

ARQUIVO TECNICO

02
84p(RCET)
3219



14324



023219

A 3.

PROTEÇÃO DOS TRABALHADORES CONTRA O RUÍDO NOS
LOCAIS DE TRABALHO

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
AV. PROF. FREDERICO H. MANN JR., 345 CEP 05489 - PINHEIROS
SÃO PAULO - BRASIL

MAIO/1979

9202
P284p(RCET)
023219

CLASS.	
AUG.	
TOMBO	23219

1. INTRODUÇÃO:

O Homem moderno cada vez mais vem sendo submetido a condições sonoras, agressivas em seu "habitat" ficando prejudicado até mesmo nas horas chamadas de lazer, quando o som vencendo qualquer tentativa de privacidade transformou-se num invasor comunitário, em todas as camadas sociais.

Embora o assunto esteja cercado de um caráter subjetivo a identificação do conceito de incômodo se faz através da detecção dos efeitos dos sons incômodos em populações não envolvidas com o processo gerador. Isto é o que normalmente ocorre pois os geradores de incômodo não se conscientizam de seu ato vindo a reclamar somente quando receptores dos problemas gerados por outros.

O problema de ruído operacionalmente definido como som indesejável ou incômodo, começou a se tornar um problema social após a Segunda Guerra Mundial, quando o desenvolvimento tecnológico produzido pelo próprio esforço de guerra passou a fazer parte de toda uma sociedade que desde então vem ampliando cada vez mais a sua capacidade produtiva, criando a chamada sociedade de consumo com ampliação do parque industrial de maneira bastante diversificada e mesclado na comunidade. Esta característica colocou as indústrias junto das residências com todas as implicações do impacto ecológico, criando as chamadas zonas de uso do solo mistas que nada mais são do que reflexo de um crescimento desordenado e gerador de muitos incômodos na comunidade.

Além desse aspecto as fontes sonoras estão sujeitas às limitações dos níveis de ruído, máximos permissíveis previstos nas legislações em vigor e conseqüentemente sujeitas à fiscalização pelos órgãos competentes.

Como as competências fiscais mesmo relacionadas com uma única e determinada causa, no caso o ruído, dividem-se em municipais, estaduais e federais, ocorrem muitas vezes problemas para um atendimento global. Citaremos como exemplo apenas o caso das indústrias, do ponto de vista do ruído por elas gerado, em

...and
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..

que na parte externa estariam sujeitas a uma fiscalização estadual ao passo que internamente estariam sujeitas a uma fiscalização federal.

Para os indivíduos como receptores dos níveis sonoros gerados por fontes industriais o problema se torna mais grave pois o ouvido humano não tem a capacidade de selecionar se o ruído é de competência federal, estadual ou municipal vindo a sofrer consequências pela dose sonora recebida.

Outro fator importantíssimo é o tempo de exposição em determinados níveis sonoros a que estão sujeitos os indivíduos, principalmente aqueles oriundos de fontes que não podem ser controladas pelos mesmos como por exemplo o das máquinas operatrizes de processos industriais.

Assim sendo, a legislação ocupacional que objetiva a proteção da acuidade auditiva dos trabalhadores impõe níveis de ruído máximos permissíveis nos locais de trabalho em função do tempo de exposição aos mesmos.

2. *LEGISLAÇÃO EM VIGOR:*

Em função da Lei nº 6514 de 22.12.77 que alteram o capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo à Segurança e Medicina do trabalho foram aprovadas através da portaria 3214 de 08.06.78, 28 (vinte e oito) Normas regulamentares - NR das quais a NR-15, relativa às atividades e operações insalubres, em seu anexos 1 e 2 fixa os limites de tolerância para ruídos contínuo ou intermitente e de impacto respectivamente.

Acima dos referidos limites as atividades ou operações são consideradas insalubres considerando-se ainda o tempo de exposição ao ruído durante a jornada de trabalho.

Assim sendo, temos conforme tabela sequente a máxima exposição diária permissível a níveis de ruído do tipo contínuo ou intermitente.

LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA RUÍDO CONTÍNUO OU
INTERMITENTE

NÍVEL DE RUÍDO dB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

No caso de ruídos de impacto, entendido como tal, conforme a legislação aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a 1 (um) segundo, a intervalos superiores a 1 (um) segundo, o limite de tolerância será de 130dB (linear) operando o medidor de nível de pressão sonora no circuito de resposta para impacto.

No caso de não se dispor de medidor de nível de pressão sonora com circuito de resposta para impacto será válida a leitura feita no circuito de resposta rápida (FAST) e circuito de compensação "C" sendo o limite de tolerância de 120dB(C).

Frente a esses limites e considerando-se que no caso da legislação ocupacional a conservação auditiva se prende exclusivamente à manutenção da audição para conversação verbal direta a capacidade auditiva em cada ouvido será avaliada mediante audiometria via aérea nas frequências de 500, 1000 e 2000 Hertz, considerando-se como redução da audição a média aritmética dos valores encontrados nas três frequências.

Este critério faz parte do Anexo III - Relação das situações que dão direito ao Auxílio-Suplementar do Regulamento do Seguro de Acidentes do Trabalho (Decreto nº 79.037 de 24.12.76) e de acordo com o mesmo a audição será considerada dentro dos limites normais quando a redução for, no máximo de 30 (trinta) decibéis.

Conforme recomendação da OIT (Organização Internacional do Trabalho) os limites máximos permissíveis de ruído nos locais de trabalho deveriam fixar-se em função principalmente da prevenção:

- a. do risco de deterioração auditiva;
- b. da interferência nas comunicações orais, essenciais para a segurança;
- c. da fadiga nervosa, levando-se em conta o tipo do trabalho a ser realizado.

Outra recomendação da OIT é de que os níveis máximos permissíveis deveriam revisar-se periodicamente em função do avanço dos conhecimentos científicos, do progresso técnico e das possibilidades de prevenção. Os valores recomendados no atual estado de conhecimento seriam:

- a. 85dB(A) como nível de alarma;
- b. 90dB(A) como nível de perigo;

Estes valores são considerados como níveis acústicos contínuos equivalentes representando num determinado intervalo de tempo a mesma quantidade de energia sonora de um ruído de características flutuante de maneira a caracterizá-lo como de característica contínua.

Matematicamente o nível acústico contínuo equivalente é dado pela seguinte expressão:

$$Leq = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{L(t)}{10}} dt \right] \text{ dB(A)}$$

onde:

T = intervalo de tempo considerado para a determinação do Leq;

L(t) = o nível de ruído em dB(A) que varia no tempo.

No caso de perda auditiva a OIT recomenda considerar-se a aquela que for superior a 25dB na média aritmética dos valores encontrados nas frequências de 500, 1000 e 2000 Hz.

Embora na recomendação internacional haja solicitação de adotar-se níveis máximos permissíveis em função da melhor tecnologia vigente deve-se considerar que se torna muito difícil corrigir-se em curto espaço uma série de erros acumulados durante muito tempo inclusive levando-se em conta os aspectos sociais e economicos envolvidos.

A própria recomendação do U.S. Department of Health, Education and Welfare Relativa à exposição ocupacional ao ruído que saiu em 1972 estipula níveis máximos permissíveis variados para instalações industriais novas ou já existentes, sendo que para as novas instalações os níveis são muito mais rígidos, 85dB(A) para oito horas de exposição, ao passo que para instalações já existentes o nível máximo permissível é de 90dB(A) para as mesmas oito horas de exposição.

Pode-se assim observar que para uma caracterização efetiva dos ambientes de trabalho no Brasil como salubres, do ponto de vista dos níveis de ruído, há necessidade de constantes estudos sobre os diversos aspectos que envolvem as condições dos locais de trabalho além de uma eficiente fiscalização pelos órgãos competentes.

3. MEDIÇÃO E AVALIAÇÃO DO RUÍDO:

3.1. O que é medição:

A medida, resultado do ato de medir, é uma grandeza conhecida e determinada que tomamos como base para a valiação de outras grandezas do mesmo gênero. Caldas Aulete - Dicionário Contemporâneo de Língua Portuguesa.

No estudo dos processos sonoros o ato de medir repete-se um grande número de vezes em função das variáveis físicas que neles intervêm tais como pressão, nível de pressão, intensidade, nível de intensidade, forma de onda, composição espectral, amplitude em cada frequência, etc.

A simples determinação dessas grandezas, embora objeto da medição do som nada representam se não forem comparadas com um parâmetro bem definido que sirva como referência.

Mesmo considerando-se os aspectos subjetivos da resposta do ouvido humano, estudos feitos em diversos países tem servido de base para as recomendações internacionais que estimulam e guiam todos os governos a normalizar e legislar sobre o assunto visando a proteção contra a perda auditiva nos ambientes de trabalho *(ISO/1999/71) e contra o distúrbio causado pelo ruído *(ISO/1996/71).

* ISO = International Organization for Standardization.

3.2. *Objetivo a ser alcançado pela medição:*

As medições e avaliações do ruído dependem do objetivo a ser alcançado e devem ser efetuadas segundo métodos adotados no âmbito internacional ou adaptados a níveis regionais, isto é, nos países que cooparticipam destas recomendações.

No caso da recomendação ISO/1999/71 a medida deve ser tomada nas proximidades do local ocupado pelo ouvido 'do indivíduo (de preferência quando de sua ausência) por um determinado período de tempo e expressa em dB(A).

No caso da recomendação ISO/1996/71 a medida deve ser tomada no local e hora do distúrbio causado pela fonte sonora em estudo, aconselhando-se a escala A em resposta rápida.

3.3. *Os princípios da medição:*

As medições dos níveis de som são de primordial importância pois mesmo os sons mais agradáveis tornam-se perturbadores quando em intensidade elevada aparecendo então como ruído. Dependendo do tempo de exposição e das condições dos ouvintes, eles podem causar lesões ao delicado sistema auditivo.

À "priori" considerando-se todos os sons como ruídos 'em potencial suas medições devem se efetuar de maneira que venham a revelar a exposição com toda a exatidão necessária a fim de que se obtenham resultados comparáveis com níveis máximos permissíveis adequados.

Outro fator fundamental para uma medida adequada é a caracterização do tipo predominante de ruído existente no local de trabalho.

A título de ilustração citamos os três tipos de ruído propostos na regulamentação americana OSHA (Occupational Safety and Health Act) estabelecida pelo United States Department of Labour:

a. ruído contínuo;

- b. ruído combinado BIBLIOTECA
c. ruído de impacto

Para cada um dos tipos citados existem diferentes técnicas de medição que devem ser respeitadas a fim de se compararem resultados e se avaliarem as medidas de controle implantadas.

3.4. *Aparelhagem de Medição:*

3.4.1. *Curvas de Compensação:*

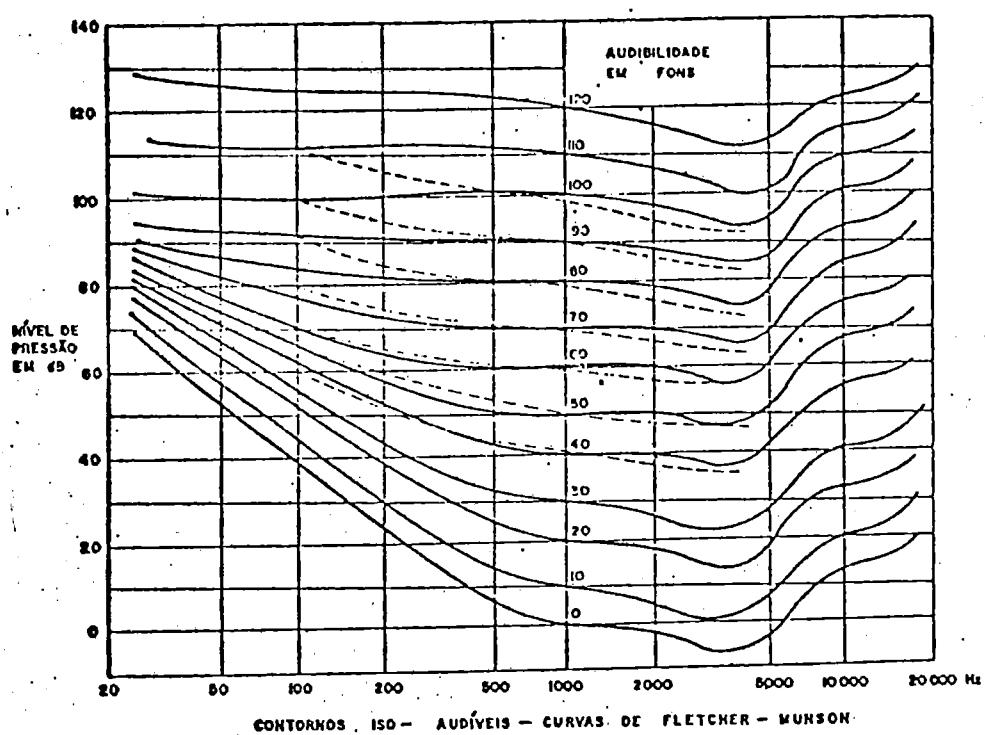
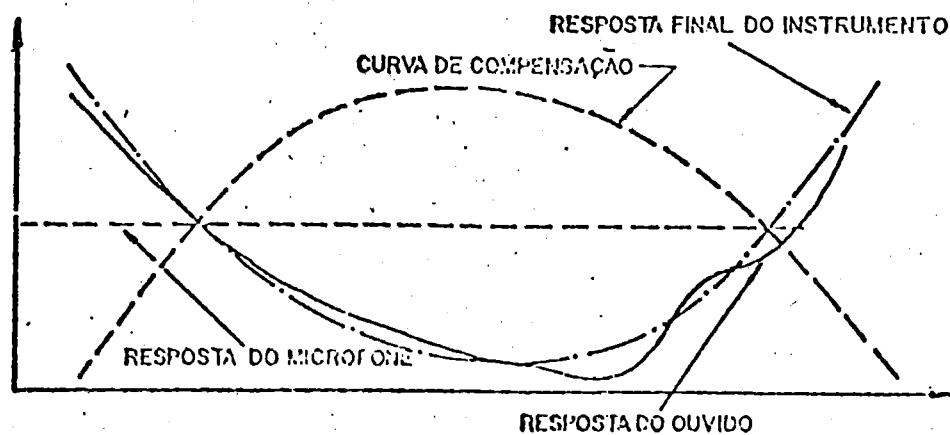
Os medidores de nível de som são instrumentos destinados a medir o nível de som como grandeza subjetiva que corresponde à resposta do ouvido e não apenas ao nível de pressão do som incidente na membrana do microfone.

Para tanto os instrumentos devem estar providos das chamadas curvas de compensação que promovem uma resposta que simula àquela do ouvido humano.

De acordo com as especificações internacionais da IEC (International Electrotechnical Commission) de nºs 123 e 179, respectivamente para medidores de som comuns e os classificados como de precisão, os medidores devem ser lineares dentro da faixa de 20Hz a 16KHz e de 6Hz a 20KHz.

Quando em 1933 Fletcher e Munson realizaram sua experiência na detecção das curvas isoaudíveis obtendo um conjunto de curvas de mesma audibilidade para tons puros emitidos em frequências variadas e comparadas com o nível "padrão" a 1KHz talvez não imaginassem que com diversas correções três destas curvas viessem a ser reproduzidas como as chamadas curvas de compensação A, B e C dos instrumentos de medida do nível de som.

As três curvas isoaudíveis ou isosônicas tomadas para corrigir os sons de baixa, média e alta sonoridade conforme as especificações IEC 123 e 179 foram respectivamente de 40, 70 e 90 phon.



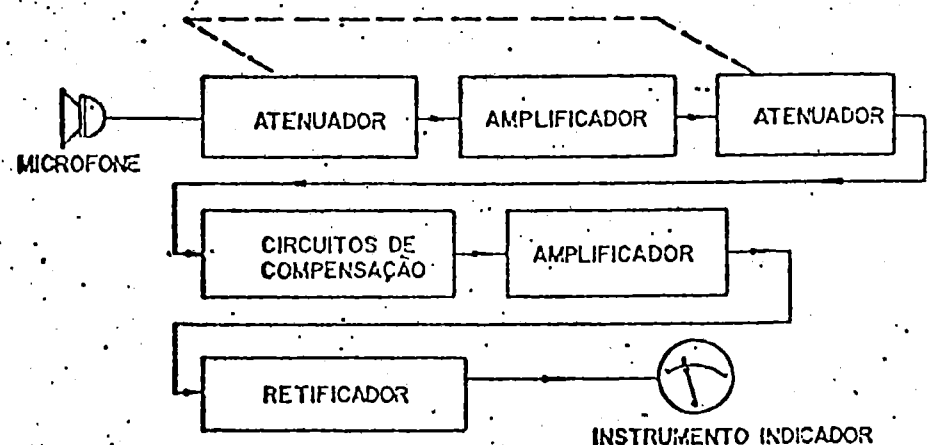
Vários estudos realizados por diversos especialistas no campo da acústica como Beranek, Kryter, Stevens, e que procuraram traçar uma curva que estabelecesse uma correlação entre o incômodo produzido pelo ruído e o nível do ruído, deram origem a uma curva denominada "noisiness curve", curva de desconforto produzida pelo ruído. Segundo os citados especialistas ficou observado que a referida curva se assemelha à curva A estabelecida pela IEC com diferenças mínimas.

Nessas condições ficou estabelecido em âmbito internacional que a curva A deve ser utilizada para medida do desconforto, assim como é a curva que informa com precisão satisfatória, o risco de lesão auditiva em função do nível de ruído.

3.4.2. *Sistemas básicos de medição:*

O tipo de ruído existente no local de trabalho a ser estudado, as condições ambientais existentes como temperatura, umidade, vento, etc, e principalmente os fins específicos que se pretende dar aos dados coletados vão determinar a escolha do sistema de medição mais adequado.

Um medidor de nível de som que atenda às especificações da IEC, conforme o esquema abaixo, vai constituir num sistema básico de medição para ruídos preferencialmente do tipo contínuo.



12

Para um ruído combinado em que a chamada "dose de ruído" recebida pelo indivíduo será fruto da $\sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{T_i} \right)$ conforme a recomendação OSHA onde C_i é o tempo de exposição a um determinado ruído $idB(A)$ e T_i é o tempo de exposição permitido conforme a seguinte tabela:

nível de som (dBA)	tempo de exposição permitido (horas/minutos)	nível de som (dBA)	tempo de exposição permitido (horas/minutos)
85	16-0	101	1-44
86	13-56	102	1-31
87	12-8	103	1-19
88	10-34	104	1-9
89	9-11	105	1-0
90	8-0	106	0-52
91	6-56	107	0-46
92	6-4	108	0-40
93	5-17	109	0-34
94	4-36	110	0-30
95	4-0	111	0-26
96	3-29	112	0-23
97	3-2	113	0-20
98	2-50	114	0-17
99	2-15	115	0-15
100	2-0		

Um medidor de nível de som e um cronômetro podem ser usados satisfatoriamente nesta medição.

Nos ruídos de impacto em que há necessidade de se conhecer o nível máximo alcançado pela fonte ou fontes sonoras em estudo o instrumento a ser usado deve possuir um dispositivo eletrônico de retenção (HOLD) que mantém o ponteiro no valor máximo atingido pelo impacto.

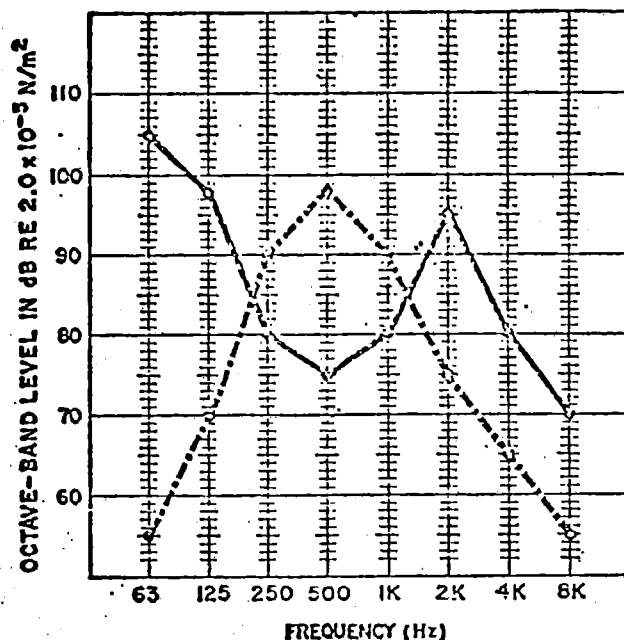
Quando o fim específico das medições é o controle da fonte ou fontes sonoras há necessidade de se acoplar aos medidores de nível de som os chamados analisadores ou filtros que no espectro de oitavas ou $1/3$ de oitavas, por exemplo, permitem a passagem de componentes do referido som dentro de uma faixa de frequências que é chamada "faixa de passagem" ou "largura de faixa". Tais filtros apresentam então duas frequências: a frequência de corte superior e a frequência de corte inferior e entre as duas tem-se a faixa de passagem.

Para uma medida e análise em ambientes de trabalho um filtro de oitava é suficiente principalmente se a fonte emitir ruído do tipo de *espectro de frequência contínuo* e que variaria muito pouco em nível, nas diversas faixas de frequência.

Por outro lado se o espectro da fonte em estudo contiver picos variados para as diversas faixas de frequência um filtro de $1/3$ de oitava seria melhor.

A título ilustrativo apresentamos um gráfico de duas fontes distintas que na escala A apresentaram aproximadamente o mesmo valor e que no espectro se posicionaram totalmente diferente. Isto vem demonstrar a importância que tem a análise espectral para a engenharia de controle de ruído na identificação da faixa de passagem dominante e consequentes medidas a serem tomadas.

Espectro de uma oitava de 2 diferentes sons com mesma leitura em dBA.



3.4.3. *Efeitos a serem considerados nas medições:*

Existem dois efeitos ambientais que precisam ser levados em conta durante as medições e avaliações dos ruídos para não prejudicar as referidas medições.

Estes efeitos são a reflexão do som e o ruído de fundo no local da medida.

No caso da reflexão do som a extensão do problema depende das propriedade refletivas dos objetos existentes no local, sua forma e o ângulo de incidência das ondas sonoras emitidas pela fonte sonora em questão.

O ruído de fundo pode mascarar o resultado da fonte 'sonora em estudo obrigando sua remoção para local silencioso ou o desligamento das outras fontes existen-

tes.

Para efeito de verificação pode-se inicialmente desligar a fonte a ser estudada, se após o seu desligamento a diferença for 2dB(A) o ruído da fonte não é apreciável no meio, por outro lado se esta mesma diferença for 10dB(A) o ruído da fonte é predomi-nante.

No primeiro caso uma correção na fonte em nada melho-raria o ambiente e no segundo ela seria primordial.

3.4.4. *Precisão e manutenção dos equipamentos:*

Todo estudo de controle de ruído sem uma medição e avaliação adequada das fontes existentes de nada adiantaria.

A medição por outro lado só seria confiável se os equipamentos além de respeitarem as recomendações construtivas (IEC 123 e 179) estivessem em bom estado de conservação e fossem devidamente examinados antes de cada uso.

A calibração através de fontes conhecidas com precisão de ± 1 dB, torna-se fator obrigatório para um procedimento correto nas medições.

Em um rápido levantametto por nós realizado em lo-jas do comércio de equipamentos de medição na cida-de de São Paulo constatamos que o número de medido-des de nível de som vendidos supera em muito ao nū-mero de calibradores.

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

Isto demonstra uma grande falta de confiabilidade nos resultados de levantamentos realizados pois po de-se deduzir que muitas das medidas tomadas foram feitas sem nenhum critério corretivo inicial.

Segundo a recomendação da OIT, todos os instrumentos de medição e análise deveriam em intervalos pré-fixados submeter-se a testes de funcionamento e receber um certificado comprobatório de suas condições de uso.

3.5. *Métodos de medição:*

3.5.1. *Critérios de escolha:*

Como já foi dito no 3.4.2, os critérios de escolha dos métodos de medição dependem do tipo de ruído emitido e das condições ambientais reinantes.

Os diversos tipos de fontes emissoras, como, máquinas operatrizes, veículos e aviões nos obrigam também a definir maneiras de medição adequadas.

Outro elemento a se considerar seria a eficácia da descrição pretendia o que implicaria no uso de instrumentação mais sofisticada e conseqüentemente mais onerosa.

Nos locais de trabalho o ruído é normalmente originário das máquinas que são usadas nos processos de produção de bens ou serviços.

Mesmo se generalizando estes diversos critérios, para cada caso em particular existem diferenciações onde a imaginação e a capacidade do indivíduo que se propõe à tomada das medidas é muito importante para se conseguir um resultado o mais próximo possível da realidade.

O mais importante ainda é que duas medições realizadas por métodos diferentes e por pessoas diversas apresentem resultados que embora não idênticos sejam comparáveis entre si.

Por este motivo a já citada ISO, propõe métodos específicos para medir as chamadas:

- a. fontes fixas;
- b. fontes móveis;
- c. ruídos ambientais.

3.5.2. *Tipos de métodos:*

As medições são feitas visando basicamente o levantamento adequado dos níveis de ruído para a aplicação de medidas corretivas que minimizem o seu efeito sobre o homem.

Os métodos de medição são divididos em tipos a saber:

- a. método de pesquisa;
- b. método de engenharia;
- c. método de precisão.

O *método de pesquisa* pode ser usado para se compararem fontes ruidosas de características similares. O campo sonoro é definido pelo nível de ruído existente e captado pelo medidor.

Nesses casos o uso das curvas de compensação A e C do medidor é adequado dando-se preferência à curva A quando o objetivo for a caracterização da fonte ou fontes em relação à resposta do ouvido humano.

Se a medição visa a coleta de dados para uma correção técnica o *método de engenharia* é o mais indicado com a complementação dos níveis nas diversas frequências. O campo sonoro é definido pelo nível de ruído existente nas diversas frequências e os locais de medição são selecionados de acordo com as características da fonte e o ambiente circundante.

Quando o campo sonoro precisa ser analisado de maneira mais completa o *método de precisão* é o mais indicado podendo-se até registrar os dados em gravadores especiais num intervalo de tempo apropriado de acordo com a duração e flutuação do ruído e analisá-los em laboratórios.

3.5.3. *Compilação e registro de dados:*

Em função dos diversos tipos de medição realizados a compilação e o registro dos dados tornam-se ferramenta importante para o especialista estipular as medidas de controle adequadas.

Quando a medida de ruído é realizada nos ambientes de trabalho os dados deveriam abranger (conforme recomendação da OIT):

- a. A localização, natureza e dimensões do local em que fizeram as medições;
- b. A localização da fonte ou fontes de ruído no local de trabalho e o tipo de tarefa que estava sendo realizada;
- c. O instrumento de medida utilizado, seus acessórios e os resultados alcançados nas medições;
- d. O local exato em que se realizaram as medições e a posição do microfone;
- e. O número de trabalhadores expostos ao ruído;
- f. A duração da exposição ao referido agente ambiental;
- g. A hora e o período das medições e o nome de quem as realizou.

A uniformização desta compilação traz muitas vantagens para a própria reavaliação de um local de trabalho, medido anteriormente, no qual se instalaram medidas de controle.

A escolha dos sistemas de medição, a verificação dos equipamentos, a determinação da característica principal do ruído a ser medido (contínuo, intermitente, impulsivo, etc.) e o conhecimento do "ruído de fundo" do local a ser medido são dados que precisam constar de um trabalho adequado de medição.

De acordo com uma política global de controle, todos os locais ruidosos de trabalho deveriam ser reavali-

ados periodicamente pois o próprio desgaste físico das fontes sonoras causam um aumento no nível de ba ruído produzido.

4. EFEITOS DO RUÍDO NO HOMEM:

Os efeitos reais ou pressupostos de exposição aos ruídos o cupacionais incluem os seguintes aspectos:

1. Perdas temporais ou permanentes na sensibilidade auditiva;
2. Distúrbios físicos e fisiológicos;
3. Interferência na comunicação falada ou uma recepção de sons desejáveis;
4. Queda de produção.

Os itens 1 e 2 são tratados no contexto dos problemas médicos e de saúde, e os restantes, dizem respeito aos problemas de distúrbio e mesmo de economia. Os efeitos acima mencionados podem também ser classificados em auditivos e extra auditivos respectivamente quando envolvem distúrbios no órgão da audição ou trazem problemas na saúde física ou mental.

No ouvido, as principais funções do ouvido externo e médio é de coletar e transmitir a pressão sonora para o ouvido in terno onde as células capilares receptoras para a audição es tão localizadas. Este está arranjado em diversas faixas ao longo de toda extensão da membrana *basilar* uma das duas componentes que divide o eixo espiralado da cóclea. Estas células capilares reunidas com suas células de suporte compreendem o *Orgão de Corti*, o órgão do sentido da audição.

Danos nos ouvidos externo e médio são raros pela exposição ao ruído intenso, embora sons explosivos ou sopros possam romper o tímpano ou deslocar a cadeia ossicular. Estas variações reduzindo a passagem normal da energia sonora, criam a chamada perda auditiva do tipo *condutiva*. Mas comumente, exposições a ruídos excessivas produzem perdas auditivas do tipo *neural* envolvendo lesão às células capilares do ouvido interno.

Para uma visão global é importante compreender que o grau de perda auditiva atualmente produzido pelo ruído, não depende exclusivamente da severidade do dano em um determinado ponto mas também na extensão deste dano ao longo de todo comprimento do *Orgão de Corti*. Desta maneira a parte superior da cóclea é amplamente responsável pela estimulação das frequências baixas e a perda das células capilares aqui pode ser extensa sem mostrar, uma mudança correspondente na sensibilidade às altas frequências. Por outro lado porções mais localizadas da região basal da cóclea são responsáveis pela sensação de sons de alta frequência. Portanto perdas menos extensas das células capilares nestas partes mais baixas são refletidas nas mudanças sensitivas para estes sons.

O reconhecimento dos riscos do ruído industrial para a audição tem-se baseado em pesquisas para identificar fatores de exposição ao ruído e outras variáveis que influem nas consequências do desenvolvimento das perdas temporária ou permanente. Essas variáveis seriam:

1. o total dos níveis de som;
2. espectro sonoro;
3. tempo de exposição;
4. distribuição temporal de exposição ruído;
5. diferenças individuais de tolerância ao ruído;
6. tipo de ruído.

Além dos sons que excedem a determinados níveis representaram potencial de dano ao ouvido humano deve-se considerar o espectro sonoro pois sons que possuem mais energia acima de 1.500Hz causam problemas maiores do que outros. Segundo alguns especialistas isto ocorre pois a frequência de ressonância do canal auditivo está na faixa de 2000-5000Hz.

O tempo de exposição e a distribuição temporal de exposição ao ruído tem se demonstrado como fatores importantes dos efeitos do ruído no homem pois a somatória de perda permanente na mais sensível faixa auditiva, 4000Hz, ocorre após exposição a mesmo tipo de ruído por vários anos sem desconsiderar-se as perdas devido ao processo etário.

A classificação dos sons que predominam nas operações industriais

torna-se um fator significativo pois aqueles produzidos pela descarga explosiva de gases, denominados de impulso, ou aqueles produzidos pelo choque entre objetos, denominados de impacto trariam danos ao homem em termos de seu tempo de subida até o nível denominado de pico e a duração da pulsação. Pesquisas deste tipo de ruído na indústria são ainda em número pequeno e muito dos dados coletados relativos às perdas auditivas devidas aos mesmos foram baseados em estudos militares envolvendo estampido por armas de fogo.

5. MEDIDAS DE CONTROLE DE RUÍDO:

5.1. *Alguns critérios de controle de ruído:*

No intuito de se relatar o nível de ruído medido fisicamente em função da reação de um indivíduo médio vários esquemas tem sido propostos a algum tempo muitos destes esquemas tem sido baseados em "níveis toleráveis de ruído" que mais ou menos despreza a quantidade de tempo envolvido na exposição ao ruído. Embora alguns dos esquemas tenham sido aplicados com sucesso, em situações práticas tem-se reconhecido que o tempo de exposição ao ruído influencia e muito. Isto especialmente verdade quando existem situações envolvendo perdas auditivas.

Recentemente (1970) normas em diversos países tem proposto métodos de avaliação com propósitos de conservação da audição que se baseiam nos tempos de exposição ao ruído antes do que em níveis de ruído. Internacionalmente existem duas proposições para avaliação de ruído uma das quais concerne à:

"Avaliação à Exposição ao ruído, durante o trabalho com propósito de conservação da audição" e outra concerne à:

"Avaliação do ruído com respeito à resposta à comunidade. A primeira destas propostas é baseada no risco ao dano à audição entretanto a outra está mais afeita aos efeitos de incômodo provocados pelo ruído".

CIETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

5.1.1. *Critério Controle de ruído baseado no risco ao dano à audição:*

Parece haver duas diferenças marcantes entre as recentes proposições de avaliação de ruído e as usadas anteriormente: Permanentemente como mencionado acima uma tenta basear os esquemas de exposição ao ruído antes nos níveis de ruído do que nos tempos de exposição ao mesmo.

Posteriormente parece haver uma tendência distinta baseando o critério de controle em medidas físicas feita pelos medidores de pressão sonora usando a curva A de pressão mais do que baseá-lo numa técnica mais complicada de análise de frequência.

Enquanto a modificação de níveis para tempo de exposição pode ser olhada como uma certa complicação na utilização do esquema de avaliação de ruído, e uso da curva A certamente significa uma simplificação. A razão desta simplificação é que para os propósitos mais práticos parecer haver grande harmonia entre a medida física curva A e o julgamento subjetivo do ruído. Isto tem sido apontado em diversas pesquisas nestes passados últimos anos. Quando se aplicam métodos de controle atuais, no entanto, a técnica de análise especial é geralmente inevitável. A proposta internacional para um esquema de avaliação para exposição ao ruído durante o trabalho é baseado no conceito de "um nível de som contínuo equivalente por semana, em termos de dB(A)". O nível de som contínuo equivalente pode ser estimado como segue:

Suponhamos que o nível de ruído em dB(A) num determinado momento, um local de trabalho varia durante o dia ou de dia para dia.

A duração total durante uma semana de cada nível parcial de ruído deve ser determinado e colocado na primeira coluna da tabela. Da tabela o chamado índice de exposição parcial ao ruído pode ser retirado. A

soma aritmética dos índices exposição ao ruído assim obtida é chamada "índice composto de exposição ao ruído". Este valor é usado no gráfico a fim de se determinar o nível de som contínuo equivalente.

Usando o procedimento acima descrito certos fatos podem ser analisados:

1. O método de avaliação não é aplicável a ruídos impulsivos constituídos de explosões individuais com duração menor do que um segundo. O ruído é de alto nível com duração bem curta como por exemplo os sons obtidos por armas de fogo.
2. Para ruídos de impacto produzidos industrialmente de igual amplitude (Ex.: ruído de martelamento ou retificação) uma aproximação índice de exposição parcial ao ruído ser baseado num valor 10dB(A) mais alto do que a medida do medidor de ruído.
3. Ruídos para os quais o nível (corrigidos conforme item 2, acima) é menor do que 80dB(A) e pode ser desprezado no procedimento de estimativa.
4. Se a duração total da semana de um determinado nível de ruído for menor do que 10 minutos o mínimo valor nos 10 minutos pode ser usado. O esquema é concluído com uma tabela relacionando o resco da debilidade auditiva como o equivalente nível de ruído contínuo em dB(A). Entretanto, é recomendado que os limites de exposição a ruídos toleráveis durante o trabalho devem ser implantados pelas autoridades competentes com base nesta tabela (ou equivalente) e que muitos casos o valor limite de 85-90dB(A) foi considerado.

Para se ilustrar o uso do esquema acima, consideramos o seguinte exemplo:

Numa oficina mecânica o nível de ruído foi monitorado num determinado lugar durante uma semana

"Normal" de trabalho e a distribuição dos níveis de ruído foi encontrada como segue:

S.L.dB(A)	2ª feira	3ª feira	4ª feira	5ª feira	6ª feira	Total
100	1/2	0	1/2	0	0	1
95	1	1	2	1	1	6
90	2	2	2	2	3	11
85	3	2	2 1/2	4	3 1/2	15
80	1	2	1	1/2	1/2	5
75	1/2	1	0	1/2	0	2

O correspondente índice do nível de exposição foi obtido pela soma: $25 + 45 + 25 + 15 = 110$ através dos dados retirados da tabela (anexo II). Como segue:

dB(A)	100	95	90	85	80	75
P.N.E.-index	25	45	25	15	0	0

O nível de som contínuo equivalente neste caso está em torno de 90dB(A) conforme gráfico junto à tabela (vide anexo). Esta figura mostra que uma pessoa estacionada no lugar onde a medida foi tomada pode ter sua afetada. É portanto, aconselhável a configuração do "lay-out" na oficina ou suprir o trabalhador com algum tipo de protetor auricular. O método descrito acima deve ressaltar a exposição ao ruído durante o trabalho, como mencionado anteriormente e, proposto internacionalmente e a baseado no conceito de um nível de ruído contínuo equivalente por semana (40 horas de trabalho).

Presentemente outros esquemas aceitos nacionalmente também utilizam conceito de nível de som contínuo e

quivalente nem todos operando em bases semanais. Na Alemanha por exemplo duas recomendações propostas, DIN 45641 e V.D.I. 2058 sugerem formula para a estimativa de um nível de som contínuo equivalente que permite que qualquer período de tempo pode ser tomado para a estimação final.

5.1.2. *Critério de controle ao ruído baseado no incômodo:*

Embora os casos mais sérios de exposição ao ruído são os que envolvem o risco de danos à audição os casos causando interferência na comunicação e incômodo "somente" estão se tornando importantes. Enquanto, o critério de risco de danos auditivos, em geral, baseia-se diretamente no conceito de um nível de som contínuo equivalente, um número de outros fatores influem no incômodo provocado pelo ruído.

Um ruído pode ser incômodo mesmo que o nível não seja alto suficiente para representar dano ao ouvido. No entanto parece a níveis mais altos, haver uma forte correlação entre o efeito incômodo e a diferença em nível entre o ruído de fundo e aquele produzido pela fonte em questão. Na proposta internacional para "Incômodo de ruído com respeito à resposta comunitária" um critério básico para ruídos externos em função de residências tem sido sugerido. Entretanto de acordo com critérios atualmente aplicado o ruído está relacionado ao nível de ruído de fundo pré-existente, sugerindo-se diversas correções para o valor básico encontrado.

O valor critério básico está situado na faixa de 35 - 45dB(A) e as correções sugeridas nas diferentes zonas para as premissas residenciais são:

Tipo de distrito	Correção
Residencial rural, zona de hospitais	0
Residencial suburbana, rodovia	+ 5
Residencial Urbano	+ 10
Resid. Urbano com algumas fábricas ou rodovias principais	+ 15
Centro de Cidade	+ 20
Predominantemente industrial	+ 25

Outras correções de acordo com a hora - dia (período) são:

Período	Correção
Manhã	0
Tarde	- 5
Noite	-10 a -15

O uso das tabelas acima podem ser evidenciado através de um exemplo:

- Se um determinado instante desejarmos encontrar o nível de ruído máximo que não deve ser excedido fora de um hospital à tarde:

$$(35 \text{ A } 45)\text{dB(A)} + 0 (\text{hospital}) - 5 (\text{tarde}) =$$

30 a 40 dB(A) isto é o máximo nível de ruído no caso não deve exceder a 40dB(A).

Do critério geral de ruído externo, podemos derivar para um critério de ruído interno através das seguintes correções:

CETISB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

Condições das janelas	Correção dB(A)
Abertas	-10
Bloqueio fixo - simples	-15
Bloqueio fixo - duplo	-20

A par dos critérios gerais de ruído descrito acima (com correções) a proposta internacional também contém uma tabela mais específica de critério de ruído para cômodos não residenciais.

Tipo de cômodo	Critério de ruído dB(A)
Escritório grande, loja de negócios, restaurante, sala de encontros	35
Restaurante muito grande, escritório com maq. de escrever	45
	55
Locais de trabalho (conf. uso)	45 - 75

Como explicado no texto precedente o principal método de avaliar fisicamente a reação do público ao ruído é no presente, baseado nas medidas dos níveis de ruído em termo de dB(A). Entretanto a análise de frequência do ruído deve ser em alguns casos essencial se medidas corretivas para reduzir os incômodos do ruído estão sendo considerados. Estas análises são frequentemente feitas através de medidas dos níveis de pressão sonora em faixas de frequência de 1/1 oitava. O resultado da análise pode ser comparado no gráfico (curvas) de avaliação de ruído (NR curvas) onde cada índice é assinalado para cada faixa de frequência para se admitir uma avaliação de ruído em termos de valores (NR) é obviamente necessário se esta-

belecer uma relação entre o critério de controle de ruído descrito acima em dB(A) e a "correspondente" valor NR.

Como uma relação é sugerida, a proposta internacional é de que o valor numérico do critério NR pode ser tomado como de 5dB abaixo correspondente critério em dB(A).

Finalmente pode ser mencionado que antes do nível de ruído medido ser comparado com alguns dos acima mencionados critérios de controle de ruído, torna-se necessário aplicar-se certas correções ao valor medido devido às características do ruído em questão. Uma tabela de correção apropriada é dada abaixo:

Características do ruído		Correção em dB(A)
fator de PICO	Ruído impulsivo (ex. ruído de martelar)	+ 5
Características do	Tons componentes presentes, audíveis (Ex. murmúrio)	+ 5
Duração do ruído	entre 100 e 55%	0
com lei -	56 e 18%	5
curva L A	18 e 6 %	10
em diver -	6 e 16%	15
sos ní -	1,8 - 0,6%	20
veis pre-	0,6 - 0,2%	25
sente.	menor que 0,2%	30
% no tempo		

Estas correções aplicam-se equitativamente às medições aos níveis de ruído feitas em dB(A) e aos níveis de pressão sonora em baixas de oitava.

5.2. *Controle Geral de Ruído em oficinas mecânicas:*

Entre os chamados "ambientes ruidosos" as oficinas mecânicas se caracterizam bem para apresentação de uma metodologia de controle que servirá para outros ambientes a serem estudados e corrigidos.

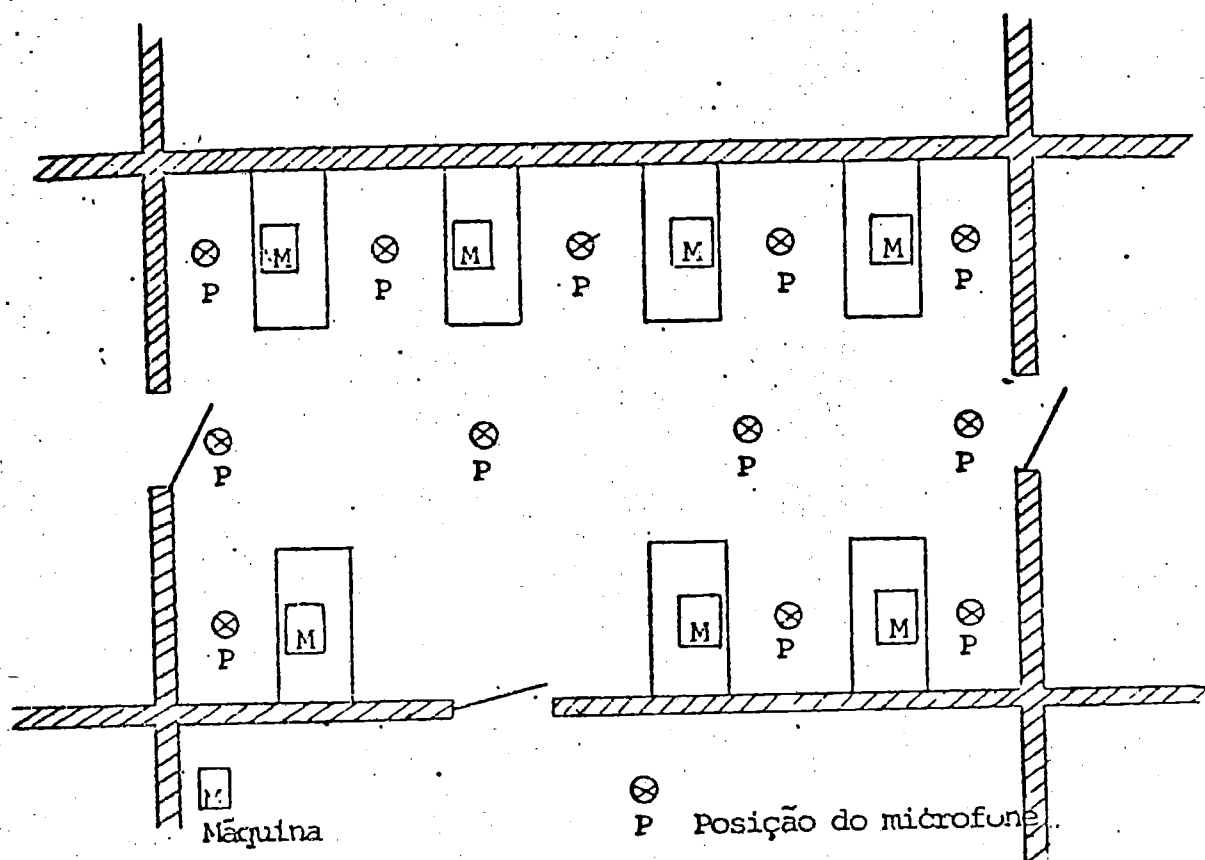
O ruído presente nestes tipos de ambientes é normalmente composto pelo ruído emitido por várias máquinas de maneira simultânea ou não e o problema de medição inicial consiste na determinação de um nível médio de ruído. Esse nível médio é então comparado com alguns padrões de ruído aceitáveis para o tipo de sala em questão (item 5.1.1 da apostila) e com base nessa comparação podem ser tomadas decisões sobre a necessidade ou não, de mudanças no ambiente de trabalho.

A decisão de se fazerem medições de ruído em oficinas e demais ambientes de trabalho é quase sempre tomada face às queixas pelo incômodo causado. Essas queixas são mais relacionadas ao efeito do referido incômodo do que ao nível de ruído propriamente dito (exceto em casos em que o nível de ruído é alto bastante para causar danos à audição) não existindo pois soluções que podem ser aplicadas em todo tipo de oficinas. Cada caso precisa ser estudado individualmente afim de que as soluções apresentem bons rendimentos.

Inicialmente as medições a serem feitas podem consistir em se medir o nível médio de ruído do ambiente em questão com um medidor de nível sonoro portátil em termos de dB(A).

Um nível médio razoavelmente exato pode ser obtido tomando-se a média aritmética dos valores em dB(A) em pontos espaçados de modo aproximadamente igual ao gráfico seguinte.

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA



Exemplo de distribuição de posições de medições usada para determinar o nível médio de ruído em uma oficina mecânica.

Se o resultado dessas medições é inaceitável ou questionável, uma investigação mais minuciosa deverá ser executada em termos de análise espectral do ruído com filtro de 1 oitava ou 1/3 de oitava.

A determinação de um nível médio de pressão sonora em cada banda de frequência de 1 oitava (ou 1/3 de oitava) separadamente e o uso de uma técnica de gravação escrita (automática) é altamente recomendável.

O próximo passo, descontando-se as características do ruído de fundo é a aplicação de medidas de controle sobre as fontes mais significativas.

5.3. *Técnica de controle de ruído:*

O ponto de partida para o *Controle do Ruído na Fonte* é a seguinte pergunta: "Existe uma maneira mais silenciosa de executar determinada tarefa?"

Muitas vezes há possibilidade de ser substituída uma atividade muito ruidosa por outra equivalente do ponto de vista técnico, porém menos ruidosa.

Como exemplo:

Substituição de: Rebitagem pneumática;

Certos equipamentos pneumáticos;

Trabalhar metal a frio; Retirada

de peças de prensa por jato de ar;

Queda de materiais de um nível para outro.

Por: solda; elétrico ou mecânico; ... a quente, mecânica; transporte contínuo.

Também podem ser introduzidas modificações nas máquinas e equipamentos de modo a serem diminuídos os: choques, atritos, vibrações, e serem controladas as explosões e o escoamento de fluídos.

Como exemplos, podemos citar: troca de correias de couro, cujos grampos se chocam com a polia, por correias de borracha (choques); enrijecimento de serras circulares (vibração); substituição de engrenagens metálicas por engrenagens plásticas (atrito); redução da área vibrante, por exemplo, subdividindo ou perfurando chapas de blindagem; perfuração da força atuante, como por exemplo: diminuição da velocidade de rotação de exaustores; aumento da duração do ciclo de trabalho; por exemplo, distribuir o corte num tempo mais espaçado, em prensas; balanceamento de rotores.

Materiais amortecedores de choques e vibrações podem ser utilizados na redução do ruído. Exemplos: revestimento interno de tubos de queda de peças; revestimento interno de tambores para limpeza de peças; revestimento de mesas metálicas em fundições; recobrimento de ro

das metálicas; colocação de materiais absorventes entre partes que se chocam.

Em muitos casos, é importante controlar o escoamento de fluídos. Válvulas, orifícios e restrições similares em linhas de fluídos podem ser fontes de ruído e devem ser controladas. Níveis de ruído provenientes de jato de ar podem ser consideravelmente reduzidos, diminuindo-se a velocidade. Reduzindo-se a velocidade à metade, pode ser reduzido o ruído gerado por uma corrente de ar, cerca de 18dB.

Em muitos casos, é uma solução o uso de silenciadores na saída de jatos de ar ou gases, por exemplo: saída de ar em equipamentos pneumáticos; exaustão de motores, etc. Um aspecto que não deve ser esquecido é a *manutenção* adequada do equipamento. Deve-se manter: boa lubrificação, onde há atrito; mancais em boas condições e lubrificados; motores a explosão bem regulados; rotores bem centrados.

Devem ser evitadas partes soltas que se chocam, parafusos, chapas de blindagem, protetores de correias, etc.

O *controle de ruído na trajetória* de propagação pode ser feito nas vias de transmissão tanto aérea como estrutural, através de vários métodos de isolação da fonte.

Entre esses citamos: (anexo 1)

1. uso de isoladores de vibração;
2. uso de "barreira" sonora;
3. uso de enclausuramento leve;
4. uso de enclausuramento maciço pesado, revestido, com material absorvente.

A redução sonora de um local para outro pela intersecção de paredes ou quaisquer outros materiais é denominada "transmission loss" (TL) - perda de transmissão que é dada por:

$$TL: 20 \log f + 20 \log M - 33dB$$

onde: f = frequência em c.p.s. que esta sendo considerada;

M = massa do material em Kg/cm^2 da área da parede.

O coeficiente de transmissão que representa a fração da energia sonora incidente, transmitida através de uma divisória se relaciona com a perda de transmissão por:

$$TL = 10 \log \frac{1}{T} \text{ dB}$$

Caso existam diversos componentes numa divisória tais como paredes, janelas etc e que possuam diferentes áreas o coeficiente de transmissão médio será dado por:

$$\tau = \frac{\tau_1 S_1 + \tau_2 S_2 + \dots + \tau_n S_n}{\Sigma S} = \frac{\Sigma T}{\Sigma S}$$

onde: $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ são os coeficientes de transmissão dos diferentes componentes com áreas $S_1, S_2, + \dots, S_n$ respectivamente e ΣS é a soma de todas as áreas e ΣT o índice de transmissão total.

O índice de transmissão total e o número total de unidades de absorção numa determinada sala são os principais fatores na determinação das propriedades de isolamento sonora da mesma.

Este índice denominado "*Noise Insulation Factor*" (NIF) *Fator de Isolamento de Ruído* é dado por:

$$NIF = 10 \log \frac{A}{T} \text{ dB}$$

onde: T = índice de transmissão total

A = absorção sonora total da sala em sabines

Através desta fórmula verifica-se que as áreas de determinado material, que possui grande coeficiente de transmissão, devem ser eliminadas. Por exemplo se numa determinada parede houver uma janela de vidro duplo com coeficiente de transmissão de 40dB ($\tau = 0,0001$) poderá haver um NIF de 32,3dB. Por outro lado se as janelas estiverem abertas ($\tau = 1.0$) o NIF será somente de 11dB.

Os protetores auriculares são barreiras acústicas que reduzem a quantidade de energia sonora transmitida aos r_{e}

ceptores expostos à mesma no ouvido interno.

O som alcança o ouvido interno de um indivíduo, usando um protetor auricular por diferentes métodos a saber:

1. via óssea ou tecidos do usuário;
2. vibração do protetor;
3. através do material que compõe o protetor;
4. através de eventuais aberturas entre o protetor e a pele.

Assim sendo, as características de atenuação de um determinado protetor auricular devem ser consideradas antes da escolha para não criar problemas para o usuário. Por exemplo um protetor muito grande não seria prático para um indivíduo que trabalhasse num ambiente confinado pois aumentaria a sensação gerada pelo confinamento. Outros fatores muito importantes a considerar quando da escolha dos protetores auriculares seriam:

- . o tempo de exposição à fonte sonora e a frequência da mesma (uma vez ao dia, uma vez por semana, durante toda a jornada de trabalho);
- . a resposta do protetor à níveis de ruído em determinadas frequência (Hz).

Pela Norma ANSI 224.22 (1957) cada protetor deve ser testado através de um grupo amostral de 10 (dez) pessoas das quais se conhece o limiar de audibilidade. Nas frequências centrais de 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000 e 8000 Hz são emitidos sons recebidos pelos indivíduos usando o protetor que está sendo testado, sendo o teste repetido 3 (três) vezes para cada frequência. Assim sendo temos 30 valores para cada uma das citadas frequências cuja média, plotada num gráfico, constituirá a *curva de atenuação* do protetor auricular em estudo.

Os controles de ruído na fonte, na trajetória e no receptor devem compor um efetivo programa de conservação auditiva que inclui também outras preocupações por parte dos técnicos de higiene e segurança do trabalho a

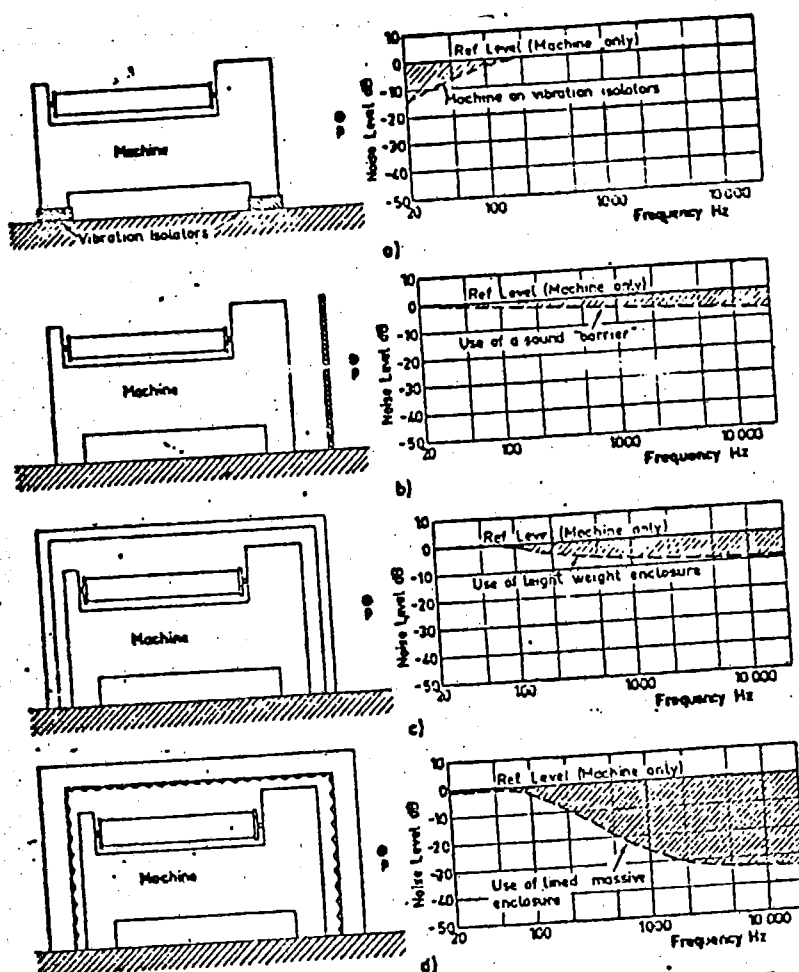
saber:

- . minimização do incômodo ou interferência na comunica
ção gerados pelo ruído nas populações de trabalhado-
res da empresa e das comunidades vizinhas à fábrica.
- . respeito às legislações vigentes;
- . presunção do ruído de uma maneira geral, principal-
mente daqueles que podem causar perdas auditivas.

A montagem deste programa incluiria as seguintes ele-
mentos:

1. Declaração expressa da política da empresa no tocante
aos problemas de controle de ruído;
2. Determinação das responsabilidades das áreas envol-
vidas no programa;
3. Levantamento e análise dos níveis existentes na fã-
brica;
4. Educação, motivação e treinamento dos funcionários
para o programa;
5. Implantação das medidas de controle mais adequadas
em cada caso;
6. Implantação de controles médicos através de audiometr
ia admissional e periódica de funcionários que traba
lham em locais onde haja emissão de ruído.

Anexo I



Posição
de
observa
ção

Exemplos de vários métodos de isolamento da fonte de ruído:

- uso de isoladores de vibração
- uso de "barreira" sonora
- uso de um enclausuramento leve
- uso de um enclausuramento mecoço pesado, revestido com material absorvente.

Anexo II

Table 2. Partial noise exposure indices for sound levels 80 to 120 dB(A) and duration 10 minutes to 40 hours per week.

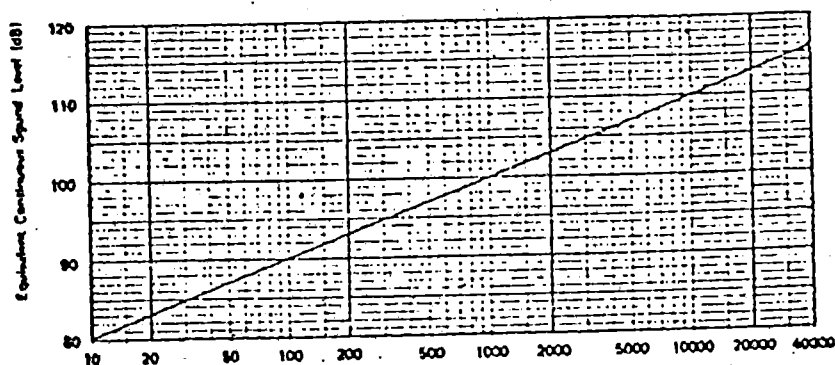
Duration per week		Partial noise exposure indices								
hours	minutes	Sound level in dBA (Class midpoint)								
		80	85	90	95	100	105	110	115	120
	10					5	15	40	130	415
	12					5	15	50	160	500
	14					5	20	60	185	585
	16					5	20	65	210	665
	18					10	25	75	235	750
	20					10	25	85	265	835
	25				5	10	35	105	330	1 040
	30				5	15	40	125	395	1 250
	40				5	15	55	165	525	1 670
	50				5	20	70	210	660	2 080
	60			5	10	25	80	250	790	2 500
	70			5	10	30	90	290	920	2 920
	80			5	10	35	105	330	1 050	3 330
	90			5	10	40	120	375	1 190	3 750
	100			5	15	40	130	415	1 320	4 170
2				5	15	50	160	500	1 580	5 000
2.5				5	20	65	200	625	1 950	6 250
3				10	25	75	235	750	2 370	7 500
3.5			5	10	30	90	275	875	2 770	8 750
4			5	10	30	100	315	1 000	3 160	10 000
5			5	15	40	125	395	1 250	3 950	12 500
6			5	15	45	150	475	1 500	4 740	15 000
7			5	20	55	175	555	1 750	5 530	17 500
8			5	20	65	200	630	2 000	6 320	20 000
9			5	25	70	225	710	2 250	7 110	22 500
10		5	10	25	80	250	790	2 500	7 910	25 000
12		5	10	30	95	300	950	3 000	9 490	30 000
14		5	10	35	110	350	1 110	3 500	11 100	
16		5	15	40	125	400	1 250	4 000	12 600	
18		5	15	45	140	450	1 420	4 500	14 200	
20		5	15	50	160	500	1 580	5 070	15 800	
25		5	20	65	200	625	1 950	6 250	19 620	
30		10	25	75	235	750	2 370	7 500	23 700	
35		10	30	90	275	875	2 770	8 750	27 700	
40		10	30	100	315	1 000	3 160	10 000	31 620	

The values are calculated from the formula: $E_i = \frac{\Delta L_i}{40} 10^{0.1(L_i - 70)}$

where E_i is the partial noise exposure index;

L_i is the sound level A in dB corresponding to the midpoint of the class i;

ΔL_i is the total duration in hours per week of sound levels within the class i.



6. BIBLIOGRAFIA:

Broech, Jens Trampe - *Acoustic Noise Measurements* Second edition Denmark. K. Carsen & Son A/S. 1975. 203p. ilus.

Chochole, Tené - *Le Bruit*. Troisième édition. France. Presses Universitaires. 1973. 126p. ilus.

Groenewold, Frederico - *Ruído industrial y su control*. Lima Perú 1975. 143p. ilus.

ISO R1996 - *Assessment of noise with respect to community Response*. 1971.

ISO R1999 - *Assessment of occupational noise exposure for hearing Conservation purposes*. 1971.

ISO R2204 - *Acoustics - Guide to the measurement of airborne acoustical noise and evaluation of its effects on man*. 1973.

National Safety Council - *Industrial Noise and Hearing Conservation*. Chicago. 1975. 1120p.

National Safety News - August 1976. Schneider, Anthony J *Proposed OSHA Noise Regulations Guidelines for compliance*. 6p.

Nepomuceno, Lauro Xavier *Acústica*. São Paulo. Editora Edgard Blucher Ltda, 1977. 188p. ilust.

Ministério do trabalho - Portaria 3214/78 "Aprova as normas regulamentadoras NR - do Capítulo V - Título II da CLT.

O.I.T. *Proteção dos trabalhadores contra o ruído e as vibrações nos locais de trabalho*. Genebra, 1977. 79p.

U.S. Department of Health, Education, and Welfare (NIOSH) - *Criteria for recommended Standard Occupational Exposure to Noise*. 1972. 70p.

Eng Oswaldo Paulino Filho
Chefe do Laboratório de Ruído e Vibração
da Companhia de Tecnologia de Saneamento
Ambiental - CETESB
Av. Professor Frederico Herman Jr., 345
109 andar - sala 1008 - prédio 1
Fone 210.1100 - ramal 440 - CEP 05459