

Impacto Sonoro dos Transportes na Saúde da População

Débora Barretto¹

1. Introdução

O conteúdo desse trabalho insere-se no contexto da acústica, enquanto ciência que estuda o som, buscando expor a influência que essa área tem no dia-a-dia dos cidadãos. A preocupação com o ruído e seus efeitos se inicia no começo da Revolução Industrial devido à aparição de maquinaria potente tanto nas fábricas quanto na construção, assim como de novos modos de transporte. O desenvolvimento da indústria e o crescimento das cidades resultaram atualmente em um mundo essencialmente urbano. No Brasil, segundo o censo demográfico de 2000, cerca de 81% da população vive em meio urbano (IBGE, 2005). Essa expansão urbana eliminou o silêncio de boa parte do Planeta e, hoje, o ruído se constitui como um dos agentes contaminantes mais nocivos à saúde humana, apesar de há cerca de 2.500 anos a humanidade conhecer os efeitos prejudiciais do ruído.

A humanidade tem-se desenvolvido de forma rápida e muitas vezes pouco planejada, sem buscar formas menos impactantes em diversos aspectos, como é o caso da exposição ao ruído. Muitos dos profissionais responsáveis pela expansão urbana e dos usuários dos transportes ainda não detêm o conhecimento nem da possibilidade nem de necessidade de se reduzir a emissão de poluentes.

O som é parte fundamental das atividades dos seres vivos e dos elementos da natureza, mas ruído em excesso provoca efeitos negativos que podem ser observados a curto e longo prazo, com reflexos em todo o organismo e não apenas no aparelho auditivo. A noção do que é barulho pode variar

¹ Sócia da Audium - Áudio e Acústica, Arquiteta e Urbanista graduada na Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia - FAUFBA, Mestre em Engenharia Ambiental Urbana na área de Poluição Sonora pela Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia - MEAU/UFBA sob a orientação da Prof^ª Dr^ª Ilce Marília Dantas.

de pessoa para pessoa, mas o organismo tem limites físicos para suportá-lo, além de trazer uma série de malefícios à população, sendo alguns deles irreversíveis.

Em contraste com muitos outros problemas ambientais, a poluição sonora cresce a cada dia, pois desde 1992 representa o único impacto ambiental negativo sobre o qual o número de queixas tem aumentado (OHRSTROM, 2005).

Fontes causadoras do ruído urbano, segundo Cremonesi (1985):

- (a) **Fontes estacionárias:** equipamentos urbanos (discotecas, restaurantes), construção civil, fábricas etc.
- (b) **Fontes que provêm do tráfego ferroviário:** trens de passageiro, trens de carga, trens do metrô, trens de subúrbios etc.
- (c) **Fontes provenientes de aeronaves em sobrevôo às áreas habitadas:** aeronaves de passageiro com propulsão a turbohélice, aeronave de passageiro com propulsão a reação, aeronaves militares, aeronaves de pequeno porte, helicópteros etc.
- (d) **Fontes de ruído que compõem o tráfego viário:** automóveis, utilitários, motocicletas, ônibus, caminhões etc.
- (e) **Fontes produzidas pelo homem:** diálogos, esportes, etc.

Milhões de cidadãos passivos estão ficando perturbados, comprometendo o raciocínio, a comunicação oral, a educação, o bem-estar e a sobrevida, limitando as potencialidades humanas. O próprio desenvolvimento socioeconômico é afetado pela incapacidade de compreender e reagir contra seus acusticamente poluídos meios urbanos, industriais e de lazer, piorados pela alta densidade populacional. Durante duas revoluções industriais acelerou-se a degradação dos ambientes sonoros nas áreas residenciais e no trabalho e a contaminação do ruído se propagou pelo mundo. Os países mais desenvolvidos sofreram primeiro esse impacto e perceberam a queda na produtividade e o aumento de acidentes, mudando de rumo durante a terceira revolução industrial, quando houve a invasão mais profunda e difusa do meio urbano pelos veículos automotores. Hoje, seus governos estão interessados em evitar maiores danos à saúde dos homens, adotando atitude a fim de prepará-los melhor, intelectual e psicologicamente, para competirem na ponta da globalização. Seus cidadãos se tornaram mais conscientes e exigem melhor qualidade de vida.

Impacto Ambiental é qualquer alteração provocada por matéria ou energia resultante da ação humana afetando a qualidade do meio ambiente (BRASIL, 1986). Compete ao homem prever e avaliar os impactos negativos, de modo a adotar medidas visando a evitá-los ou a minimizá-los, ao mesmo tempo em que sejam maximizados os impactos positivos de uma determinada ação (MOTA, 1997).

Os custos da mobilidade são diversos, entre eles está a Poluição Sonora e Atmosférica, sendo considerados impactos negativos. A Poluição Sonora representa todos os sons ou ruídos que, emitidos em desacordo com a legislação ambiental, prejudicam a sadia qualidade de vida do ser humano

(BRASIL, 1990a). Portanto, não se trata simplesmente de uma questão de desconforto acústico. Em ruas e avenidas os produtores de ruído são móveis: caminhões, carros, ônibus e metrô, por isso não há como autuá-los, mas existem formas de controlar a emissão desse poluente criando leis reguladoras capazes de atuar direto na fonte.

O mais traiçoeiro efeito negativo ocorre em níveis moderados de ruído, porque mansamente vão-se instalando estresse, distúrbios físicos, mentais e psicológicos, insônia e problemas auditivos. Muitos sinais passam despercebidos do próprio paciente pela tolerância e aparente adaptação e são de difícil reversão. Muitas pessoas, perdidas no redemoinho das grandes cidades, não conseguem identificar o ruído como um dos principais agentes agressores e ficam desorientadas por não saberem localizar a causa de tal mal. Por isso nada se faz e vive-se sob o impacto de uma abusiva, portanto, ruidosa mecanização e sonorização tanto em ambientes fechados quanto abertos (SOUZA, 1992).

No aspecto fisiológico, a poluição sonora é capaz de desencadear muitas alterações orgânicas nos seguintes elementos do organismo: audição, sistema cardíaco, ritmo circulatório, tensão arterial, sistema respiratório, sistema digestivo, sistema neurovegetativo, além dos distúrbios psicológicos. Todos esses reflexos serão tratados mais detalhadamente ao longo desse trabalho.

O ruído apresenta algumas diferenças dos outros agentes agressores do meio ambiente e existem inúmeras reações das pessoas perante a exposição a ele. Seguem alguns aspectos percebidos pelo próprio autor e outros obtidos por meio da revisão de literatura que exemplifica a diferença entre a poluição sonora e a poluição do ar e da água:

- (a) o ruído é gerado em toda parte e está ao alcance de todos, não sendo fácil controlá-lo na fonte como ocorre na poluição do ar e da água;
- (b) embora o ruído produza efeitos cumulativos no organismo, do mesmo modo que outras modalidades de poluição, diferencia-se por não deixar resíduo no ambiente tão logo seja interrompido (SOUZA, 1992);
- (c) diferindo da poluição do ar e da água, o ruído é apenas percebido nas proximidades da fonte;
- (d) o conhecimento acerca dos efeitos do ruído no organismo ainda não foi suficientemente divulgado e a sociedade não tem motivação para combatê-lo (SOUZA, 1992);
- (e) a dificuldade de estabelecer correlações diretas com outras doenças (hipertensão, estresse, aumento do número de acidentes) faz do ruído um agente reconhecível, mas com repercussões pouco “visíveis” (SANTOS, 1999);
- (f) a comunidade se sente mais capacitada para reclamar e exigir ação política acerca da poluição do ar e da água do que a respeito da poluição sonora;
- (g) o ruído, ao que parece, não tem mais efeitos genéticos, como acontece com certas formas de poluição do ar e da água, a exemplo da poluição radioativa. Entretanto, o incômodo, a frustração, a

agressão ao aparelho auditivo e o cansaço geral causados pela poluição sonora podem afetar as futuras gerações;

(h) outros contaminantes são detectados por vários sentidos de uma vez, dando lugar a um alarme mais generalizado e muitas doenças e mortes devido a alterações do meio podem ser identificadas por qualquer pessoa, mas a poluição sonora, mesmo em níveis exagerados, produz efeitos imediatos moderados. Seus efeitos mais graves vão-se implantando com o tempo (SOUZA, 1992);

(i) um único sentido é capaz de detectar o ruído: o ouvido e sua ação negativa ocorre após um tempo, que pode ser longo, a não ser quando se trata de traumas acústicos. Por isso, muitas pessoas afetadas não buscam se prevenir, esquecendo que o efeito final pode ser irreversível como a surdez, que vem acompanhada às vezes de desesperadores desequilíbrios psíquicos e de doenças físicas degenerativas (SOUZA, 1992).

A questão da poluição sonora parece tornar-se cada vez mais abrangente, visto que lugares bem próximos, outrora sossegados, tornaram-se zonas de alto ruído e cada vez se torna mais difícil encontrar um local realmente silencioso nas cidades. Embora o grau de sensibilidade varie com as características individuais e dependa do tipo de sociedade em que cada qual se insere, o certo é que o agravamento da situação começa a suscitar preocupações generalizadas nos profissionais da área de engenharia ambiental urbana e da área de saúde (ZANNIN, *et al.* 2002).

O crescimento das populações urbanas exige transporte, habitação e uma maior incidência da instalação de comércio e indústria em áreas antes estritamente residenciais. Em um meio urbano, as principais fontes de poluição acústica, segundo Mota (1999), são: modos de transporte terrestre, tráfego aéreo, obras de construção civil, atividades industriais, aparelhos eletrodomésticos, setor de diversões públicas e o próprio comportamento humano.

Segundo o Art. 225 do Capítulo VI (Do Meio Ambiente) da Constituição Federal (BRASIL, 1988) “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.”

A consciência ecológica no Brasil ainda não alcançou um estágio de desenvolvimento que relacione a evolução tecnológica com o controle e a prevenção da poluição sonora, portanto, existe a demanda de execução de trabalhos que estimulem a pesquisa e orientem nesse sentido.

Segundo dados fornecidos pela Prefeitura Municipal do Salvador (SEPLAM), a cada ano que passa as pessoas vão-se sentindo mais incomodadas com o ruído e estão buscando o cumprimento de seu direito ao silêncio.

Segundo a Resolução nº1 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 1990a), na execução dos projetos de construção ou de reformas de edificações para atividades

heterogêneas, o nível de som gerado por uma delas não poderá ultrapassar os níveis estabelecidos, assim como a emissão de ruídos gerados por veículos automotores e os gerados no interior dos ambientes de trabalho obedecerão às normas expedidas. Afirma também que as entidades e órgãos públicos (federais, estaduais e municipais) competentes, no uso do respectivo Poder de Polícia, disporão de acordo com o estabelecido nesta Resolução, sobre a emissão ou proibição da emissão de ruídos produzidos por quaisquer meios ou de qualquer espécie, considerando sempre os locais, horários e natureza das atividades emissoras, com vistas a compatibilizar o exercício das atividades com a preservação da saúde e do sossego público.

O maior trecho do metrô de Salvador não é subterrâneo e em alguns trechos críticos está muito próximo às edificações existentes, sendo muitas delas residenciais. Como ainda está em fase de implantação existe a possibilidade da aplicação prática de medidas mitigadoras. O fato de o metrô ser um modo de transporte intimamente ligado aos novos paradigmas do mundo moderno requer estudos que possibilitem prevenir futuros problemas.

O trânsito é o grande causador do ruído na vida das grandes cidades. As características dos veículos barulhentos são o escapamento furado ou enferrujado, as alterações no silencioso ou no cano de descarga, as alterações no motor e os maus hábitos ao dirigir (acelerações e freadas bruscas), o uso excessivo de buzina e o choque das rodas de um metrô com os trilhos de sua linha.

O cidadão tem o respaldo da legislação municipal e federal para exigir um determinado limite de decibéis e o aumento do nível de pressão sonora de uma cidade é responsabilidade dos órgãos públicos. Portanto é importante a existência de pesquisas que informem e conscientizem cada qual da necessidade do exercício pleno da cidadania por meio de direitos e deveres.

As medidas de conservação do meio ambiente devem ser planejadas e implementadas de forma integrada, uma vez que os recursos naturais se inter-relacionam (MOTA, 1999).

No Brasil não existe, ainda, uma consciência da integração da acústica com o espaço construído, nem em nível urbano, nem da edificação. Ainda não há uma preocupação geral nesse sentido, nem em nível governamental, nem do profissional arquiteto/engenheiro (SOUZA, 1991).

É necessário difundir todos os possíveis impactos positivos e negativos dos transportes ferroviários e rodoviários para que possa existir embasamento teórico na tomada de qualquer decisão. A pesquisa é uma ferramenta fundamental para uma sociedade que almeja se desenvolver economicamente e socialmente.

Considera-se fundamental perseguir uma maior articulação entre o projeto da edificação e os espaços urbanos em geral, onde o ruído possa ser uma componente importante na definição dos espaços internos e externos, considerando suas especificidades e o desempenho psico-fisiológico dos usuários, crescentemente ameaçado pela poluição sonora nos centros urbanos. Trata-se de um problema social com agravamento na saúde e desempenho das atividades humanas (SOUZA, 1991).

O tema proposto decorre, portanto, da reflexão sobre as conseqüências do ruído gerado pelo sistema de tráfego urbano na qualidade de vida das pessoas que vivem nos grandes centros urbanos. A poluição sonora, juntamente com a poluição do ar, das águas, do solo, visual e a alteração das áreas verdes tem sido um dos grandes fatores da degradação da sociedade moderna, cujo controle deve ser incorporado à prática, visando a avaliação sistemática do grau de poluição existente nas cidades, sempre à procura de soluções alternativas para as situações constatadas, e ampliando o conhecimento no campo preventivo visando a elaboração e implementação de planos, programas, projetos e legislações urbanísticas.

É preciso enfatizar, justificar e transmitir tanto a possibilidade quanto a necessidade de se reduzir o barulho das cidades. A melhor forma de tornar as soluções acústicas mais eficazes é a sua aplicação durante o processo de construção.

2. Conceitos Relacionados à Poluição Sonora

Seguem algumas definições relacionadas à Poluição Sonora pautadas na revisão crítica da literatura.

As atividades humanas geralmente provocam **impactos ambientais** e representam as alterações feitas nos meios físico, biológico e antrópico, ou seja, a cadeia de efeitos que se produzem no meio natural e social, como conseqüência de uma determinada ação (MOTA, 1997).

Quanto à **poluição ambiental**, ela resulta do lançamento ou liberação, em um ambiente, de matéria ou energia, em quantidade ou intensidade tais que o tornem impróprios às formas de vida que ele normalmente abriga, ou prejudiquem os seus usos (MOTA, 1997).

O **som** pode ser classificado como uma forma de energia (mecânica ou acústica), por isso é capaz de se transformar em poluição ambiental, sendo, portanto, uma agressão à natureza, ao meio ambiente e ao próprio homem.

A definição legal de **poluição** é:

Degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 1981).

Um ambiente pode ser considerado contaminado quando o seu estado de poluição pode provocar doenças no homem, ou seja, a **contaminação** está associada aos efeitos nocivos que o ambiente pode ocasionar (MOTA, 1997). A partir de 1972, o ruído passou a ser reconhecido oficialmente como agente contaminante na Conferência de Meio Ambiente organizada pelas Nações Unidas em Estocolmo

(MANZANA, 1998). A poluição sonora deve ser tratada como uma contaminação atmosférica através da energia.

Poluição sonora pode ser qualificada como qualquer alteração das propriedades físicas do meio ambiente causada por puro ou conjugação de sons, admissíveis ou não, que direta ou indiretamente seja nociva à saúde, à segurança e ao bem-estar da população, além de ser considerada uma forma de degradação da qualidade ambiental (BRASIL, 1981). Quando os ruídos alcançam níveis prejudiciais à saúde e ao sossego públicos, diz-se que ocorre a poluição sonora (MOTA, 1997).

O **som** é um fenômeno físico que consiste de uma rápida variação de uma onda de pressão num meio. A percepção do som se dá pela sensação sonora, detectada pelo sistema auditivo por meio dos ouvidos. Um ruído é só um tipo de som, mas um som não é necessariamente um ruído. A **freqüência** do som significa o número de vibrações por segundo da pressão acústica (GERGES, 1998).

Fisicamente não existe distinção entre som e ruído, sendo que o conceito de **Ruído** está associado a qualquer som definido como desagradável ou indesejado (WHO, 1999).

O som se propaga em todos os meios capazes de manter e difundir vibrações (ar, líquido ou sólido). Existem duas classes de ruídos, o **aéreo**, que se propaga no ar (voz, música, televisão, aeronaves...) cuja intensidade diminui com a distância de emissão, e o de **impacto**, que se propaga por meio de elementos sólidos, como edifícios, naves industriais. Este é o ruído característico de uma batida de martelo, de móveis sendo arrastados, quedas de objetos e atrito entre as rodas de um veículo e o asfalto. O ruído de impacto incomoda muito e pode ser percebido bem longe da fonte que o originou (EVEREST, 1994).

A intensidade do som é expressa em unidade de pressão (pressão sonora). Os sons audíveis compreendem um intervalo muito amplo, o que dificulta a sua medição em uma escala de pressão. Por esta razão é utilizada uma escala logarítmica. A unidade de referência que se usa para valorar o nível de ruído tal como o percebe o ouvido humano é o **decibel** (dB). Um decibel é a mínima intensidade perceptível pelo ouvido humano. O nome foi uma homenagem ao cientista Alexandre Graham Bell, o inventor do telefone. Os limites compreendidos entre o limiar auditivo e o limiar da dor para o ouvido humano são 0dB e 130dB, respectivamente.

Um aumento de 6dB no nível de pressão sonora (NPS) corresponde a uma sensação, para o ouvido humano, de que o mesmo dobrou de intensidade. Isso explica o fato de um aumento ou redução de 3dB, apesar de parecer pouco, ser claramente percebido pelo homem.

A atividade normal do ser humano provoca um nível de ruído de 55dB, sendo que a intensidade da conversação normal entre duas pessoas a 0,60m de distância entre elas varia entre 65dB e 70dB. Um homem em idade até 45 anos e em perfeitas condições de saúde pode perceber algo a partir de 5dB. A tabela 1 representa uma compilação feita a partir de diversos autores, para compor uma

demonstração mais clara, exemplificada e completa de sons rotineiros e as sensações causadas pelos mesmos.

Tabela 01- Exemplos de ruídos

SENSAÇÃO AUDITIVA	dB	RUÍDO EM INTERIORES	RUÍDOS EM EXTERIORES	RUÍDOS DE VEÍCULOS
- Limite de audibilidade	0	- Câmara Anecoica	- Cosmo	- Estação orbital no espaço sideral
- Muito calmo	10-20	- Estúdio de gravação	- Deserto - Folhas ao vento	- Submarino
- Calmo	25-35	- Conversação em voz baixa - Biblioteca	- Torneira gotejando	- Planador - Barco à vela
- Relativamente Calmo	40-45	- Consultório médico - Quartos com esquadrias acústicas	- Vassoura varrendo calçada	- Teleférico - Transatlântico
- Ruído freqüente, mas suportável - Interferência	50-75	- Restaurante - Voz normal a 0,6m - Aparelho de ar condicionado	- Rua residencial - Concertos sinfônicos	- Bonde elétrico - Barco a motor - Carro de passeio - Interior de automóvel
- Terrível de se fazer entender - Incômodo	80-100	- Escritório barulhento - Voz normal a 0,3m e Grito a 0,6m - Secador de cabelo - Praças de alimentação ruidosa	- Vias de transporte - Rua com tráfego intenso - Sob ponte metálica ferroviária	- Ônibus elétrico - Aeronave sobrevoando - Caminhão pesado - Moto sem silencioso - Ônibus biarticulado - Interior de metrô
- Difícil de suportar	105-110	- Triturador de plástico - Discoteca - Home theaters	- Estádio de futebol - Bate Estacas	- Interior de metrô em túnel - Ônibus dentro de túnel - Caminhão coletor de lixo - Turbina de avião
- Limite doloroso	120-140	- Trios elétricos - Picadeira de asfalto	- Fogos de artifício - Explosão de dinamites - Sirene de ataque aéreo	- Buzina a 1m - Avião a jato decolando

Fonte: SILVA, 2002; MOTA, 1997; MOTA, 1999; RELACUS, 2005

Quanto ao comportamento do som no ar, pode-se dizer que o som se propaga em espaço aberto sem obstáculos e a intensidade sonora diminui com a distância. No entanto, quando a onda sonora atinge um obstáculo qualquer, parte da energia sonora incidente é refletida, parte é dissipada pelo obstáculo transformando-se em energia calorífica ou mecânica e o restante atravessa o referido obstáculo, passando para o outro lado da barreira, porém com intensidade menor, de acordo com a densidade da superfície. A quantidade de energia absorvida, refletida ou transmitida depende das características físico-químicas do material do obstáculo, sendo possível determinar a direção dos raios refletidos em uma superfície, o que auxilia no momento de projetar algum tipo de barreira. **Barreiras acústicas** constituem estruturas sólidas que interceptam a passagem direta do som desde a fonte ao observador, sem confinar totalmente nem a fonte de ruído nem o observador. Elas são usadas para atenuação do ruído de tráfego causado pelo fluxo de veículos, máquinas de construção, geradores e transformadores. Sua atenuação depende da altura, da posição e do comprimento de onda do som, elemento que será detalhado no próximo capítulo (PAZOS, 2004).

A aplicação das barreiras acústicas visa o conforto, o bem-estar e a saúde das pessoas. Em países desenvolvidos elas têm presença marcante, pois existe uma consciência em relação a esses fatores. Os Estados Unidos, por exemplo, desde a década de 70 identifica a poluição sonora como um grave problema ambiental. No Brasil, o emprego de barreiras acústicas ainda é pequeno, mas já se encontram algumas em centros urbanos. No exemplo da figura 1, após a instalação de barreiras acústicas a atenuação alcança 10dB em alguns locais (os níveis sonoros caíram de 70dB para 60dB) (PAZOS, 2004).

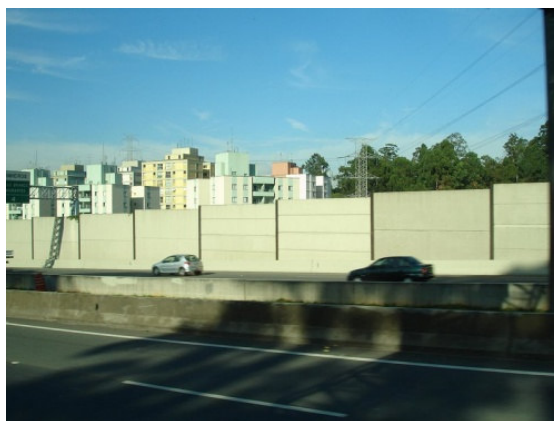


Figura 1 – Barreira acústica instalada na Rodovia dos Bandeirantes em São Paulo
Fonte: PAZOS, 2004

O nível de ruído de um determinado local depende das características da(s) fonte(s) sonora(s) que representa a emissão, da distância entre as fontes e as áreas receptoras e das condições de propagação do som, ou seja, da existência de barreiras ou não (MOTA, 1997).

3. Reflexos na Saúde

De acordo com a OMS (WHO, 1999), “Saúde é o estado completo do bem-estar mental e social e não a ausência de doenças e enfermidades”. O sentido amplo dessa definição demonstra que para alguém se considerar saudável deve dispor de um ambiente que lhe proporcione um estado de completa satisfação (MOTA, 1997).

Ainda de acordo com a OMS (WHO, 1999), o efeito do ruído na saúde é definido como uma mudança na morfologia e fisiologia de um organismo que resulta em perda de capacidade funcional, ou perda de capacidade para compensar estresse adicional, ou aumento da suscetibilidade do organismo para doenças devido a outras influências ambientais. Esta definição inclui qualquer perda temporária ou permanente das funções físicas, psicológicas ou sociais do homem.

Apesar de comumente ficar em segundo plano, diante da poluição do ar e da água, o ruído, assim como uma droga, pode viciar. Por isso muitas pessoas só conseguem dormir com o rádio ou TV ligados, o que impede o descanso por completo do organismo. A ativação permanente do sistema nervoso simpático do morador da metrópole pode condicionar negativamente a sua atuação com as

agressões. Alguns procuram se livrar dessa reação, por tornar-se desagradável (palpitação), usando drogas (tranqüilizantes ou cigarro) para bloqueá-la. A falta de irrigação muscular pode levar à gangrena nos membros, o corpo cai na pior contradição: atacado sem saber bem porquê e como se defender, devido ao bloqueio das reações naturais do organismo. Trata-se de um conflito gerador de ansiedade, já que o nível de ruído no ambiente urbano está quase sempre acima dos limites do equilíbrio, abrindo caminho para estresses crônicos. Certas áreas do cérebro acabam perdendo a sensibilidade a neurotransmissores, rompendo o delicado mecanismo de controle hormonal. Esse processo aparece também no envelhecimento normal e ataca os mais jovens, que se tornam prematuramente velhos num ambiente estressante. Os efeitos no sono não são menos importantes pela sua nobre função (SOUZA, 1992).

O ruído estressante libera substâncias excitantes no cérebro, tornando as pessoas sem motivação própria, incapazes de suportar o silêncio. Libera também substância anestésica, tipo ópio e heroína, que provoca prazer, abrindo campo para o uso de fortes drogas psicotrópicas. As pessoas tornam-se viciadas, dependentes do ruído, paradoxalmente caindo em depressão em ambiente com silêncio salutar, permanecem agitadas, incapazes de reflexão e meditação mais profunda (SOUZA, 1992). A tabela 2 demonstra alguns ruídos inseridos no cotidiano das pessoas e seus efeitos.

Tabela 02 – Impactos do ruído

NPS	EFEITOS NEGATIVOS
Até 50 dB	Nenhum
De 50 a 65 dB	Diminui a concentração e prejudica a produtividade no trabalho intelectual
De 65 a 70 dB	Diminui a resistência imunológica. Induz a liberação de endorfina, tornando o organismo dependente. Aumenta a concentração de colesterol no sangue
Acima de 70 dB	Aumentam os riscos de enfarte, infecções, entre outras doenças sérias. Ocorrem alterações do sistema auditivo.

Fonte: MANZANA, 1998

Alguns limites de intensidade:

- a. O padrão de conforto auditivo é de 70dB(A);
- b. Ruído com intensidade de até 55dB(A) protege a população de danos tanto físicos quanto psíquicos;
- c. Ruídos de 56dB(A) a 75dB(A) podem incomodar, sendo considerado a partir daí o início do estresse auditivo;
- d. Ruídos eventuais que alcançam volumes muito altos, um trio elétrico, por exemplo, chega facilmente a 130dB(A), o que pode provocar surdez temporária ou permanente;
- e. Para um bom sono acredita-se que o NPS dentro do quarto não deve exceder, aproximadamente, 45dB(A) mais do que 15 vezes por noite;

- f. À noite, o NPS fora das fachadas dos locais de moradia não deve exceder 60dB(A), pois dessa forma permitem que as pessoas possam dormir com as janelas abertas, visto que a redução do ruído de fora para dentro com as janelas parcialmente abertas é de 15dB(A);
- g. Efeitos cardiovasculares estão associados com uma longa exposição durante as 24h do dia a ruídos de tráfego entre 65-70dB(A) ou maiores;
- h. Existem evidências compatíveis que demonstram que ruídos acima de 80dB(A) estão associados com a redução do comportamento solidário e com o crescimento do comportamento agressivo;
- i. Para tornar compreensível a mensagem falada em escolas durante uma aula o ruído de fundo não deve exceder 35dB(A);
- j. Durante a noite em hospitais o NPS não deve superar 40dB(A), e quando os pacientes estiverem em observação não deve passar de 35dB(A). (WHO, 1999).

A maioria das pessoas dorme de olhos fechados e pelo menos na penumbra, anulando a percepção visual responsável por mais de 90% das informações recebidas pelo homem. Mas a audição, o segundo sentido em quantidade de informação, mantém seus canais abertos, varrendo de 360° o nosso espaço circundante a partir do nosso nicho, para detectar qualquer sinal de perigo. Para a pessoa dormindo no silêncio, o sono é liberado para se instalar na melhor qualidade. Caso contrário, o organismo, mesmo dormindo, começa a manifestar gradualmente seu alerta. A poluição sonora, portanto, piora significativamente a qualidade absoluta do sono, acarretando pior desempenho físico, mental e psicológico e perda provável da alerta auditiva. Está comprovado também que um nível de ruído diurno elevado provoca um sono noturno pior, com maiores períodos acordados (SOUZA, 2000).

Um sono ininterrupto é tido como pré-requisito para o bom funcionamento psicológico e mental da saúde das pessoas e o distúrbio do sono é considerado o principal efeito do ruído ambiental. É estimado que 80% a 90% dos casos relatados de distúrbio no sono em ambientes ruidosos são devidos a ruídos originados externamente (WHO, 1999).

Estudos mostraram que pessoas morando em áreas expostas a ruídos noturnos têm aumentado o uso de sedativos ou pílulas para dormir (WHO, 1999). Uma pesquisa realizada em Belgrado demonstrou que pessoas que residem em ruas ruidosas tinham mais dificuldade para dormir, acordavam mais vezes durante o sono, tinham pior qualidade do sono e tinham a sensação de cansaço após o sono (BELOJEVIC E JAKOVLJEVIC, 1997).

Em se tratando de ambientes de trabalho, este deve dispor de um conjunto de fatores capazes de proporcionar conforto térmico, acústico, vibratório e lumínico, além de garantir a qualidade do ar. A satisfação do trabalhador é um elemento importante em sua qualidade de vida, aumentando a probabilidade de se produzir um trabalho de qualidade.

O ouvido humano é o mais sofisticado sensor de som e representa um sistema bastante sensível, delicado, complexo e discriminativo, pois permite perceber e interpretar o som; no entanto, o sistema auditivo se deteriora devido à exposição prolongada ao ruído (GERGES, 1998). É importante ressaltar que um fator de grande importância, em qualquer tipo de perda de audição, é a suscetibilidade individual. Indivíduos que se encontram num mesmo local ruidoso podem se comportar de maneira diferente. Alguns são extremamente sensíveis ao ruído e outros parecem não ser atingidos pelo mesmo. Deve ser considerada também a existência da perda natural da audição com a idade, o que se denomina presbiacusia.

Os principais efeitos negativos tanto psicológicos quanto fisiológicos da exposição à poluição sonora estão expostos na tabela 3 e serão justificados logo a seguir.

Tabela 03 - Efeitos negativos da poluição

PSICOLÓGICOS	FISIOLÓGICOS
Distúrbios do sono	Perda da capacidade auditiva
Estresse	Surdez
Irritabilidade	Dores de cabeça
Dificuldade de concentração	Alergias
Perda dos reflexos	Distúrbios digestivos
Insegurança quanto à eficiência dos atos	Distúrbios cardiovasculares
Embaraço nas conversações	Contração dos vasos sangüíneos
Perda da inteligibilidade das palavras	Fadiga
Loucura	Gastrite
Perda de apetite	Distúrbios hormonais
Redução da potência sexual	Vertigem e desmaio
Ansiedade	Aumento da freqüência cardíaca
Cansaço	Dilatação da pupila
Mudanças na conduta e no humor	Diarréia ou prisão de ventre
Depressão	Reação muscular
Histeria	Náuseas
Neuroses	Instabilidade

Fonte: MEDEIROS, 1999; GERGES, 1998; WHO, 1999

Entre os efeitos do ruído no organismo, o mais conhecido e estudado é o que se produz na audição por ser mais direto e já ter sido detectado há muitos anos. A exposição a níveis de ruído intenso durante um período de tempo significativo ocasiona perdas de audição, que, se em um princípio são recuperáveis quando o ruído cessa, com o tempo podem chegar a ser irreversíveis, convertendo-se em surdez (MANZANA, 1998).

O resultado de uma pesquisa realizada em Curitiba-PR demonstra que parte da população já consegue identificar as reações frente ao ruído, sendo as principais: irritabilidade (58%), baixa concentração (42%), insônia (20%) e dores de cabeça (20%) (ZANNIN *et al*, 2002).

As crianças estão mais vulneráveis à exposição ao ruído e as evidências sobre os efeitos da poluição sonora na saúde delas são fortes o suficiente para haver grande preocupação nesse sentido, principalmente nas escolas (WHO, 1999).

O efeito do ruído sobre o indivíduo depende de vários fatores que afetam o ruído, as pessoas e o momento em que se produz a ação. São os seguintes:

- a. Características do ruído: intensidade, duração, espectro de frequência, tipo de ruído (contínuo, intermitente, impulsivo).
- b. Características da pessoa: idade, sexo, hábitos de descanso, susceptibilidade individual ao ruído, referências psicológicas diante de determinado ruído.
- c. Momento em que se produz: dia ou noite, no trabalho, em casa, em períodos de descanso ou de concentração.

No mundo, a Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR) é o mais prevalente risco ocupacional, mas em muitos países não somente o ruído ocupacional, mas também o ruído ambiental está aumentando o risco de perda auditiva. Em 1995, o Congresso Mundial de Saúde estimou que existem 120 milhões de pessoas no mundo com incapacidade para ouvir. Estudos epidemiológicos não encontraram danos auditivos em população exposta a $L_{eq,24h}$ menor que 70dB(A) (WHO, 1999).

O incômodo com o ruído é a resposta de experiências pessoais e tem sua base na natureza indesejada de alguns sons, na atividade que está sendo afetada ou interrompida pelo ruído, nas reações psicológicas ao ruído e nas respostas dadas ao significado de mensagens trazidas pelo ruído. Por exemplo, o som escutado à noite pode ser mais incômodo do que de dia, assim como um som que se assemelha a outro som que o indivíduo não gosta pode ser especialmente incômodo. Um som que não tem previsão de ser extinto é mais incômodo que aquele temporário. O som, que tem sua fonte visível, pode ser mais incômodo do que quando a fonte sonora está escondida. Um som novo pode ser menos incômodo. O grau e a duração do incômodo que produz rejeição ou ação contra determinados ruídos dependem de muitos fatores (DAVIS, CORNWELL, 1985).

Sons que são agradáveis para algumas pessoas podem ser desagradáveis para outras. Os sons de música podem ser divertidos para alguns, mas outros já os consideram lesivos, por isso não se deve ouvir nenhuma música muito alta, pois esta atitude obriga o vizinho a ouvir o que talvez não o agrade e até o irrite bastante. Então, para um som ser classificado como barulho, este deve ser julgado pelo ouvinte. A percepção do som, portanto, representa uma questão extremamente subjetiva. Muitas vezes a condição psico-social torna-se determinante quanto ao incômodo ou não, pois a diferença entre ruído e som, na maioria dos casos, é uma questão individual e, em alguns casos, até cultural.

Mota (1997) afirma que a poluição sonora resulta, portanto, em prejuízos à saúde e bem-estar do homem, com efeitos que podem ser físicos, psicológicos, sociais ou econômicos.

Quanto ao ruído de tráfego viário, alguns se incomodam devido à intensidade, enquanto outros se incomodam quanto à frequência. Ouvir um ônibus pode ser mais desagradável do que ouvir um avião sobrevoando. Ouvir uma ambulância ao invés de uma sirene de bombeiros pode ser devastador para uns

e indiferente para outros, mesmo que seja em baixa intensidade. O som de uma sirene de polícia poderá remeter a uma experiência desagradável do passado e causar um incômodo maior do que a do carro dos bombeiros e vice-versa. Há pessoas que se incomodam com o ruído da prática esportiva dos autódromos, mesmo que comprovadamente em sua vizinhança os níveis de ruído sejam muito baixos, contudo, o efeito pernicioso do zumbido da corrida os incomoda.

A legislação não prevê incômodo quanto à frequência e sim quanto à intensidade, por ser mais objetivo. Muitas das conseqüências perniciosas da poluição sonora são produzidas, inclusive, de modo sorrateiro, sem que a própria vítima se dê conta, por isso é tão perigosa. Calcula-se que um indivíduo normal precisa gastar, aproximadamente, 20% de energia extra para realizar uma tarefa, sob efeito de um ruído perturbador intenso (SILVA, 2002).

Pessoas com boa saúde, explica o neurologista Foster Kennedy, poderão adaptar-se às influências daninhas do ruído, sem perceber o desperdício de energia e a evasão de potencialidade que isso lhes custa. A capacidade do organismo para se adaptar a barulhos de variadas espécies não implica poupança do sistema nervoso. É tal o perigo do som poluído que Beltran, professor da Universidade de Buenos Aires, chegou a notar anormalidades anatômicas nos recém-nascidos em conseqüência da estrepitosa modalidade do ambiente em que vivemos (CARNEIRO, 2002).

Uma outra característica humana é a proteção natural aos eventos sonoros, que se dá quando o ser humano é previamente avisado que tal ruído ou sons elevados vão acontecer. Existe uma defesa psicológica que prepara o indivíduo para a exposição, mas o efeito contrário se dá exatamente quando é inesperado. Quando o indivíduo encontra-se desatento e/ou dormindo, comumente é considerado como som intrusivo. É extremamente desagradável, pois ele é tomado pela surpresa e não tem tempo de armar sua defesa natural. Por isso deve-se preservar o direito de descanso das pessoas, quando estas dormem, a fim de protegê-las dos efeitos que talvez poderão ser considerados mais delicados (RELACUS, 2005).

O ouvido é o único órgão dos sentidos que jamais descansa, sequer durante o sono. Com isso, os ruídos urbanos e os vicinais são os motivos pelos quais, durante o sono, o cérebro não descansa como as leis da natureza exigem. Por isso, o problema dos ruídos excessivos não é apenas de gostar ou não; é, na atualidade, uma questão de saúde.

4. Impactos dos Transportes

O assunto é bem mais antigo do que se pensa. O Imperador César (101-44, AC) em seu *Senatus Consultum* (decreto do Senado) determinou que “Nenhuma espécie de veículo de rodas poderia permanecer dentro dos limites da cidade (Roma), do amanhecer à hora do crepúsculo; os que tivessem entrado durante a noite deveriam ficar parados e vazios à espera da referida hora” (HAILEY, 1971) O

poeta Martial (40-104 DC) reclamava dos ruídos da cidade romana durante a noite; dizia que “não podia dormir porque tinha Roma aos pés da cama” (SANTOS, 2004).

A maior parte das pessoas, sobretudo quem trabalha e/ou habita nas cidades, vive um dia-a-dia agitado, sujeito a altos níveis de ruído, na maior parte dos casos muito superiores ao recomendado. Essas fontes de ruído estão ligadas tanto ao progresso tecnológico como aos hábitos de vida e lazer modernos; além do barulho que cada um próprio gera, o ambiente é, do ponto de vista sonoro, cada vez mais agressivo. Automóveis, comboios, metrô, trens, aviões e veículos motorizados de duas rodas e até as obras que proliferam constituem, sem dúvida, as fontes de ruído que mais atormentam.

A interferência do ruído com o repouso, descanso e sono é a maior causa de incômodo e a pior intervenção se dá na forma de ruído intermitente, como por exemplo: passagem de veículos pesados, de aviões e de trens próximos às habitações.

Pesquisas constataam que os automotores são responsáveis por até 80% do total de ruído existente nas grandes metrópoles, variando não só com a maior ou menor participação de automóveis e caminhões, mas também com a declividade das ruas, paradas e arranques nos cruzamentos, obstáculos dispostos lateralmente, taludes, arrimos etc., interagindo com a morfologia espacial.

Cerca de 80% da população que vive em um ambiente urbano está sujeita a níveis de ruído acima dos 65 dB(A), provindos, principalmente, do tráfego, e 10% estão expostos a valores acima dos 75 dB(A) (MANZANA, 1998).

Yoshida *at alli* (1997) estudou o efeito do ruído de tráfego nos habitantes de Tóquio. Quinhentas mulheres com idade entre 20 e 60 anos, residindo próximo à principal estrada da cidade foram pesquisadas. O resultado da pesquisa sugere que o ruído de tráfego tem um efeito deletério sobre a saúde dos residentes expostos. O nível de ruído crítico seria entre 65dB(A) e 70dB(A), pois há um aumento nas respostas relativas a sintomas e histórico de doenças.

Em Curitiba foi feita uma pesquisa coordenada por Zannin *at alli* (2002), que analisou as reações de incômodo da população frente ao ruído urbano, assim como diagnosticou as principais fontes sonoras causadoras desse desconforto. Observou-se que o trânsito é a principal fonte de ruído identificada (73%), mas os ruídos gerados pela vizinhança são mais significativos para a comunidade (figura 2).

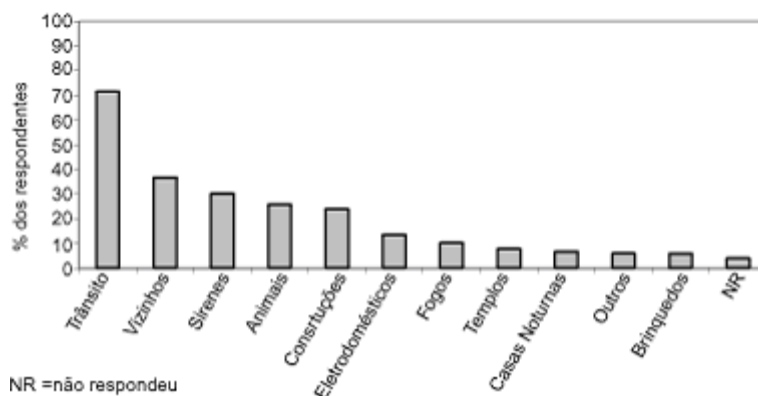


Figura 2 – Respostas à pergunta: “Quais são os ruídos que incomodam?”

Fonte: ZANNIN *at alli*, 2002

O trânsito é, portanto, o grande causador do ruído na vida das grandes cidades. As características dos veículos barulhentos são: o escapamento furado ou enferrujado, as alterações no silencioso ou no cano de descarga, as alterações no motor, os maus hábitos ao dirigir, acelerações e freadas bruscas, o uso excessivo de buzina e o atrito dos pneus ou dos trilhos. Nas principais ruas de uma metrópole os níveis de ruído são altíssimos, o que explica por que os motoristas profissionais são os principais alvos de surdez adquirida. Em Salvador, de acordo com a pesquisa efetuada por Souza (1991), os níveis de ruído nas vias encontram-se acima dos padrões fixados pela NBR 10.151 (ABNT, 1987), enquadrando-se nas faixas entre 70 e 90dB(A), portanto, em níveis de incômodo. Segundo a mesma pesquisa, os índices de ruído urbano caracterizados pelo tráfego rodoviário variam em função da hierarquia do sistema viário.

Por outro lado, vias destinadas ao tráfego intenso são ocupadas, progressivamente, em suas laterais e vizinhanças por edificações cuja destinação requer silêncio, via de regra sem maiores adequações quanto ao tratamento acústico, no que diz respeito ao ruído gerado por veículos. Isso poderia ser facilmente resolvido caso houvesse uma legislação que obrigasse as construtoras a implantarem esquadrias e paredes com um nível maior de isolamento acústico. (CARRIÓN, 1998).

Em medições feitas recentemente na cidade de São Paulo, constatou-se que o barulho é algo constante no cotidiano do paulistano que habita em uma das metrópoles mais ruidosas do mundo. Elementos como o tráfego, a buzina, obras e celulares aumentam a poluição sonora no meio urbano. Comparações feitas entre ruas movimentadas de diversas metrópoles demonstram que a Avenida Paulista (79dB) encontra-se atrás apenas da *Times Square* de Nova York (80dB). (COSTA, 2004).

Do ponto de vista morfológico, observa-se que o ruído resultante de diferentes fluxos de veículos pode ser alterado pelas reflexões sonoras que ocorrem nas edificações laterais. Isso demonstra que a inadequação do planejamento viário e da legislação do uso do solo pode e tende a agravar o ruído proveniente do tráfego, à medida que a cidade se adensa ao longo das vias principais.

O problema maior ocorre em vias que, não sendo planejadas para a absorção do aumento constante de veículos em seu trajeto, tais como vias locais ou de simples acesso a áreas silenciosas, vão sendo transformadas em corredores de tráfego, ao serem olhadas pelo gerenciamento público apenas como canal de tráfego, e não como um dos elementos estruturadores da vida no espaço do bairro, perdendo a oportunidade de receberem tratamentos técnicos mais adequados do ponto de vista acústico. Assim, cada veículo em movimento emite sons que ao longo das vias se superpõem ao ruído dos diversos veículos com diferentes velocidades, acelerações e posições na via, formando ondas sonoras que se refletem sucessivamente nos elementos físicos do espaço urbano, contribuindo para o aumento da intensidade do ruído nesses espaços (SOUZA, 1991). Normalmente o que existe é uma desvinculação entre as diretrizes de um planejamento viário que leve em conta a proteção contra o ruído de tráfego nos espaços lindeiros e os requerimentos tecnicamente embasados em estudos mais aprofundados da realidade.

A preocupação e os estudos relativos ao ruído do tráfego ferroviário são recentes em relação ao ruído de origem rodoviária, principalmente, devido à menor participação modal da ferrovia nos transportes em geral e da falta de uma legislação específica que exija o desenvolvimento de estudos e medidas de controle dos níveis de ruído gerado pelo tráfego de trens. A crescente utilização do modo ferroviário nos sistemas de transporte de massa dos grandes centros urbanos, fazendo uso extensivo de estruturas elevadas, tem levado o público a uma maior exposição a esse tipo de ruído e, conseqüentemente, a uma reação de incômodo, provocando assim um alerta para o problema. Dessa forma, a partir de 1976, têm sido desenvolvidas pesquisas cada vez mais aprofundadas a esse respeito na Europa, nos Estados Unidos e no Japão (BRASIL, 1988b).

A maioria das pesquisas que estudam o ruído de tráfego foca o tráfego rodoviário, ou seja, ainda é restrito o conhecimento a respeito dos efeitos na saúde do ruído provocado por diferentes fontes sonoras ocorrendo simultaneamente, como é o caso de um ônibus e um metrô. Na Suécia, foi feita uma pesquisa em uma área residencial que analisou essa questão. Foi calculada a exposição em locais próximos a rodovias e ferrovias, objetivando avaliar inúmeros efeitos desfavoráveis na saúde e esclarecer os possíveis impactos provenientes da exposição de duas fontes sonoras. Um total de 1.953 pessoas residentes no local exposto a esses ruídos por pelo menos 6 meses foram responsáveis pelos resultados da pesquisa, e programas de GIS foram utilizados como ferramentas. Foi possível demonstrar que o ruído ferroviário provoca um incômodo significativamente maior que o rodoviário, com uma diferença de 10%. Os efeitos negativos mais comuns diagnosticados por ambas as fontes foram distúrbios no sono e dificuldade de relaxar durante o dia; no entanto, o ruído de trens foi identificado como responsável por interferir mais em todas as atividades analisadas, especialmente, na comunicação eficaz, tanto internamente quanto no ambiente externo (OHRSTROM, 2005).

Isso pode ser justificado pela irregularidade do ruído ferroviário, pois o NPS gerado no momento de partida e de chegada é superior ao NPS provocado durante o trajeto. Os ruídos intermitentes ou irregulares são geralmente considerados mais perturbadores do que os de intensidade e altura constantes (BRASIL, 1988b).

Em medições mais recentes, a equipe do Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes (CEFTRU) da Universidade de Brasília (UNB), em 2004, constatou que o NPS do metrô de Brasília (similar ao de Salvador) está acima do estipulado por norma. Observou-se que os níveis de ruído gerado pela frenagem dos trens são extremamente elevados, especialmente se relacionados com o limite máximo estabelecido pela norma de 85dB(A), chegando a ultrapassar em até aproximadamente 14dB(A).

O fato de o Metrô utilizar rodas metálicas como material rodante torna-o um dos modos de transporte terrestre mais ruidosos, devido ao atrito do metal das rodas com o trilho, também metálico, e também com as pastilhas de freios, especialmente quando se trata da frenagem dos carros (CEFTRU, 2004). No entanto, o ruído gerado pelo motor elétrico do metrô é desprezível perto do contato roda-trilho.

Um estudo feito na Suécia, que investigou os reflexos na saúde dos cidadãos causados especificamente por transportes sobre trilhos, comprovou, após distribuir questionários a 1.016 pessoas, que a exposição ao ruído se relacionava com questões como incômodo, distúrbios no sono, perda de concentração, dores de cabeça e fadiga. A finalidade dessa pesquisa foi associar o ruído calculado com as respostas da comunidade (BLUHM e NORDLING, 2005).

A crescente manifestação das pessoas em relação ao ruído ferroviário tem levado os órgãos responsáveis pelo transporte ferroviário em diversos países a tomarem medidas de previsão e controle do ruído (BRASIL, 1988).

Portanto, o estudo dos fatores que influenciam a geração de ruído, bem como a adoção de medidas atenuadoras acústicas tornam-se importantes ao objetivar reduzir o ruído na fonte geradora, podendo assim tornar o modo de transporte metroviário mais confortável tanto para os seus usuários quanto para funcionários, como também para as pessoas que vivem próximas à linha do metrô.

5. Transporte Sustentável

A idéia de transporte sustentável remete ao conceito de justiça social, onde haja opção para todos os níveis hierárquicos, a acessibilidade e a qualidade possam atrair o público para a utilização do transporte comunitário e onde a saúde e a segurança, tanto individual quanto global, possam ser preservadas. Deve contribuir para a eficiência energética e combater a emissão de agentes poluidores, sonoros e atmosféricos.

Cabe ao Estado proporcionar opções seguras de transporte, no que se refere às vias, ao meio de transporte e à segurança pública propriamente dita, melhorar a qualidade do sistema de transporte

público, investir em novas alternativas, enfim, possibilitar ao indivíduo modificar e alternar sua forma de locomover-se dentro de uma cidade, o que certamente reduzirá uma série de impactos, como poluição atmosférica e sonora, congestionamento, acidente, vibração e estresse. O trabalho de profissionais de diversas áreas para a construção de um futuro sustentável é essencial, pois apenas com a associação de diferentes tipos de esforços será possível uma relação harmoniosa entre o meio ambiente natural e o construído, o que trará inúmeros benefícios para a sociedade como um todo.

Um novo tipo de ocupação do solo associado a tipologias diferentes de transportes que busquem economizar energia e capital, a combinação de modos, o gerenciamento de demandas, a diversificação e a oportunidade de escolha devem servir de base para qualquer ajuste referente à circulação, o que se pode chamar de transporte sustentável. Este é um caminho coerente em direção ao equilíbrio do meio urbano e à qualidade de vida em uma cidade. Os sistemas de transportes devem ser projetados e operados de forma que atendam bem a todos, protejam a saúde e segurança de todos, as edificações devem estar protegidas do barulho e as vias devem ser projetadas de forma que reduzam a propagação do som.

Muitas das referências que estão citadas neste trabalho provêm da Direção Geral do Ambiente de Portugal (DGA), que juntamente com a então Direção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano (DGOTDU) tem publicado muitos trabalhos com alto grau de fundamentação. Segundo a DGA (2001b), na Avaliação do Impacto Ambiental (AIA), a previsão e avaliação dos potenciais efeitos do ruído de atividades ruidosas permanentes pode ser esquematizada recorrendo a um modelo conceitual em 6 passos, como segue: Identificação de impacto no descritor ruído, Descrição do ambiente acústico no local, Identificação de critérios de avaliação, Previsão de impactos, Avaliação de impactos, Adoção de medidas de minimização. A pós-avaliação deve incluir uma monitorização de ruído, cuja periodicidade depende das características do projeto e da ocupação da vizinhança.

Existem diversas formas de atenuação acústica para as vias de tráfego, e o planejamento urbano deve avaliar a que melhor se adapta a cada situação. Essas sugestões estão esquematizadas na Figura 3.

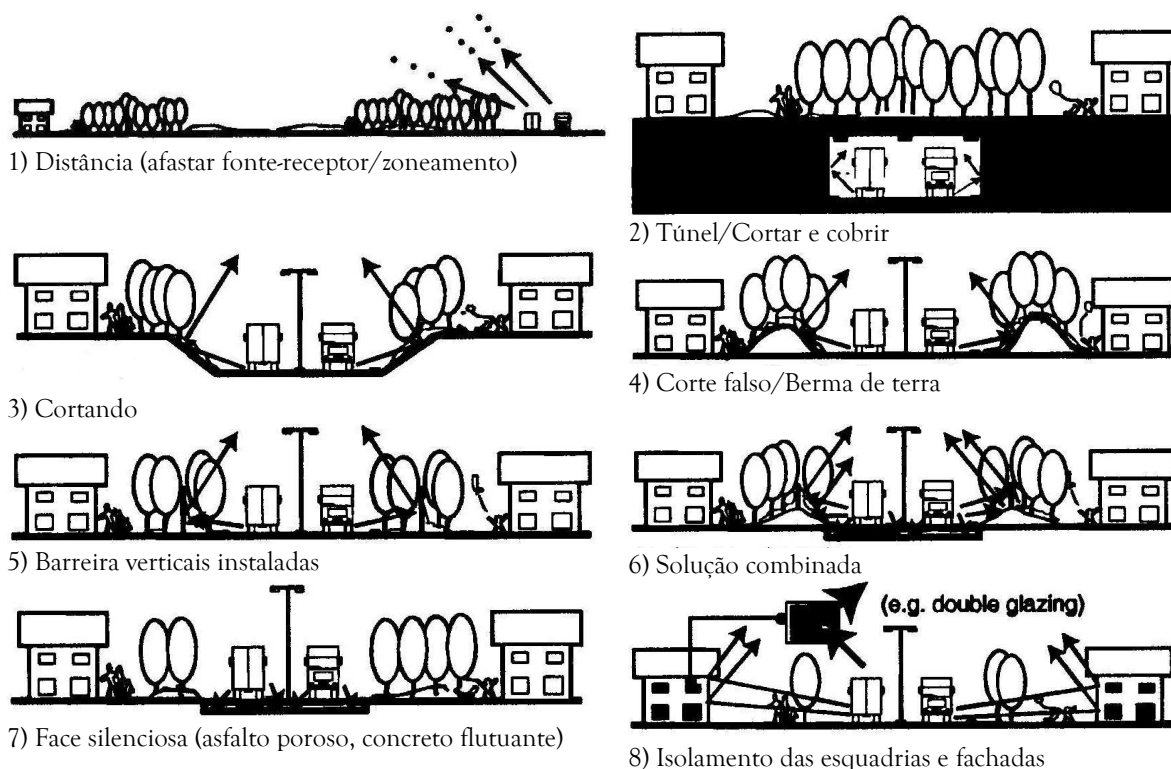


Figura 3 – Exemplos de atenuação acústica em um ambiente urbano
 Fonte: SANCHIDRIÁN, 2001

A NBR 14.313 (ABNT, 1999) estabelece as condições exigíveis para os materiais e para a instalação de barreiras acústicas e define barreira acústica de via de tráfego como um elemento de proteção contra ruído ao longo de vias de tráfego urbano, construídas à semelhança de paredes e levantadas entre a via e as áreas a serem protegidas (Figuras 4 a 7). A Norma esclarece também que os revestimentos colocados a fim de reduzir as reflexões sonoras são vistos também como barreiras acústicas.



Figura 4 - Barreira acústica metálica 1
 Fonte: SOMAX, 2006



Figura 5 - Barreira acústica de acrílico transparente
 Fonte: PAZOS, 2004



Figura 6 - Barreira acústica de elemento pré-fabricado de betão leve com aplicação ondulada

Fonte: MAXIT, 2007

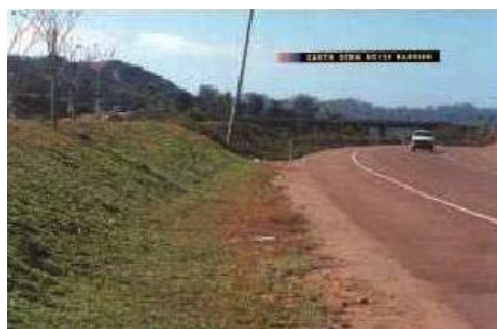


Figura 7 - Barreira acústica construída com berma de terra

Fonte: PAZOS, 2004

As próximas imagens da figura 8 representam obras de barreiras acústicas de vias rodoviárias executadas em Portugal por uma única empresa, denominada Complage (2007). É interessante observar a variedade de acabamento estético e aplicação desse elemento que tanto protege as edificações envolventes. Em muitos países o elemento “barreira acústica” já é inerente ao desenvolvimento urbano, e muito comum entre as edificações e rodovias ou ferrovias.



Figura 8 – Barreiras acústicas de rodovias com interessante resultado estético

Fonte: Complage (2007)

Quanto à estanqueidade sonora, o ruído de tráfego é atenuado em pelo menos 25dB(A) quando da passagem através do material da barreira acústica (ABNT, 1999).

A preocupação com o ruído no licenciamento de novas instalações é focalizada no projeto e no espaço circundante da instalação. Na maior parte das situações não é exigível a utilização de um modelo

de previsão para quantificar os níveis sonoros associados ao funcionamento da instalação. O projeto acústico das edificações onde a atividade ficará instalada (se aplicável) é exigido. Sempre que ocorra impacto nas proximidades, há que incluir a obrigatoriedade de adotar medidas de controle de ruído para o exterior. A verificação de isolamentos sonoros produzidos para o exterior tem que ser efetuada antes da atribuição da licença ou autorização definitiva das atividades. A licença ambiental deve prever monitorização de ruído (DGA, 2001b).

Cabe ao cidadão conscientizar-se de que o individualismo pode levar à destruição total dos bens naturais. Torna-se necessária uma mudança de hábitos que possam ser considerados prejudiciais à livre circulação do meio urbano, assim como a cobrança de uma melhor qualidade dos sistemas de transportes públicos, para que esses não gerem outros problemas, como é o caso da implantação de um metrô, que, apesar de trazer inúmeros reflexos positivos para a mobilidade, pode provocar outros impactos negativos, como é o caso da poluição sonora.

Para uma melhor eficiência, barreiras acústicas devem ser construídas próximas às fontes de ruído e aos observadores. Em geral, quanto maior a proximidade da fonte e do observador em relação à barreira, melhor sua eficiência (PAZOS, 2004). No caso do metrô, não existe nenhuma dificuldade que impeça a barreira de ser instalada bem próxima à fonte sonora, que no caso é o contato roda-trilho. Pode-se observar alguns exemplos para ilustrar essa solução nas figuras 9 a 10.



Figura 9 – Barreira instalada em um trecho específico
Fonte: SOMAX, 2006



Figura 10 – Barreira para metrô em Portugal
Fonte: Complage, 2007

Os transportes urbanos sobre trilhos devem ser analisados não apenas do ponto de vista empresarial. Há que se quantificar os benefícios públicos que eles proporcionem: redução da poluição atmosférica, redução do tempo de viagem, da frota de ônibus e de acidentes.

6. Conclusão

A sociedade industrial trouxe um incremento de atividades que geram um aumento do nível de ruído, especialmente nas grandes cidades, e com ele o aparecimento de uma nova contaminação do meio-ambiente: a acústica. O aumento de circulação de veículos, da potência dos mesmos, a proliferação de tráfego aéreo e sobre trilhos próximos de núcleos urbanos, o maior uso da maquinaria industrial, o incremento de ruído nas atividades de diversão, a incorporação dos aparatos elétricos nos lugares, entre outros, provocam um aumento de ruído e, portanto, uma agressão ao meio ambiente. Atualmente, o ruído é uma das perturbações que mais afetam os seres vivos, tanto de dia quanto de noite, e tanto no exterior quanto no interior das residências e locais públicos e pode ocasionar doenças tanto fisiológicas quanto psicossomáticas.

Como a situação atual já provoca muitos reflexos na saúde por estar acima dos parâmetros das normas existentes, qualquer aumento do NPS incrementará ainda mais os efeitos negativos, tanto fisiológicos quanto psicológicos.

Além de atrapalhar as atividades normais, a poluição sonora pode causar diversos danos à saúde e tem reflexos em todo o organismo e não apenas no aparelho auditivo, que vão de uma simples dor de cabeça ao enfarte. O parâmetro de 55dB(A) da OMS se refere ao ruído contínuo em ambientes externos e objetiva proteger a maioria das pessoas de terem sérios problemas relacionados ao ruído. O guia para o ruído comunitário relata também que, ao se expor a NPS acima de 50dB(A), a população já sente efeitos negativos moderados (WHO, 1999).

É importante não se acomodar com o ruído existente atualmente e buscar formas de atenuar o ruído rodoviário que é a principal fonte de ruído do ambiente urbano. As formas de mitigação do ruído proveniente dos modos de transporte são mais simples para transporte ferroviário, pois este possui um caminho pré-determinado marcado pelos trilhos e possui menos interferências.

O planejamento, a implantação e a operação dos sistemas de transportes, bem como os caminhos que levam ao planejamento do transporte sustentável representam uma forma de acelerar uma mudança ambiental positiva, capaz de reduzir a poluição sonora causada pelo excesso de modos de transportes ruidosos circulando na cidade.

Para obter ambientes essencialmente humanizados é necessário encontrar formas de equilíbrio entre os ambientes externos e internos, onde o controle dos sons esteja contido na base teórica de uma arquitetura, que tenha como princípio contribuir para a melhoria das condições de vida do homem em seu ambiente natural ou construído, porque não é justo que o progresso tecnológico se apóie em bases de degradação do homem e do seu meio.

É possível progredir sem reduzir a qualidade de vida do ser humano, porque, no que diz respeito à poluição sonora, considera-se que o barulho não é contingência do progresso ou mal inevitável para uma cidade garantir o seu desenvolvimento, pois os níveis de ruído podem ser contidos e reduzidos, desde que haja interesse da sociedade e do poder público em combatê-los. É indispensável, no entanto, persistência no sentido do cumprimento dessas leis, a exemplo de países como França, Japão e outros, onde o ruído ambiental passou a incomodar menos a população.

Portanto, caso não haja a inserção de medidas mitigadoras, os reflexos na saúde da população serão intensificados. É importante que a articulação da edificação com o espaço urbano deva ser feita levando-se em conta a questão do ruído ambiental e considerando os diversos reflexos psicofisiológicos na população, ou seja, trata-se de uma questão social que deve ser amplamente discutida.

Na busca de soluções para o problema da acústica ambiental, é importante tratar a questão como um conjunto de elementos responsáveis pela situação, pois não há como detectar uma única fonte de ruído. Deve-se vincular as diretrizes do planejamento viário com as necessidades de proteção contra o ruído de tráfego nos espaços lindeiros, adotando, quando necessário, medidas mitigadoras. O metrô resolve uma série de questões da mobilidade urbana, mas deve ser implantado de uma forma consciente para não gerar impactos negativos capazes de prejudicar a saúde humana, como é o caso da poluição sonora.

Para tentar resolver toda a problemática que gira em torno dos transportes, deve-se trabalhar com um conceito de interdisciplinaridade e interdependência, pois soluções isoladas têm pouca influência, enquanto propostas complementares, elaboradas a partir da aglutinação de diversas áreas que convergem para um mesmo propósito, podem alcançar níveis onde se vislumbra a existência do imprescindível desenvolvimento sustentável ou eco-desenvolvimento.

Acredita-se que ser cidadão é entender que não se está só no mundo, é saber respeitar o próximo e o meio ambiente, é constituir e ser constituído, é pertencer a uma sociedade de forma atuante e digna, é preservar o presente prevenindo-se contra um futuro impraticável, é ser realista e honesto, é, acima de tudo, amar a sua vida e a dos outros seres. Se cada um e cada instituição contribuir para a redução do ruído em seu ambiente, cada órgão do próprio corpo, assim como das demais pessoas ao seu redor, estará sendo beneficiadas.

Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151:** Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 13068:** Ruídos interno e externo em carro metropolitano. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR 14313:** Barreiras acústicas para vias de tráfego - Características construtivas. Rio de Janeiro, 1999.

..... **NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico.** Rio de Janeiro, 2000.

ARAÚJO, José de Jesus. **Avaliação do impacto provocado pelo ruído de tráfego em vias arteriais.** 2006. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2006.

BENTO COELHO, J. L.; ALARCÃO D. Noise mapping and noise abatement plans in large cities in Portugal. In: THE 2005 INTERNATIONAL CONGRESS AND EXPOSITION ON NOISE CONTROL ENGINEERING - INTER-NOISE, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sobrac, 2005.

BELOJEVIC, G.; JAKOVLJEVIC, B. Subjective reactions to traffic noise with regard to some personality traits. **Journal of Environment International**, v. 23, n. 2, 1997.

BLUHM, Gosta; NORDLING, Emma. Health Effects of noise from Railway Traffic: The HEAT Study. In: THE 2005 INTERNATIONAL CONGRESS AND EXPOSITION ON NOISE CONTROL ENGINEERING - INTER-NOISE, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sobrac, 2005.

BRASIL, Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 02 set. 1981.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Cria a obrigatoriedade de realização de EIA/RIMA para o licenciamento de atividades poluidoras. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1986.

BRASIL, Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. MINISTÉRIO DA HABITAÇÃO E MEIO AMBIENTE; EBTU-EMPRESA BRASILEIRA DOS TRANSPORTES URBANOS. **Manual operacional de avaliação dos impactos ambientais de projetos de transportes urbanos.** Brasília, 1988.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 001, de 08 de março de 1990. Estabelece padrões para a emissão de ruídos no território nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1990a.

BRASIL. Resolução nº 002, de 08 de março de 1990. Institui o programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora - Silêncio. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1990b.

CARNEIRO, Waldir de Arruda Miranda. **Perturbações Sonoras nas edificações urbanas** - Ruído em edifícios, Direitos de vizinhança, Responsabilidade do construtor, Indenizações - Doutrina, Jurisprudência e Legislação. 2. Ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2002.

CARRIÓN, Antoni. **Diseño acústico de espacios arquitectónicos.** España: Edicions UPC, 1998.

CEFTRU - CENTRO DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM TRANSPORTES. **Relatório Final do Metrô do Distrito Federal.** Brasília, 2004.

COMPLAGE, Construções e Projetos S.A. **Barreiras acústicas.** Disponível em: <<http://www.complage.com/>> Acesso em: 28 abr. 2007.

COSTA, Alberto Paim da. Avaliação de ruído de fundo ou ambiente em alguns pontos em SP. São Paulo: Veja. São Paulo: Abril, ano 37, n. 29, p. 12-18, jun. 2004.

CREMONESI, J. Fernando. **Ruído urbano, uso e ocupação do solo**. 1985. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.

DAVIS, Mackenzie; CORNWELL, David. **Introduction to environmental engineering**. 2nd. ed. USA: McGraw-Hill, 1985.

DGA - DIREÇÃO GERAL DO AMBIENTE; DGOTDU - DIREÇÃO GERAL DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E DESENVOLVIMENTO URBANO. **Elaboração de mapas de ruído: princípios orientadores**. Portugal, 2001a.

DGA - DIREÇÃO GERAL DO AMBIENTE. **Notas para avaliação de ruído em AIA e em licenciamento**. Portugal, 2001b.

EVEREST, F. Alton. **The master handbook of acoustics**. Second edition, USA: Synergy Group, 1994.

GERGES, Samir N.Y. **Ruido, fundamentos y control**. Florianópolis: Copyright, 1998.

GONÇALVES, Anastácio Pinto. **Análise do incômodo causado pelo ruído urbano em logradouros da cidade de Feira de Santana, Bahia**. 2003. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2003.

HAILEY, Arthur. **Automóvel**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1971.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2000**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 04 de jul. 2005.

JOSSE, Robert. **La acústica en la construcción**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1975.

KATAGIRI, A. *et alli*. Análise do nível de ruído interno do metrô do Distrito Federal. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE-ANPET, XVII., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPET, 2003.

LAGE, Jacqueline de Toledo. Atenuação de ruídos e vibrações da Linha 5: Capão Redondo-Largo Treze. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA-SOBRAC, XX., 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sobrac, 2002.

MANZANA, Antonio Calvo (Coord.). **El ruido en la ciudad, gestión y control**. Sociedad Española de Acústica, 1998.

MEDEIROS, Luana Bernardines. **Ruído: efeitos extra-auditivos no corpo humano**. 1999. Monografia (Especialização em Audiologia Clínica) - Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica-CEFAC. **MOTA, Suetônio**. Introdução à engenharia ambiental. **Rio de Janeiro: ABES, 1997**.

..... Urbanização e meio ambiente. **Rio de Janeiro: ABES, 1999**.

OHRSTROM, Evy et al. Effects of simultaneous exposure to noise from road and railway traffic. In: THE 2005 INTERNATIONAL CONGRESS AND EXPOSITION ON NOISE CONTROL ENGINEERING - INTER-NOISE, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sobrac, 2005.

PAZOS, Daniel. **Avaliação do desempenho do método de raios para cálculo da perda por inserção de barreira acústica sobre piso refletor**. 2004. 144 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.

RELACUS. Empresa especializada na área de acústica. Apresenta textos sobre Acústica. Disponível em: <<http://geocities.com/relacus>>. Acesso em: 15 fev. 2005.

SANCHIDRIÁN, César Diaz. **Propagación del sonido al aire libre**. Madri: E.T.S. de Arquitectura - Universidad Politécnica de Madrid (UPM), 2001.

SANTOS, Valdízio Soares dos. **Gestão da poluição sonora provocada pelo trânsito urbano no parque do Dique do Tororó utilizando ferramentas de GIS para tratamento da componente espacial**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia UFBA. Salvador, 2004.

SANTOS, Ubiratan (Coord.). **Ruído, riscos e prevenções**. 3. Ed., São Paulo: Ed. Hucitec, 1999.

SILVA, Pérides. **Acústica arquitetônica & condicionamento de ar**. 4. Ed. Belo Horizonte: EDTAL, 2002.

SOMAX, Ambiental e Tecnologia. **Barreiras acústicas**. Disponível em: <http://www.somaxbrasil.com.br/acustica_produtos_barreiras.html> Acesso em: 05 dez. 2006.

SOUZA, Maria das Graças. **Ruído, tráfego e morfologia viária: "o caso de Salvador"**. 1991. 125 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia UFBA. Salvador, 1991.

SOUZA, Fernando Pimentel. **A poluição sonora ataca traiçoeiramente o corpo**. Belo Horizonte: Meio Ambiente em Diversos Enfoques - Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 1992.

SOUZA, Fernando Pimentel. Efeito do ruído no homem dormindo e acordado. **Revista acústica e vibrações**, n. 25, 2000.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for community noise**. Geneva, 1999.

YOSHIDA, T. *et al.* Effects os road traffic noise on inhabitants of Tokyo. **Journal of sound and vibration**, v. 205, n. 4, 1997.

ZANNIN, Paulo Henrique Trombetta. *et al.* Incômodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba. **Revista Saúde Pública**. Paraná, v.36, n.4, 2002.

Resumo

Este artigo objetiva desenvolver e divulgar conhecimento acerca do impacto sonoro na saúde da população e propõe-se a fazer uma análise do ruído emitido pelos transportes, que se caracterizam como fontes sonoras móveis, deslocando-se pela cidade e provocando efeitos negativos na população. No Brasil, raros são os trabalhos que tratam sobre os impactos negativos dos transportes relacionados ao ruído, existindo uma demanda representativa de estudos capazes de divulgar a importância do tema. Atualmente o nível de ruído ambiental já supera os níveis saudáveis e esse diagnóstico tem relação direta com a localização e com a função de cada edificação. Portanto, qualquer acréscimo já pode ser considerado impacto e medidas atenuantes devem ser adotadas nas vias de tráfego rodoviário e ferroviário. Esse estudo representa uma preocupação com a qualidade de vida daqueles que trabalham ou habitam nas zonas próximas às avenidas de tráfego intenso ou à linha do metrô e busca prevenir futuros problemas.

Palavras-chave: Ruído urbano. Poluição sonora. Acústica ambiental. Impacto sonoro. Transporte sustentável.

Abstract

This article aims to develop and spread knowledge about the resonant impact in the health of the population and is proposed to do an analysis of the noise that has been produced of the transportations, characterized like resonant movables sources, which moves through the city and can provide negative reflexes in the population. In Brazil, rare are the works that negotiate on the negative impacts related to noises, where there is a representative demand of studies able to publish this subject. Nowadays the current noise level already surpasses the healthy levels having straight relation with the location and the function of each building. So, any addition can already be considered an impact and extenuating measures must be adopted to the highway and railway traffic. This study represents a preoccupation with life quality of those who work or live in the near zones with noise pollution and looks for prevention of future problems.

Keywords: Urban noise. Noise pollution. Environment acoustics. Sound impact. Sustainable transportation.