



**III ENCONTRO NACIONAL
I ENCONTRO LATINO-AMERICANO**

Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995

**TRATAMENTO E ISOLAMENTO ACÚSTICOS DE UM CONJUNTO
GERADOR A DIESEL EM AMBIENTE HOSPITALAR**

**Cláudio Emanuel Pietrobon, Eng. Civil, M.Arq.
Doralice Aparecida Favaro Soares, Eng. Civil, M. Eng.
Universidade Estadual de Maringá - DEC
Av. Colombo, 5790, CEP 87020-900 - Maringá-PR
Tel. (044) 226-2727, Fax: (044) 222-9955. E.mail: pfssoares@brfuem**

**Paulo Fernando Soares, Eng. Civil, M. Eng.
Universidade Estadual de Londrina - DCCi
Rod. Celso Garcia Cid, s/n, CEP 86051-900 - Londrina-PR
Tel.: (043) 371-4455; Fax: 327-6932. E.mail: doralice@brfuel**

RESUMO

O presente trabalho propõe uma solução para o controle de ruídos oriundos de um conjunto gerador DS1192 movido a diesel, com velocidade de 1800 rpm e potência de 380 KVA para instalação em ambiente hospitalar. Propõe-se o detalhamento do tratamento e isolamento acústico de uma casa de máquinas para abrigar o referido equipamento, limitando-se o nível de pressão sonora, externamente à edificação em 50 dB (A).

ABSTRACT

This present work proposes a solution to control de noise derived from a diesel machine-model DS 1192, with velocity about 1800 rpm and power about 3 80 KVA, placed into a hospital building. Also, it proposes details from the house machine building acoustical treatment and isolation, limiting the external sound pressure level, until 50 dB (A).

PALAVRAS-CHAVE

Tratamento acústico; Isolamento acústico; Acústica das edificações; Poluição sonora.

1. INTRODUÇÃO

O ouvido humano é um sofisticado sensor acústico, e devido a deterioração do sistema auditivo pela prolongada exposição ao ruído, é necessário conhecer e evitar esses danos, além dos oriundos das vibrações. Som e ruído não são sinônimos. Um ruído é apenas um tipo de som, mas a recíproca não é verdadeira. O conceito de ruído é associado a um som desagradável e indesejável. O som é definido como a variação da pressão atmosférica dentro dos limites de amplitude e banda de frequências aos quais o ouvido humano responde. Alguns limites normativos e legais, considerando que a função mais importante do sistema auditivo humano é a comunicação (ouvir e entender a voz humana), afirmam que:

- i) A dificuldade significativa na recepção de sons ocorre para perdas de audição maiores que 25 dB (valor médio nas frequências de 500 Hz, 1.000 Hz e 2.000 Hz);
- ii) A exposição a nível de pressão sonora abaixo de 80 dB(A) para 90% da população, não causa dificuldades na sensação e interpretação do som; e a perda de audição por exposição a níveis acima de 80 dB(A) depende da distribuição dos níveis com tempo de exposição e da susceptibilidade do indivíduo. Estão normalizadas e estabelecidas em forma de lei para as relações trabalhistas, visando a salubridade;
- iii) As condições não trabalhistas estão normalizadas na forma de procedimentos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, visando o conforto acústico.

2. METODOLOGIA

2.1. Estratégias Metodológicas. Na fase de levantamento da situação de referência:

- i) Vistoria ao local de implantação;
- ii) Vistoria a equipamento similar em uso;
- iii) Obtenção de dados acústicos de referência do equipamento em questão;
- iv) Obtenção de elementos de projeto: normativos, legais e de fornecedores de materiais e componentes de tratamento e isolamento acústicos;
- v) Definição da precisão e erro admissíveis.

Na fase de implementação:

- i) Dimensionamento, e detalhamento do tratamento e isolamento acústicos para casa de máquinas do conjunto gerador DS1192 - SCÂNIA - 1800 rpm - 380 KVA.

2.2. Restrições Legais e Normativas. As restrições legais, considerando que os ruídos constituem uma das formas de poluição ambiental, pela constituição da república federativa do Brasil, promulgada em 5/10/1988, determinam que:

- i) Art. 28, VI: "É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer das suas formas."
- ii) Art. 24, VI: "Compete à União, aos Estados e ao Distrito Federal legislar concorrentemente sobre florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição."

O Código Civil brasileiro estabelece que:

- i) Art. 544: "O proprietário ou inquilino de um prédio tem o direito de impedir que o mau uso da propriedade vizinha possa prejudicar a segurança, o sossego e a saúde dos que o habitam."

A CLT, nas relações do trabalho, através da Portaria nº 3.214 de 08/06/1978 do MTb. (D.O.U. de 06/07/1978) e a Norma Regulamentadora (N.R. 15 - Atividades e operações insalubres - Cap. V - Título III), determinam concorrentemente limites da exposição aos ruídos, visando a salubridade e evitar danos à saúde:

TABELA 1. Limites legais extremos à exposição de ruídos em ambientes de trabalho.

NPS (dB(A))	Máxima exposição diária permissível
≤ 85	8 horas
115	7 minutos

As restrições normativas nas relações não trabalhistas, visam, além dos aspectos de salubridade, as condições de conforto acústico dentre as variáveis energético-ambientais.

Acerca do ruído urbano, segundo a NBR 10.152 (ABNT, 1987) deve-se garantir em zona hospitalar os NPS correspondentes a: 45 dB(A) durante o dia e 40 dB(A) durante a noite.

Acerca das condições de ocupação dos edifícios hospitalares a NBR 10.151 (ABNT, 1987) determina os seguintes níveis de pressão sonora:

- i) Em apartamento, enfermarias, berçários e centros cirúrgicos: **35 dB(A) ≤ NPS ≤ 45 dB(A)**;
- ii) Em laboratórios e áreas para uso público: **40 dB(A) ≤ NPS ≤ 55 dB(A)**;
- iii) Em áreas de serviço: **45 dB(A) ≤ NPS ≤ 55 dB(A)**

Acima destes níveis implica desconforto para o usuário, sem necessariamente causar dano à saúde, mas convém observar os dados referentes à poluição sonora (OMS, 1993):

- i) A exposição prolongada a ruídos com níveis acima de 85 dB é danosa à saúde;
- ii) O limite máximo de risco é 115 dB. Sons acima deste nível podem causar danos irreversíveis à audição em curtos períodos de exposição;
- iii) A prolongada exposição a ruídos de alta intensidade - dentre os quais os agudos e os de impacto (alarmes, sirenes, britadeiras) - provoca distúrbios psicológicos e fisiológicos, tais como: enfraquecimento irreversível da audição, hipertensão arterial, aumento do batimento cardíaco, gastrites, irritabilidade, comportamento anti-social, insônia e diminuição da capacidade de raciocínio

Para dimensionamento, segue-se a NB 101 (ABNT, 1953). Em termos de normalização hospitalar, segundo a norma CIPLAN nº 3.180 publicada como Normas e Padrões de Construção e Instalação de Serviços de Saúde (Centro de Documentação do Ministério de Saúde, 1987), tem-se:

- i) "Nos locais onde houver aglomeração de público, fontes de ruído ou vibração, deverão ser previstos revestimentos de acordo com a norma NB 101 da ABNT que impeçam a propagação e reverberação." [p.33];
- ii) "Quando áreas de serviço como cozinha, copa de lavagem, lavanderia, garagem, oficina ou casa de máquinas, bem como outras fontes comprovadas de ruído estiverem localizadas no mesmo bloco que as unidades de internação e tratamento dos pacientes, deverá ser previsto tratamento acústico nas paredes adjacentes por meio de material isolante de acordo com a norma NB 101 da ABNT." [p. 33];
- iii) "Em hospitais com mais de 100 leitos, a fonte de energia de emergência deverá, obrigatoriamente, ser um grupo gerador." [p. 39].

2.3. Levantamento da Situação de Referência. Foi efetuada vistoria e medição ao local de implantação, na data de 07/09/1994, no período vespertino, durante um feriado nacional. Procurou-se efetuar um levantamento da situação de referência para avaliar-se o mínimo ruído de fundo em condições de ocupação interna e externamente ao edifício, cujos resultados encontram-se na tabela abaixo:

TABELA 2. Levantamento do ruído de fundo na situação de referência

Situação	Localização	Condição	NPS dB(A)
Externa	Próx. à lavanderia	Secadora em uso	53
Externa	Próx. à lavanderia	Rente à parede	50
Externa	Próx. à cabine de força	A 1,00 m de distância	52
Externa	Próx. à lavanderia	A 1,00 m de dist. janela aberta	69
Externa	Próx. à lavanderia	Idem, próx. à secadora	69
Interna	Próx. acesso c. cirúrgico	Ambiente desocupado	48
Interna	Sala espera c. cirúrgico	Ambiente desocupado	51
Interna	Corredor central	Ambiente ocupado	57-60
Interna	Berçário	Amb. ocup. c/ ar condicionado	55-60

TABELA 3. Vistoria e medição de equipamento similar em operação

Situação	Localização	Condição	NPS _{med} dB(A)	NPS _{med} dB(A)
Interna	Lateral esquerda	A 1,00 m de distância	114	108-110
Interna	Frontal/radiador	A 1,00 m de distância	117	110-112
Externa	Frontal/radiador	A 1,00 m de distância	108	104
Externa	Saída do escapamento	A 1,00 m de distância	114	108-110
Externa	Em frente/porta aberta	A 1,00 m de distância	105	104
Interna	Em frente/painel de com.	A 1,00 m de distância	114	110
Externa	Em frente/janela aberta	A 1,00 m de distância	104	100

Com referência aos dados do fabricante, através do Manual SCÂNIA - Diesel Power às páginas 1.7 e 1.8, tem-se:

TABELA 4. Valores de NPS do gerador DS11 a 1800 rpm em funcionamento à potência máxima - curva 2.

Frequência (Hz)	NPS acima dB(A)	NPS à direita dB(A)	NPS frontal dB(A)	NPS à esq. dB(A)	NPS médio dB(A)
31.5	-	-	-	-	-
63	-	53	48	52	50
125	57	64	56	60	60
250	74	74	76	70	73
500	79	85	85	86	85
1000	89	90	92	95	90
2000	90	90	95	93	92
4000	79	86	87	84	87
8000	76	79	74	76	77
16000	69	72	62	66	70
NPS médio	97	100	101	101	100

TABELA 5. Limites de variação do ruído com a velocidade à potência total com temperatura ambiente ≤ 40°C.

Rotação (rpm)	Faixa NPS médio dB(A)
1200	92-95
2000	98-101

TABELA 6. Análise de precisão e erro admissíveis para este estudo

NPS	NPS acima dB(A)	NPS à direita dB(A)	NPS frontal dB(A)	NPS à esq. dB(A)	NPS médio dB(A)
Teórico (fabricante)	97	100	101	101	100
Medido (em campo)	-	110	112	110	111
Erro admissível	-	10,0%	10,9%	8,9%	11,0%

Face a verificação da discrepância entre os valores teóricos medidos em câmara anecóica fornecidos pelo fabricante e os obtidos por medição em condições de uso, adota-se como precisão para este estudo o valor de 11,0%. Desta forma os limites admissíveis de erro para o dimensionamento ficam determinados da seguinte maneira: $44 \text{ dB(A)} \leq \text{NPS}_{\text{ext., 1,0m}} \leq 56 \text{ dB(A)}$, com velocidade $\leq 1800 \text{ rpm}$ e temperatura $\leq 40^\circ\text{C}$.

3. RESULTADOS, CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

3.1. Resultados. Acerca do tratamento acústico das paredes, são propostos dois arranjos para as mesmas através da lei de massa, (Beranek, 1960) com as seguintes características:

- i) Configuração bloco-bloco, de concreto, com $\sigma_1 = 220 \text{ Kg/m}^2$, espaçadas de 0,07 m e com recheio de placas de lâ de rocha 2", 32 Kg/m^2 , nas dimensões de 1,20 m x 0,60 m;
- ii) Configuração tijolo maciço-bloco com $\sigma_1 = 270 \text{ Kg/m}^2$, para paredes externas espaçadas de 0,06 m e com mesmo recheio anteriormente citado.

TABELA 7. Resultados do dimensionamento das paredes em termos de atenuação sonora, em dB

f (Hz)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Bloco-bloco	-	16	34	46	52	90	110	130	150	170
Tijolo-bloco	9	21	36	45	51	95	115	135	155	175

Acerca do tratamento acústico da laje e piso, propõem-se que a laje seja em concreto armado maciço com peso específico de 2400 Kg/m^3 na espessura de 0,12 m e o piso composto de lastro de concreto simples, na espessura de 0,08m, revestido com borracha colada sobre a argamassa de regularização em cimento e areia no traço 1:3 em volume e, a base do conjunto moto-gerador, constituída de bloco de concreto armado rígido, deverá ser isolada fisicamente do piso através de junta de dilatação preenchida com material resiliente.

TABELA 8. Resultados do dimensionamento da laje e do piso em termos de atenuação sonora, em dB

freqüência (Hz)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Concr. armado	38	38	38	38	48	58	68	78	88	98

Com referência às portas acústicas, serão duas, dimensionadas em série, com 1,61m x 2,20m.

TABELA 9. Resultados do dimensionamento das portas em termos de atenuação sonora, em dB

freqüência (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Duas portas em série fechadas	40	48	53	59	63	65	65	65	65

Em relação aos atenuadores de ruído, dimensionados por absorção sonora (Gerges, 1992), a entrada de ar frio, será constituída de uma caixa de concreto armado com dimensão interna de 1,22 m x 1,96 m, contendo 15 linhas de placas absorventes tipo *baffle* de 0,80 m x 1,20 m, de espessura 40mm, fixadas em estirantes metálicos transversais na base e no topo da mesma, compondo 5 séries longitudinais com um comprimento mínimo de 4,00m, totalizando 140 placas. As extremidades do duto deverão ser revestidas com tela metálica para evitar o acesso de insetos e pequenos animais. Deve-se garantir uma área mínima de ventilação de $1,00 \text{ m}^2$

TABELA 10. Resultados do dimensionamento da entrada de ar frio em termos de atenuação sonora, em dB

freqüência (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuador de entrada	-	38	46	53	61	61	61	-

Para a saída de ar quente, adotou-se a mesma geometria de seção transversal à exceção do comprimento que será 5,10 m, reservando-se 1,10 m para a câmara de fumaça no início do duto. Ressalta-se que a ligação do radiador com o duto deve ser efetuada em material resiliente e flexível devido a necessidade de direcionar o ruído para o duto e adequar a ligação devido aos amortecedores anti-vibratórios da base do conjunto moto-gerador. Deve-se

garantir, também, uma seção mínima livre para ventilação de 1,00 m². Os resultados da atenuação, em dB, são idênticos aos da tabela 11.

Para a saída de gases, adotaram-se tubos de descarga com diâmetros nominais crescentes de 4", 6" e 8", interligados com silenciadores. Os tubos de descarga foram revestidos com tubos bipartidos de silicato de cálcio nos diâmetros internos nominais de 4", 6" e 8" com espessura de 50mm, visando isolamento térmico e acústico. Sobre a laje deverá ser executado um duto de concreto armado com dimensão interna de 1,96 m x 1,22 m, sendo as suas paredes internas revestidas com absorvedor acústico, espessura de 35 mm, em placas de 1,0m x 1,0m.

Para o ambiente da sala de máquinas, visando a melhoria da absorção do ruído gerado internamente foram utilizados absorvedores acústicos a saber: paredes (revestimento absorvente com espessura de 35 mm, em placas de 1,0m x 1,0m, coladas sobre a superfície); piso (revestimento absorvente, em borracha, colado sobre a superfície); teto (forro absorvente com 1" de espessura, em placas de 1,25m x 0,60 m assentadas sobre guias de alumínio rentes à laje de cobertura).

Para o ambiente da sala de comando adotou-se a mesma especificação anterior e os resultados do dimensionamento apresentam-se a seguir:

TABELA 11. Resultados do dimensionamento da atenuação por absorção sonora, em dB

freqüência (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Sala de Máquinas	-	3	8	11	12	11	8	-
Sala de comando	-	2	8	11	12	12	9	-

Ressalta-se que o presente tratamento visa diminuir as condições agressivas dos níveis de ruído tendo em vista o nível de exposição aos ruídos dos funcionários que operarão o grupo gerador. Entretanto salienta-se a necessidade de utilização de EPI (Equipamento de Proteção Individual) - Protetor Auricular, sempre que se necessitar acesso a estes ambientes.

Para o tratamento anti-vibratório, adotou-se um sistema de isolamento composto por um conjunto de seis amortecedores inteiramente metálicos, à base de molas helicoidais com almofada em aço inoxidável interna, atuando a baixas freqüências (7 a 9 Hz), distribuídos sob o conjunto moto-gerador, simetricamente em relação ao centro de gravidade.

Finalmente, para o tratamento térmico, segundo indicações do fabricante, visando a garantia do desempenho do conjunto moto-gerador, deve-se limitar a temperatura interior da sala de máquina entre 17 e 40°C. Para tanto simulou-se o desempenho térmico da sala de máquinas com os seguintes parâmetros de operação: taxa de ventilação de 22,4 renovações por hora, supondo-se o caso crítico (dados médios e sazonais do clima de Maringá de uma série histórica de 10 anos, adotando-se o critério de média aritmética simples entre as temperaturas absolutas e médias.) e considerando-se 6.000 watts de geração de calor devido ao funcionamento do grupo-gerador por 24 horas consecutivas. Foi realizada a simulação do desempenho térmico e ressalta-se que é necessário efetuar a pintura externa das paredes e telhas na cor branca. A temperatura mínima será de 17°C no caso de inverno só ocorrerá às 10 horas da manhã, e a máxima temperatura atingirá no verão 38°C entre 14 horas e 16 horas.

3.2. Conclusão. Com o tratamento e as especificações propostas, pretendeu-se atingir os valores de nível de pressão sonora descritos no item 2.3. Para a garantia dos níveis equivalentes aos do ruído urbano previstos no item 2.2. da normalização, na vizinhança deve-se garantir o máximo de área gramada no entorno da edificação e executar um muro divisório com altura mínima de 4,0 m com forração vegetal.

3.3. Recomendações. Para a garantia dos níveis de pressão sonora definidos anteriormente, deve-se, quanto à execução das paredes, pisos e lajes, evitar o surgimento de quaisquer tipos de fissuras que venham a comprometer o desempenho acústico previsto para o componente; quanto às ligações externas com o pavimento, devem ser executadas através de juntas flexíveis de baixa rigidez com o objetivo de não transmitir vibrações às tubulações ou à estrutura da edificação. A base do conjunto moto-gerador deverá ter rigidez suficiente e isolamento físico do restante da estrutura da edificação.

Quanto às juntas previstas na estrutura, a parede dupla deve ter isolamento físico entre as paredes internas (blocos) e as paredes externas (tijolos); as juntas das placas de concreto devem ser executadas evitando a saída de ruídos e penetração de umidade através de bolsões de ar e fissuras oriundas da má execução. A vedação e instalação das portas acústicas, bem como dos amortecedores anti-vibratórios do conjunto moto-gerador devem seguir rigorosamente as instruções dos fabricantes.

Para a garantia do desempenho térmico, deve-se: garantir a área útil de ventilação nos dutos em 1m^2 ; executar e manter as pinturas na cor branca nas paredes externas e telhamento.

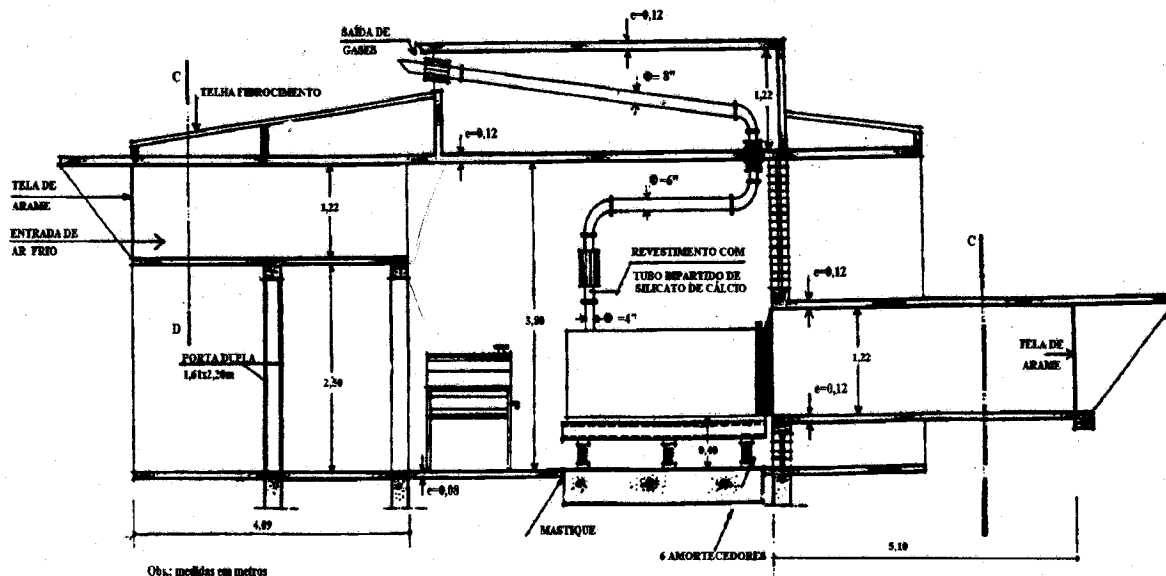


FIGURA 1. Corte esquemático da solução proposta

4. BIBLIOGRAFIA.

ACÚSTICA & VIBRAÇÕES. Absorção Acústica de Materiais de Acabamento de Construção. São Paulo: SOBRAC, n. 12, jun. 1993

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade, NBR 10.151. Rio de Janeiro, 1987.

Rio de Janeiro. Níveis de ruído para conforto acústico, NBR 10.152. Rio de Janeiro, 1987.

Rio de Janeiro. Norma para tratamento acústico em recintos fechados, NB 101. Rio de Janeiro, 1971.

BERANEK, Leo L.; *Acoustics*. New York: McGraw-Hill, 1954.

Noise Reduction. New York: McGraw-Hill, 1960.

BRASIL. Portaria nº 3214, de 08 de junho de 1978. Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo à Segurança e Medicina do Trabalho. *Diário Oficial da União, Brasília, 06 jul. 1978 (suplemento)*.

Resolução nº 1, de 11 de fevereiro de 1993. Estabelece, para os veículos automotores nacionais e importados, exceto motocicletas, motonetas, ciclomotores, bicicleta com motor auxiliar e veículos assemelhados, limites máximos de ruído

com veículos em aceleração e na condição parado. *Diário Oficial da União, Brasília, 15 fev. 1993*.

Resolução nº 2, de 11 de fevereiro de 1993. Estabelece, para motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores, bicicleta com motor auxiliar e veículos assemelhados, nacionais e importados, limites máximos de ruído com veículos em aceleração e na condição parado. *Diário Oficial da União, Brasília, 15 fev. 1993*.

Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977. Altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo à Segurança e Medicina do Trabalho. *Diário Oficial da União, Brasília, 23 dez. 1977*.

EGAN, David M.; *Concepts in Architectural Acoustics*. New York: McGraw-Hill, 1972.

GERGES, Samir N. Y. *Ruído: fundamentos e controle*. Florianópolis: Centro Brasileiro de Segurança e Saúde Industrial, 1992.

MIÑANA, José Pérez; *Compendio Práctico de Acústica*. Barcelona: Editorial Labor, 1969.