitáculo

A coluna intitulada de respostas é a que os entrevistados opinaram quanto a classificação de ocupação.

Considerando a área do habitáculo com 32,82m² com uma ocupação de 11% de passageiros sentados e 89% de passageiros em pé, em área.

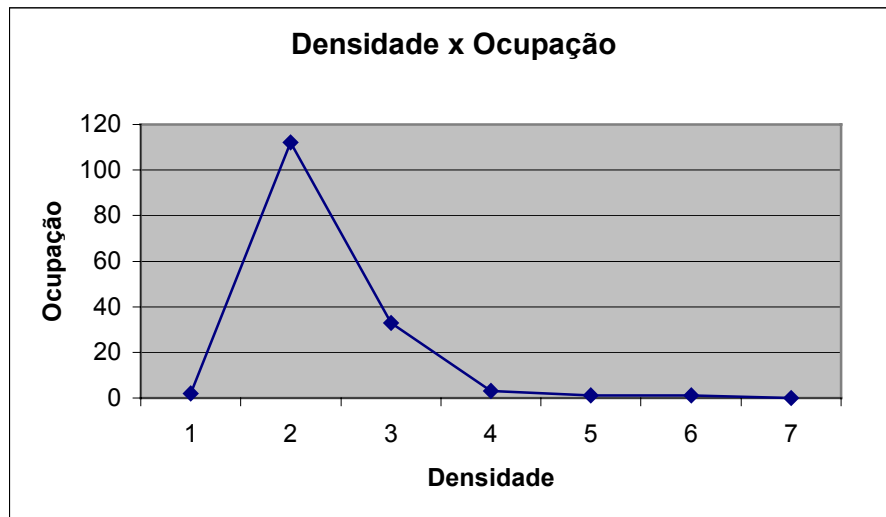


Figura 27 - Densidade de Ocupação do Habitáculo

MOTOR TRASEIRO: 104 passageiros (sendo 32% do total passageiros sentados).

As condições expostas apresentam um índice de absorção acústica devido a ocupação por pessoas.

MOTOR CENTRAL: 115 passageiros (sendo 29% do total sentados).

Comportamento Estatístico da Ocupação: É de suma importância observar os horários que ocorrem as entrevistas e notar que não houve coincidência com os horários de pico no trânsito.

4- A atuação do ruído em relação à idade do Veículo.

A condição natural de um equipamento é de ter, com o passar do tempo, suas peças um tanto mais desgastadas, em função de sua utilização e por consequência os níveis de ruído tendem a crescer.

As três séries de dados dispostas a seguir dão referências a épocas e pesquisadores diferentes. A primeira série refere-se o mês de Janeiro do ano de 2003 na cidade de Curitiba,

O código designa em sua primeira letra a empresa e m sua segunda letra o modelo de transporte e os três números finais para o controle da frota.

→	A	Indica a que empresa pertence.
→	L	Indica que o tipo, no caso ligeirinho.
→	023	Indica o controle da frota.

Tabela 7 - Exemplo:AL023

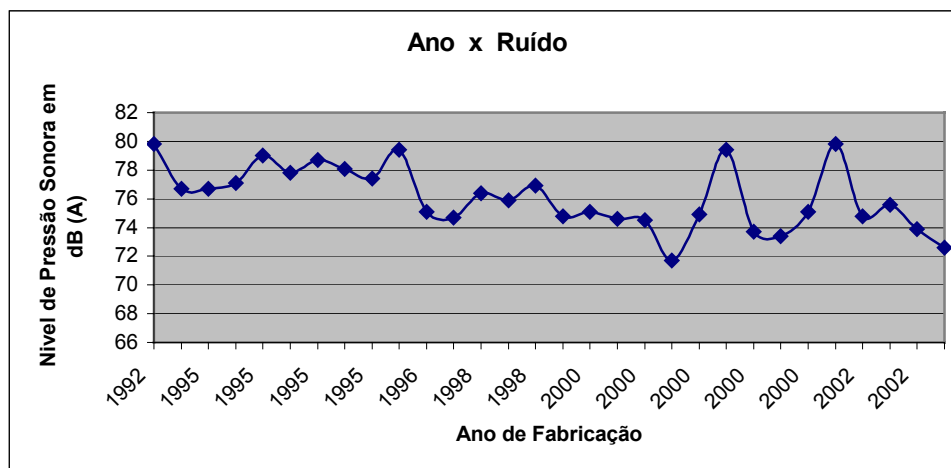


Figura 28 - Ano de Fabricação do Ônibus pelo Nível de Pressão Sonora

O gráfico (Fig. 28) do Ano x Ruído retrata o ano de fabricação do veículo e o Nível de Pressão Sonora que escalona o grau do Ruído, há indicativos que quanto mais idoso é o ônibus, maior é o índice de ruído. Fato este que pode ser confirmado com o gráfico seguinte que trata de uma de uma reta com coeficiente cerca de 135° inclinação.

Os pontos que defasam de uma tendência, pode-se atribuir a situações que fogem a padrões normais

	Código	Ano	L_{eq.}	Data	HORA	entrevistas
1	AL023	2000	75,1	16/01/03	10:10	0
2	19D001	2002	74,8	16/01/03	10:30	10
3	AL025	2000	74,6	17/01/03	09:10	7
4	17D19	2000	74,5	17/01/03	09:20	3
5	17D13	2000	71,7	17/01/03	09:45	4
6	HD208	1995	76,7	17/01/03	10:05	3
7	HD226	1998	74,7	17/01/03	10:15	3
8	BD117	1995	76,7	17/01/03	10:30	3
9	GD313	1995	77,1	17/01/03	10:45	3
10	GD328	1998	76,4	17/01/03	11:20	4
11	GD312	1995	79	17/01/03	11:55	4
12	HD213	1995	77,8	17/01/03	12:15	4
13	HD220	1995	78,7	17/01/03	13:05	4
14	HD206	1995	78,1	17/01/03	13:35	6
15	GD308	1995	77,4	17/01/03	14:10	5
16	VD009	1992	79,8	17/01/03	14:35	5
17	HD213	1995	79,4	17/01/03	14:55	3
18	HD220	1998	75,9	17/01/03	15:05	5
19	HD122	1998	76,9	17/01/03	15:35	2
20	GD326	2000	74,9	17/01/03	15:55	2
21	16D02	2000	79,4	17/01/03	16:25	5
22	17D02	2000	73,7	30/01/03	08:50	8
23	AL017	1999	74,8	30/01/03	09:15	4
24	GL049	2002	75,6	30/01/03	09:45	8
25	DL038	2000	73,4	30/01/03	10:25	13
26	CL025	2000	75,1	30/01/03	10:55	3
27	CL029	2000	79,8	30/01/03	11:15	12
28	CL024	2002	73,9	30/01/03	11:55	6
29	GL058	2002	72,6	30/01/03	12:25	6
30	GL033	1996	75,1	30/01/03	12:55	7
	μ		76,12		Σ	152
	S_y^2		2,195	S_y^2	4,82	

Tabela 8 - Dados Experimentais

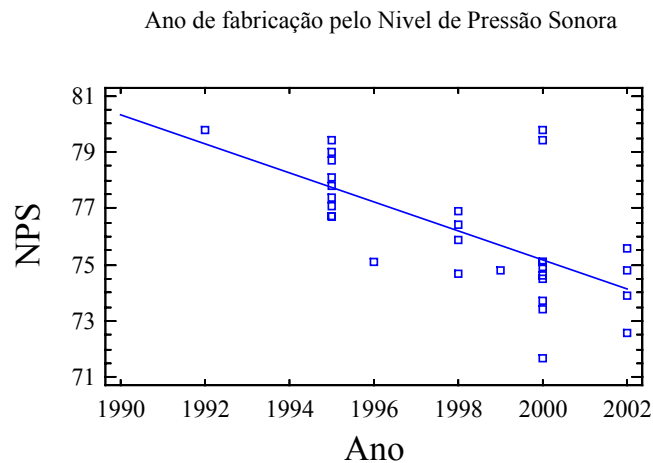


Figura 29 - Gráfico do NPS em função do ano de fabricação

A tabela a seguir tem seus dados tabulados a partir dos dados da tabela (08) de dados experimental em composição com a tabela 7.2.

	NPS	Ônibus	entrevistados	01	02	03	04	05	06	07
1	68 dB (A)									
2	70 dB (A)	1	13			06	02	04	01	
3	72 dB (A)	4	28			09	04	07	08	
4	74 dB (A)	11	39		01	09	07	14	08	
5	76 dB (A)	7	28		02	12	04	05	05	
6	78 dB (A)	7	44		06	12	05	12	09	
7	80 dB (A)									
Σ		30	152		09	48	22	32		

Tabela 9 - Distribuição do número de ônibus com o NPS

Enfatizando que os números de 01 a 07 são os sete pontos que foram referências para medir o grau de insatisfação em relação ao ruído.

Determinação do tamanho da amostra

Com o propósito de justificar o tamanho da amostra e garantir um confiabilidade aceitável.

A tabela abaixo utiliza dados levantados em campo por Giovanni [7.3].

	População	Amos- tra 01	Amos- tra 02	Amos- tra 03	Amos- tra 04	Amos- tra 05	Amos- tra 06
Número de ônibus em estudo	120	20	20	20	20	20	20
y=Média	76,75	77,56	73,34	73,90	75,86	81,2	78,73
S ² = Variância	11,62	2,08	1,83	5,42	4,851	7,69	7,07
S = Desvio Padrão		1,44	1,35	2,33	2,20	2,77	2,65
Valor Mínimo	69,1	75	71,8	69,1	72,8	75,9	73,6
Valor Máximo	86,7	80,2	76,8	77,8	79,8	86,7	83,8
Ranger "Amplitude de escala"	17,6	5,2	5	8,7	7	10,8	10,2
Afastamento padrão"std skewness"	2,11	-0,16	1,19	-0,20	0,47	-0,42	1,30
Afastamento padrão"std kurtosis"	0,178	-0,57	-0,15	-0,34	-1,16	0,005	0,23
Cálculo de n		5,57	6,317	2,14	2,39	1,50	1,64
Afastamentos das Médias		-0,80	3,41	2,85	0,89	-4,44	-1,98

Tabela 10 - Demonstra uma estatística descritiva

Cálculo do Tamanho da Amostra Button (2001) [6.1].

$$s_y^2 = \frac{S^2}{n} \Rightarrow n = \frac{S^2}{S_y^2} = \frac{11,62}{4,82} = 2,43$$

S_y^2 Variância da amostra segundo dados da Tabela 09.

S^2 Variâncias da População considerada a Tabela 10.

n Número de elementos da Amostra mínima para que seja confiável a estatística.

Como no caso obteve-se um tamanho muito pequeno, cabe a aplicação de Student, para a definição de um número mínimo de amostras com um nível de segurança adotado de 98%, onde:

$$n = \left(t \frac{S}{\delta} \right)^2$$

$$t = 0,02 \times 76,2 = 2,09$$

$$S = 2,82$$

$$g = 1,5$$

$$n = 16$$

Portanto para cada amostra poderia ter um número mínimo de 16 ônibus.

Resultado que reafirma condição ótima para a amostra tomada.

Com uma confiabilidade de 98%, tomadas a partir de tabela de Student.

CAPÍTULO VIII - CONCLUSÃO

8.1. Conclusão

Os níveis de ruído no habitáculo dos ônibus estudados, ligeirinho e bi-articulado, com motores central ou traseiro, atendem as normas de ruído ocupacional, mas geram um grau de insatisfação por parte dos usuários do transporte coletivo, no município de Curitiba, constatado em cerca de 62%.

O motor gera no habitáculo um ruído de 38 a 78dB(A), estando o ruído interno, em valores médios, em 76dB(A) o que mostra ser o ruído fonte importante em sua vizinhança, juntamente com outras fontes, incluindo as externas. Assim, tanto aquele interno quanto o externo, o que se denota é que, de maneira geral, juntamente com outras fontes, contribui de forma substancial para a insatisfação e decréscimo da qualidade de vida de toda a comunidade.

Deste modo, os níveis de pressão sonora medida em campo, mesmo estando em conformidade com a legislação vigente, não levam em conta os outros fatores que necessariamente estão associados, a fim de considerar, sobretudo, sua perniciosidade.

A legislação que ampara o tema em questão, se forma a partir da necessidade de organizar a vida em sociedade, como instrumento regulador do comportamento social, porém, não apresenta instrumentos capazes de se fazer cumprir, tal qual não impede que haja danos à saúde e ao bem-estar do ser humano, cujos níveis visam evitar a surdez, mas não liberam a população do estresse provocado pelo constante desconforto, carecendo, de maneira geral, de proporcionar seguramente a satisfação da coletividade.

8.2. Confrontar e monitorar os dados

A formação de um banco de resultados com a finalidade de referenciar novos dados para servir de comparativos e avaliar a evolução de equipamentos e tecnologias desenvolvidas no setor.

8.3. Sugestão para a continuidade

A maior contribuição que este trabalho, pode deixar para os que no futuro de alguma forma estarão envolvidos no tema, é a certeza de que alguma exposição já tenha sido formada sobre o ruído e um alerta a todos os envolvidos, mesmo os de forma direta e indireta.

A continuidade pode-se sugerir que seja feita através da verificação do grau de satisfação dos usuários do Sistema de Transporte Coletivo considerando outras variáveis além do ruído : preço; modo de condução do veículo pelo motorista, atendimento ao público, condições das vias, conforto em terminais, estações e no próprio habitáculo do ônibus.

Trabalhos junto a montadoras e encarregadores para a identificação e controle de fontes de vibrações e ruído em ônibus.

ANEXO A - ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE CARROCERIA DOS VEÍCULOS CATEGORIA LINHA DIRETA

01 - A altura do piso na região das portas do veículo em relação ao solo deverá ser de 950 ± 10 mm;

02 - O veículo deverá ser dotado de duas portas com vão livre de 1300 ± 100 mm (na parte com maior restrição), no lado esquerdo do veículo (distância entre eixos das portas igual a 2850 ± 50 mm), com acionamento eletro pneumático. O mesmo deverá possuir no lado direito uma porta de serviço (pantográfica) com vão livre de 700 ± 50 mm, sem grade de proteção. Na região das portas de serviço, colocar piso personalizado de borracha com a mensagem “Evite Permanecer Nesta Área”, $1,00 \times 1,30$ m, ref. B0815300391-07UV, da Mercur ou similar, conforme desenho de projeto.;

03 - O tapas-saia ao lado das portas de embarque/desembarque, deverão apresentar altura padrão de 750 mm ± 50 mm e deve-se acrescentar um balaústre na altura de 1100 mm ± 50 mm em relação ao solo;

04 - O veículo deverá possuir rampa deslizante “tipo gaveta“, na parte inferior da porta, com as folhas de portas completando o conjunto;

05 - A rampa deslizante deverá apresentar vão livre de 1200 ± 100 mm, projeção de 700 ± 100 mm, em relação à lateral do veículo, atender o limite mínimo de 800 mm e máxima de 890 mm de altura em relação ao solo, prevendo que os veículos utilizarão pneus com câmara 1100×22 ;

06 - As folhas de portas deverão ser envolventes com atuação sobre mancal, sem chapas de proteção que causem restrições na passagem dos usuários, devendo apresentar projeção máxima de 250 a 350 mm, em relação a lateral do veículo;

07 - O formato das folhas de portas deverá acompanhar a curvatura da carroceria do veículo.;

08 - O conjunto deverá apresentar acionamento eletro-pneumático interligadas ao Sistema de Atuação das rampas deslizantes;

09 - A seqüência de abertura e fechamento das rampas e folhas deverá ser a seguinte:

Em caso de parada do ônibus na estação tubo, acionado o sistema para abertura primeiramente deverá abrir a rampa e quando a mesma estiver com o seu movimento realizado, deverá ser atuado um sensor de fim de curso para liberar a abertura das folhas portas.

No fechamento do conjunto, deverá primeiramente fechar as folhas de portas e quando as mesmas estiverem com o seu movimento realizado, deverá ser atuado um sensor de fim de curso para liberar o fechamento da rampa;

10 - O tempo total de abertura ou fechamento do conjunto de folhas e rampas, deverá ser de no máximo 6 segundos;

11 - Visando a melhoria estética, os vidros das folhas de portas deverão apresentar a mesma altura dos demais vidros;

12 - As folhas de portas quando realizado o movimento de abertura e fechamento, não deverão prender mãos ou pés de usuários na coluna do vão de porta ou nos tapa-saias;

13 - Executar acabamento da tampa para fechamento da abertura da carroceria, onde recolhe a rampa deslizante que quando estiver aberta, deverá apresentar limite máximo de 300mm;

14 - Deverá ser instalada na parte inferior da rampa, pequena roldana para facilitar o deslizamento da mesma sobre a plataforma da estação tubo;

15 - Nas folhas de portas instalar dispositivo de segurança, para evitar que as mesmas abram com o veículo em movimento, tendo em vista a possibilidade de passageiros ficarem encostados nas mesmas, durante a operação do veículo;

16 - Os interruptores de acionamento das portas deverão ser instaladas no painel do veículo;

17 - É obrigatório o uso de limitador de velocidade (mínimo duas) controlado por software conjugado com dispositivo de segurança que impeça a abertura das portas sem o veículo estar totalmente parado. O controle de abertura das portas, não poderá ser acoplado com o freio de serviço.

O sistema deverá liberar o veículo da Estação ou Terminal, quando a rampa e folhas de portas estiverem fechadas. Na hipótese do sistema ser acionado, o veículo não poderá ficar travado no Terminal ou Estação Tubo;

18 - É obrigatório o uso de equipamento de Áudio Digital, eletrônico, microprocessador, para reprodução de seqüência de mensagens permanentes;

19 - Para manutenção do sistema eletro-pneumático, deverá ser prevista abertura para inspeção de fácil acesso;

20 - As janelas devem possuir duas bandeiras de 50% cada, sendo que apenas a superior apresente abertura, já as que contêm a caixa de itinerário lateral deverão possuir vidros inteiriços. Todos os vidros deverão ser fume;

21 - A iluminação interna deve ser fluorescente e oferecer um índice de luminosidade não inferior à 140 Lux medidos à 1m acima do piso do veículo;

22 - Deverão ser colocados dois espelhos retangulares convexos com dimensões mínimas aproximadas de 150 x 250 mm, sendo um fixado no centro e

outro no lado direito, ambos na parte superior do pára brisa, bem como um espelho bipartido (plano/convexo), no lado direito externo;

23 - Instalar no painel do motorista uma tecla individual para desligar as duas primeiras luminárias (quando a iluminação estiver acesa), uma do lado do motorista e a outra do lado do esquerdo do veículo;

24 - O vidro localizado atrás do posto do motorista, deverá ter uma dimensão mínima de (470 mm de largura x 770 mm altura);

25 - Deve ser instalado desembaçador de duas velocidades no pára-brisa dianteiro e no painel do veículo;

26 - Deve ser instalado lavador elétrico de pára-brisa;

27 - O assento do motorista deve possuir encosto para cabeça, e ser do tipo rigiflex e com amortecimento hidráulico ou similar e estar equipado com cinto de segurança de três pontos (retrátil);

28 - Cortina, deve ser instalada no posto do motorista em plástico tipo vinil da cor cinza;

29 - Todos os balaústres “pega-mãos” internos devem possuir $\varnothing 1\frac{1}{4}$ ” e serem com tubo encapado com termoplástico, na cor cinza ou similar, ref. Politherm 1001”;

30 - No teto do veículo deverão ser instalados 04 (quatro) linhas de balaústres horizontais com altura de 1.800 mm do nível do piso (tolerância 5%) “1 $\frac{1}{4}$ ”, devendo inclusive ser colocado balaústres horizontais na região das portas de embarque/desembarque, posicionados de maneira a permitir apoio de mãos de passageiros, que ficam em pé neste local;

31 - Devem ser instalados balaústres verticais fixados nos pega-mãos dos bancos ou no próprio banco com os balaústres horizontais fixados no teto, instalados alternadamente, banco sim, banco não;

32 - No espaço destinado a cadeira de rodas, deve ser previsto um balaústre escamoteável para entrada e saída da mesma, colocar placa personalizada Símbolo em borracha, com pictograma do cadeirante ref. BO815300301 – 45 da Mercur ou similar, cinto de segurança e trava manual para cadeira de roda;

33 - A altura interna mínima do veículo deverá ser de 2.000 mm;

34 - Instalar anunciador de voz de fechamento das portas de serviço homologado pela URBS, com mensagem pré-gravada “ As portas serão fechadas em um segundo”, potência de saída mínima 20W RMS, com ajuste de volume quando alimentado com 28V e carga de 8 ohms;

35 - Os bancos devem ser em “polietileno soprado”, com formato anatômico na cor cinza basalto, ref. Pantone, n.º 432-C , ou similar (desde que aprovado pela URBS), com quebra queixo em plástico na cor cinza, os bancos para as pessoas portadoras de deficiência, gestantes ou idosos, deverão ser na cor cinza basalto, ref. Pantone, n.º 432-C, com quebra queixo em plástico, na cor amarela, ref. Pantone, n.º 012-C. Nos bancos situados sobre as caixas de rodas, centro do capô do motor traseiro (banco individual) e em frente às portas de saídas, deverão apresentar apoio lateral de braço;

36 - O itinerário frontal do veículo deve ter inscrições brancas com fundo preto tendo duas máquinas, uma para o nome e outra para o código da linha. Deverá ser iluminada com lâmpadas fluorescentes com potência mínima de 60W (total) para o itinerário e 40W (total) para o código da linha (distribuídas

simetricamente). O veículo deverá possuir 01 (uma) caixa de itinerário (dimensão mínima 1000 x 150 mm) lateral tipo mecânica ou digital, localizado entre as portas do veículo, na parte superior da janela. O itinerário lateral deverá ser iluminado com lâmpada fluorescente, potência mínima de 40 W (total). Apresentação do itinerário verificar estudo GVC/001/98, revisão 004/98 de 22/09/98.

Nota: Quando da utilização de itinerário eletrônico (digital) o mesmo fica dispensado do atendimento aos tipos e dimensões de letra/número apresentados no estudo GVC/001/98;

37 - As forrações laterais e do teto devem ser em fórmica ou laminado melamínico na cor cinza texturizado ou similar e branco texturizado respectivamente;

38 - A cor interna das portas e as caixas de mecanismos das portas, deverão ser da mesma cor da lateral do veículo, cinza foggy;

39 - O veículo deverá possuir instalação elétrica completa para sistema de áudio, com no mínimo, 06 alto-falantes (full range, 4 a 8 ohms, potência de 20 a 40 watts/rms e tamanho de 6 polegadas), distribuídos simetricamente ao longo do veículo, os mesmos deverão ser afixados no teto do veículo ou flexal, as telas dos alto-falantes deverão ser de metal estampado;

40 - Na região do motor, o piso deverá ser revestido com material isolante térmico, acústico e a prova de fogo;

41 - O piso deve ser em alumínio lavrado invertido ou liso lavrado e escovado, com espessura calculada para máximo vão livre entre apoios e carga de projeto ($6,5 \text{ pass./m}^2$), recoberto com a manta de borracha antiderrapante com proteção de UV, na cor grafite, espessura mínima de 3 mm (canelada), lisa sob os bancos e canelada no corredor ref. B1901/ B1906 da Mercur ou similar, desde

que homologada pela URBS. Preferencialmente, visando a eliminação dos supracitados frisos nas emendas da manta de borracha lisa com a canelada, poderá ser aplicado adesivo ref. EC 2140 da 3M ou similar, na largura de 30mm de cada borda, sendo admitido também, o uso de dois frisos longitudinais na junção do tapete liso com o estriado;

42 - No teto devem ser instalados, no mínimo 03 escotilhas de ventilação;

43 - Colocar próximo de cada porta de embarque/desembarque de passageiros, lixeira em aço inox padrão URBS ref. MAK 58 da Canthiê Indústria e Produtos Metalúrgicos Ltda ou similar, fixada nos tapa-saias;

44 - O veículo deverá possuir em cima do painel(lado direito), próximo ao vidro, um suporte com placa, que precisa estar visível pelo usuário(interna e externamente – dupla-face), o suporte deverá ser da mesma cor do painel do veículo e a placa que vai no suporte, deverá ser da mesma cor do veículo;

45 - A pintura externa deve ser com base metálico na cor alumínio, ref. 601.1.891 (RENNER) ou similar, desde de que homologada pela URBS, com uma camada de verniz acrílico ref. 366.7.097(RENNER), sendo que a tinta deve manter suas características originais de cor e brilho por no mínimo 04 (quatro) anos;

46 - Os pára-choques deverão ser na cor do veículo;

47 - As inscrições externas devem ser na cor preto fosco. Ver anexo III “lay-out externo e pintura de dísticos”;

48 - Os aros das rodas devem ser pintados em esmalte sintético, na cor Preto Fosco – RENNER, ref. 411.1.732 ou utilizar aros de alumínio forjado;

49 - A capacidade mínima para os veículos deve ser de:

MOTOR TRASEIRO: 104 passageiros (sendo 32% do total sentados).

MOTOR CENTRAL: 115 passageiros (sendo 29% do total sentados);

50 - O encarroçamento de modo geral, deverá obedecer rigorosamente as normas, especificações e exigências do fabricante do chassis ou plataforma;

51 - A disposição dos assentos deve seguir o padrão em planta com capacidade variável conforme o tipo do chassis;

52 - O veículo deve possuir no mínimo duas janelas de emergência;

53 - O veículo deverá possuir extintor de incêndio tipo CO₂ ou pó químico com 4 kg e mangueira com bocal difusor;

54 - O veículo deverá possuir equipamento de proteção de motores do tipo “vigia”, “honeyweel”, “penn control”, “nason” ou similar;

55 - Por motivo de segurança, nos veículos com motor traseiro deverá ser previsto “quebra-queixo” (pega-mão), a frente dos bancos sobre o motor lado esquerdo;

56 - O veículo deverá possuir um sistema alerta (sirene intermitente), quando o mesmo for utilizar a marcha ré, com atenuador noturno duplo volume da VSP, modelo AS-324 ou similar, que deverá emitir níveis de ruído máximo de 75 dB(A) (com meia luz ligada) e 90 dB(A) (sem luz ligada), valores medidos a 1,00 m da traseira do ônibus, com o motor desligado;

57 - No sistema de acionamento das portas de serviço, deverá ser previsto reversão do movimento das folhas e da plataforma para evitar acidentes com usuários;

58 – Providenciar a colocação de adesivos internos conforme padronização em anexo;

59 - Fica opcional a utilização de espelhos externos com controle remoto, preferencialmente elétrico de tal forma que o motorista possa ajustar os espelhos sentado em seu posto;

60 - Os projetos para cada tipo de chassis devem ser enviados à URBS para aprovação.

Referências Bibliográficas

[1.1] Site <http://www.anfavea.com.br/Tabelas2002/TAB1PRO.doc> ,visitada em 10 de Abril de 2003,

[1.2] Site www.itrans.org.br ,visitada em 08 de março de 2003, publicada em 8 de setembro 2002, em conjunto com o jornal Gazeta Mercantil.

[1.3] Penteado, José Fernando; Site visitado em 21 de setembro de 2002, http://www.autoinforme.com.br/fr_secao.asp?id_secao=36&nome_secao=Colunistas ,

[1.4] http://www.curitiba.pr.gov.br/pmc/a_cidade/Solucoes/Transporte/index.html Site,visitado em 21 de setembro de 2003, publicada em 21 de setembro 2002, em conjunto com o jornal Gazeta Mercantil.

[1.5] Dados fornecidos pela Urbs – Urbanização de Curitiba S. A. Setor de Vistoria do Transporte Coletivo em Janeiro de 2002.

[2.1] Barbosa, W.A., 1992, “**Aspectos do Ruído Comunitário em Curitiba**”, Tese do concurso de Professor Titular, Departamento de Engenharia Mecânica; Universidade Federal do Paraná.

[2..2] Correa Filho, Heleno Rodrigues e outros; **Perda auditiva induzida por ruído e hipertensão em condutores de ônibus**; Revista Saúde Pública 2002

[2.3] Giovani, Clifton Roberto, 2002 **“Estudo do ruído no Transporte Coletivo da Cidade de Curitiba e seus efeitos na saúde auditiva dos Motoristas e Cobradores**. Iniciação científica – CNPQ – UFPR.

[2.4] Calixto, A., 2002, **“O Ruído Gerado pelo Tráfego de Veículos em Rodovias Grandes Avenidas” Situadas dentro do Perímetro Urbano de Curitiba, analisado sob parâmetros acústicos objetivando seu impacto ambiental**”, dissertação (mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Paraná

[2.5] Corrêa Filho, Heleno Rodrigues, e outros, **“Perda auditiva induzida por ruído e hipertensão em condutores de ônibus”**, Rev Saúde Pública vol.36 nº.6 São Paulo Dezembro. 2002

[2.6] ISO 2631 **Method for Calculating Loudness Level**; International Organization for Standardization; 1975.

[2.7] Silva, Luiz Felipe; **Nível de vibração dos ônibus ultrapassa limites de exposição definidos pela ISSO**; publicado São Paulo, 15 de abril de 2002 n.942/02. e visitado 20/05/2003.

Site <http://www.usp.br/agen/bols/2002/rede942.htm>

[2.8] Arias, Ana Paula Maranghetti, **Ruído Risco Silencioso**, é médica da Área Técnico-pericial em Medicina do Trabalho da PRT 15. <http://www.prt15.gov.br/bol08/ruído.html>

[2.9] Castro Pinto, Fernando A. N.; Zindeluk ,Moysés; Mattos, Igor Antunes de ;**Avaliação do conforto acústico de passageiros de veículos utilizando parâmetros psicoacústicos**; XX Encontro da SOBRAC, Rio de Janeiro 2002.

[2.10] Gerges, Samir N. Y. e Zmijevski Thiago R. L. “**Qualidade Sonora dos Produtos**”, XX Encontro da SOBRAC, Rio de Janeiro 2002.

[2.11] Pacheco E. A. Pacheco, Barbosa W. A., Zannin P. H.T., “**Quantificação do Ruído de Combustão Usando Três Tipos Diferentes de Combustíveis de Competição pelo Método de Intensidade Sonora**”, ; XX Encontro da SOBRAC, Rio de Janeiro 2002.

[2.12] Francismar Rogério Carvalho; Marcelo Becker; **Análise Estatística de Conforto Acústico em Ensaio com Veículos de Passeio em Estrada**; XX Encontro da SOBRAC, Rio de Janeiro 2002.

[2.13] Cherman André Luis; Gerevini Herbert Alves; **Implantação de laboratórios de NVH de carroceria no campo de provas de Tatuí**; XX Encontro da SOBRAC, Rio de Janeiro 2002.

2.14] Morrell, P. & Lu, H-Y. 2000. **Aircraft noise social cost and charge mechanism: a case study of Amsterdam Schiphol Airport**, paper with Cherie H-Y Lu, Transportation Research, Part D, 5(4), April, pp 305-320

[2.15] COLLEONI, N. e outros. Ruídos industriais, perturbações auditivas e sua profilaxia. **Revista brasileira de saúde ocupacional**. 36. 77-80, 1981.

[2.16] ALEXANDRY, G.F. **O problema do ruído industrial e seu controle**. São Paulo, Fundacentro, 1978. 123p.

[2.17] FIORINI, A.C.; SILVA, S.; BEVILAQUA, M.C. **Ruído, comunicação e outras alterações**. SOS: Saúde Ocupacional e Segurança.26.49-60,1991.

[2.18] COSTA, E.A. & KITAMURA, S. **Órgão do sentido - Audição**. In: MENDES. Patologia do Trabalho. São Paulo, Atheneu, 1995. 365p.

[3.1] Dados fornecidos pela Urbs – **Urbanização de Curitiba S. A.** Setor de Vistoria do Transporte Coletivo

[3.2].ONUSIC, H. A **Parâmetros de Avaliação acústica de Veículos Automotores**. VI SIBRAV – Simpósio Brasileiro de Acústica Veicular, São Bernardo do Campo, 2001.

[4.1] Pivioti, R.G. ; Rezende, C.S.;Knobel, M.;" **Som Útil e Som Prejudicial**"
Unicamp 2002 Campinas S.P.

4.2] Ferraz Netto, Luiz; "Acústica - Feira de Ciências"
site www.feiradeciencias.com.br visitado em 21/04/2002

Ribas Ângela, Adriana Bender Moreira de Lacerda , Jair Mendes Marques, Paulo César Peres de Andrade, **A percepção que os usuários do transporte coletivo de Curitiba tem sobre o ruído presente neste meio de transporte.** ; XX Encontro da SOBRAC, Rio de Janeiro 2002.

[4.3] ONUSIC, H. A **Parâmetros de Avaliação acústica de Veículos Automotores.** VI SIBRAV – Simpósio Brasileiro de Acústica Veicular, São Bernardo do Campo, 2001.

[5.1] Descartes, Frederick W. **Princípios de Administração Científica.** 7. ed.
São Paulo: Atlas. 1986.

5.2] Taylor, Frederick W. **Princípios de Administração Científica.** 7. ed. São Paulo: Atlas. 1986.

[5.3] Montgomery, D. C. ‘Design and Analysis of Experiments’ , 3° edição, John Wiley and Sons, 1991

[5.4] Schultz, T. J. “**Synthesis of social survey on noise annoyance**”. Inglaterra em 10 de março de 1978.

[6.1] Button, S. T. ;”**Metodologia para Planejamento Experimental e Análise de Resultados**” Unicamp; Agosto de 2001

[6.2] Bruel and Kjaer: **Integrating and logging sound level meter**. Technical Documentation 2238 and 2260, Naerum, Denmark, 1995 and 1998.

[7.1] Griffiths, I.D. ;Langdon, F.J.;” **Efeitos subjetivos da exposição do ruído de tráfego, II : Comparação de Índices de Ruídos, Escalas de Respostas e efeitos da mudança do nível de Ruído.**” Journal of Sound and Vibration (1982).

[7.2] SoundPlan v. 5.5 (12 / 11 / 2001) Braunstein + Berndt GmbH Licenciado: Laboratório de Acústica da UFPR (Utilização de software)

[7.3] Diniz, F.B.; “**Perfil do ruído interior do sistema de transporte coletivo de Curitiba**”, UFPR ;2001 ; Curitiba, PR.