

O QUE É E COMO SE FAZ UM MAPA ESTRATÉGICO DE RUÍDO

Elcione M. Lobato de Moraes

Universidade da Amazônia – Unama e Instituto de Acústica de Madri -CSIC.

Av. Alcindo Cacela, 287 - 66060-902 - Belém/PA - Fone: (91) 4009-3000

e-mail: elcione@hotmail.com

RESUMO

Um mapa estratégico de ruído (MER) é uma ferramenta técnica que permite identificar os efeitos acústicos de uma infra-estrutura urbana (rua, avenida, estrada,...), servindo de base para a gestão desses efeitos, e serve também, para prevenir futuras zonas de saturação sonora. Entretanto, um estudo exaustivo do impacto acústico supõe a contemplação de uma infinidade de parâmetros, como o tipo de veículos, o tipo de motor, tipo de asfalto, edificações do entorno, condições meteorológicas, etc. Com o fim de simplificar esse processo recorre-se a métodos empíricos que permitam obter resultados válidos a partir de poucos parâmetros que caracterizam a fonte e o entorno. A modelação do ruído é uma ferramenta amplamente utilizada nos países desenvolvidos por prever o impacto do desenvolvimento urbano no ambiente acústico. Os métodos de análises utilizados para desenvolver desta aplicação são modelos de estudos de impacto acústico amplamente estendido, e a maioria desses programas comparte os mesmos métodos. Neste artigo tratamos de descrever o método simplificado de elaboração de mapas estratégicos de ruído.

ABSTRACT

A Strategic Noise Map (ENM) is a technical tool that allows to identify the acoustic effects on urban infrastructure (street, avenue, highway,...), serving as base for the management of those effects, and it also serves, to prevent future areas with acoustic saturation. However, an exhausting study of the acoustic impact supposes the contemplation of an infinity of parameters, as the type of vehicles, the motor type, asphalt type, constructions on around, meteorological conditions, etc. In order to simplifying that process it is appealed the empiric methods to allow to obtain valid results starting from few parameters that characterize the source and I spill. To model of the noise is a tool thoroughly used in developed countries by foreseeing the impact of the urban development in the acoustic environment. The methods of analyses used to develop of this application are models of studies of acoustic impact thoroughly extended, and most of those programs use the same methods. In this paper we look for described the simplified method of elaboration of the Strategic Noise Map.

1. INTRODUÇÃO

Um Mapa Estratégico de Ruído (MER) é um documento técnico que, aplicando uma série de indicadores acústicos, L_{den} , L_{dia} , L_{tarde} e L_{noite} , permite avaliar os níveis de ruído a que está exposta a população de uma determinada área ou algumas zonas de uso específico, tais como escolas e hospitais, sob efeito de fontes de ruído.

Um MER serve, também, para identificar, a partir das análises dos resultados, as zonas com maior ou menor grau de contaminação, a qual deve-se lutar para sua melhoria com planos de ação. Além disso,

um MER permite representar os níveis de ruído calculados em certas condições específicas que podem orientar no planejamento territorial urbano no futuro.

2. EXIGÊNCIA PARA OS MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUÍDO

Para poder abordar o problema do ruído é necessário estabelecer um indicador que “explique” adequadamente o grau de moléstia da população. Este indicador de moléstia (se possível um índice numérico) servirá de base para a avaliação do impacto e o estabelecimento de valores limite de emissão sonora que garantam uma determinada qualidade do ambiente sonoro. Além do que, para ser operativo, este índice deve ser fácil de operar e de interpretar.

A seleção do indicador e o procedimento que se vá utilizar na avaliação do ruído ambiental é uma questão decisiva, pois, esse indicador tem por finalidade avaliar as moléstias que o ruído produz na população, e dado o caráter subjetivo das mesmas, surgem numerosas discussões em quanto a validade dos indicadores como descritores das moléstias.

De todo modo, se pode adotar os indicadores do ruído ambiental para a elaboração de MER e planos de ação do controle do ruído que propõe a União Européia para o L_{den} e L_{noite} . Como para os países Estados Membros da UE, o dia dura 12 horas, a tarde 4 horas e a noite, 8 horas, a equação para o cálculo de L_{den} necessitar ser ajustada para a realidade brasileira.

Considerando que o dia dura 6 horas (de 6:00 às 12:00h), a tarde 6 horas (de 12:00 às 18:00h) e a noite dura 12 horas (de 18:00 às 24:00h) a equação para o cálculo do L_{den} ficando assim definida:

$$L_{den} = 10 \log \left(\frac{6 \cdot 10^{\frac{L_D}{10}} + 6 \cdot 10^{\frac{L_T+5}{10}} + 12 \cdot 10^{\frac{L_N+10}{10}}}{24} \right) \quad [\text{Eq. 01}]$$

L_{den} = nível sonoro médio determinado ao largo de todos os períodos diurnos, vespertinos e noturnos de um ano.

L_d = nível sonoro médio determinado ao largo de todos os períodos diurnos de um ano.

L_t = nível sonoro médio determinado ao largo de todos os períodos vespertinos de um ano.

L_n = nível sonoro médio determinado ao largo de todos os períodos noturnos de um ano.

Entretanto, o intervalo delimitado para cada período horário pode ser alterado de acordo com a necessidade ou condições de luz natural da zona em questão.

Quanto a representação dos MER, não existe uma norma que defina a escala e a forma de apresentar seus resultados adequados e claros. Depois de alguns estudos desenvolvidos pelos Estados Membros da UE, ficou claro o grau de detalhe que necessita cada MER. Assim, pode-se considerar que um MER deve ser desenvolvido em duas fases:

- Fase A – na escala 1:25.000 ou 1:20.000 para toda a área estudada;
- Fase B – na escala 1:5.000 para as zonas densamente urbanizadas com níveis de ruído importantes.

Esta forma de trabalho permite estudar qualquer ponto do território em questão, que sempre pode realizar-se ao menos na escala 1:25.000, podendo analisar com maior detalhe zonas de natureza urbana densa, quando isso seja necessário.

O conteúdo final de um MER pensado para responder aos diferentes requisitos, seria:

- Uma introdução que constaria de uns capítulos com a descrição da metodologia aplicada e as adequações em função das particularidades da área mapeada;
- Conjunto de mapas cartográficos, análises da população e das superfícies (indicadores sonoros, zonas afetadas, exposição nas fachadas);

- Análise dos resultados e priorização dos problemas acústicos detectados;
- Em anexo, as informações complementarias empregada no estudo.

Os Mapas de Indicadores Sonoros são a representação cartográfica, na escala de trabalho, dos indicadores sonoros resultantes dos cálculos.

Os Mapas de Zonas Afetadas representam as zonas da área em estudo donde o L_{den} é superior aos estipulados por norma, a partir dos quais se calculam as superfícies afetadas, incorporando dados de superfície de fachadas e população com L_{den} superiores aos tabelados.

Os Mapas de Exposição nas fachadas representam os níveis de ruído de exposição nas fachadas de uso simples (com população), a 4m de altura. Server de base para a estimativa da população exporta ao ruído, incorporando-se os dados de exposição da população ao plano. Os cálculos de ruído em fachadas só é importante para as zonas de detalhe (Fase B), motivo pelo qual, os níveis em fachadas são representados somente nos mapas de exposição da referida fase. Nos mapas da fase A (nas escalas 1:25.000 ou 1:20.000) se representam somente as tabelas correspondentes a cada zona de detalhe e toda a área em estudo na sua totalidade.

Também pode ser necessário realizar mapas adicionais informativos, que são incorporados aos anexos, tais como: planejamento urbano, uso do solo, zoneamento acústico, análises de identificações e inventários, trabalho de campo, correções sobre ortofoto, elementos de modelo, etc.

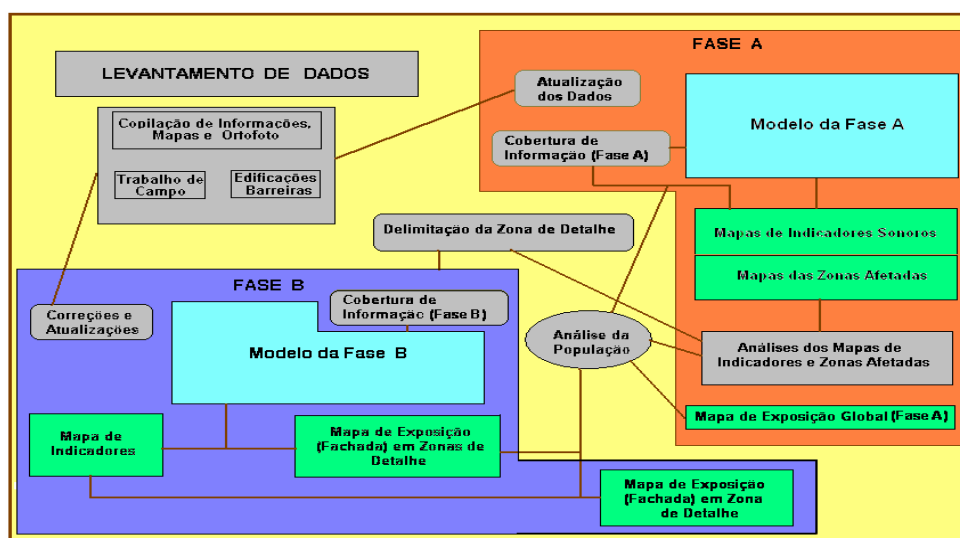
3. FORMA DE REALIZAR UM MAPA ESTRATÉGICO DE RUÍDO

A metodologia de elaboração do MER se baseia em:

- Um conhecimento adequado e profundo do entorno em estudo;
- A revisão e atualização das informações em ortofoto;
- A geração de um modelo informático tridimensional veloz e o cálculo de um programa acústico adequado;
- O gerenciamento e análise das informações geográficas, apoiado em um sistema SIG, como: uso do solo, edificações, níveis de ruído,...);
- O desenvolvimento dos trabalhos de forma progressiva, partido do menor de detalhe (Fase A) avançando até as zonas mais problemáticas e de maior detalhe (Fase B).

Esta forma de trabalhar permite a coerência dos diferentes MER já que se pode estudar qualquer ponto do território em foco ao menos na escala 1:25.000. A elaboração do MER leva em conta as diferentes fases de trabalho. Pode ser estruturado da forma que se representa no quadro abaixo.

Quadro 1: Diagrama das fases de elaboração de um Mapa Estratégico de Ruído



Como se pode ver existe uma série de tarefas prévias importantes para o andamento do trabalho (recopilação de informação, trabalho de campo, cobertura de informação geográfica,...). Na primeira

etapa dos trabalhos, correspondente a fase A, é estudado todo o entorno do território em questão na escala correspondente (1:20.000 ou 1:25.000) e gerada toda a informação do âmbito em estudo, além do modelo de cálculo global do qual será obtido tanto o mapa de indicadores sonoros como o das zonas de afetadas (este último a partir da interpretação do mapa de L_{den}).

As áreas que se encontrem dentro das zonas afetadas com usos urbanos e densidade populacional importante, são as que devem ser analisadas com maior detalhe, com condições de cálculo mais estritas, usando uma malha menor para ter informação mais precisa do que acontece nela (zona de detalhe da fase B).

Delimitada essas zonas, se aborda a fase B gerando um novo modelo de cálculo mais detalhado das zonas selecionadas que permitam calcular os níveis de ruído nas fachadas das edificações e, de novo, os mapas horizontais de indicadores de ruído. O manuseio das informações geográficas, folhas de cálculo e resultados, preferivelmente gerados nos formato GIS, permite a análise da população e das superfícies de fechamento (interpretadas como barreiras), a partir disso será possível elaborar os mapas que conjugam essas informações, ou seja, os mapas das zonas afetadas (fase A) e os de exposição das fachadas (fases A e B).

A preparação do modelo informático, a elaboração da cobertura de informação e sua gestão são, no geral, muito semelhantes em ambas as fases de trabalho, podendo ser descritas nos seguintes passos:

1. **Entorno de estudo:** o primeiro passo é, estabelecido o entorno, realizar a cartografia dos diferentes aspectos que serão mapeados.
2. **Recopilação das informações:** coleta de toda a informação e documentação que seja necessária (dados de infra-estrutura, uso e tipologia do uso do solo desde o ponto de vista do zoneamento acústico, dados da população, escolas, hospitais, normativa vigente, dados cartográficos, ortofoto, etc.).
3. **Revisão e correções sobre a ortofoto:** a ortofoto é um elemento de vital importância dada a freqüente defasagem das cartografias disponíveis que não refletem com exatidão a realidade a modelar.
4. **Trabalho de campo:** Servem para conseguir dados necessários para definir o modelo, como a análise das zonas edificadas mais próximas à área de estudo que gerará o inventário dos obstáculos com sua posição e características. E toda a informação que possa ser importante para tornar a modelagem mais verdadeira possível.
5. **Preparação das fichas de cartografia:** Conseguida as informações do trabalho de campo, é necessário elaborar a informação cartográfica atualizada para, então, gerar o modelo tridimensional para o cálculo. O objetivo será gerar um arquivo de polilíneas 3D que incorpore todos os elementos que têm influência na emissão e propagação do ruído. Os arquivos de polilíneas 3D devem conter as curvas de nível, rios, lagos e barreiras naturais ou construídas diferentes das edificações. Os arquivos GIS 2D ou 3D com informações geográficas associadas são relativos aos edifícios, eixos de vias/fonte de ruído, zonas de absorção, barreiras acústicas, tipo de asfalto, etc.

A confiabilidade nos resultados do cálculo está diretamente relacionada com a qualidade do modelo utilizado, especialmente quanto aos elementos cerca a via em estudo. De modo que o modelo deve ser o mais veraz possível.

6. **Geração e preparação da cobertura de informação geográfica:** grande parte da informação gerada durante o trabalho será do tipo cartográfico, alcançando sua máxima potencialidade de uso e interpretação com a completa cobertura de informação geográfica através de um programa SIG. Assim também, uma série de elementos do modelo, em 2D e 3D, serão tratados como cobertura de informação geográfica, o que permitirá:
 - Manusear a informação do trabalho com GIS, ferramenta muito potente para a análise das informações e dos resultados;
 - Importar o programa de cálculo conjuntamente com as polilíneas ou polígonos com a informação relativa suas características;
 - Preparar a informação para o mapa estratégico de ruído e sua incorporação a um sistema de gestão do ruído ambiental.

7. **Preparação do modelo informático:** gerados os diferentes arquivos que serão importados ao programa de cálculo, pode-se montar o modelo a partir dele incorporando sucessivamente os elementos preparados previamente. O modelo a ser utilizado deve ser eleito dentre os disponíveis no mercado, aquele que atenda as exigências e especificidades da área em estudo. Atualmente, é comum se utilizar os programas desenvolvidos pelos fabricantes de equipamentos de reconhecimento internacional, a exemplo do *Predictor* (da *Brüel&Kjaer*) e *Cadna* (da *Rion*).
8. **Cálculo e preparação dos mapas:** O modelo permite calcular os níveis de ruído existentes sob determinadas condições de cálculo estabelecidas. Para simplificação dos cálculos é importante considera:
 - O eixo de cada via do MER deve ser definido como a única fonte de ruído, atribuindo os valores referentes ao tramo considerado;
 - Dados do tráfego, velocidade de circulação e parâmetros de emissão sonora;
 - Demais parâmetros de configuração de um cálculo determinado que exija o modelo.

Geralmente são feitos dois cálculos distintos:

- a. Mapas horizontais de ruído: a 4m de altura do terreno, dos indicadores acústicos L_d (dia), L_t (tarde), L_n (noite) e L_{den} (dia tarde noite);
- b. Níveis de ruído em fachada: a 4m de altura do solo, sem levar em consideração a reflexão própria da fachada. Serve para determinar o grau de exposição da população na fachada do edifício. Este cálculo pode ser um derivado direto do anterior em alguns programas.

Os resultados dos cálculos serão por sua vez exportados para a cobertura de informação geográfica dos diferentes indicadores sonoros, o que permitirá que a informação possa ser gestionada para cálculos de superfícies, população, etc.

As zonas afetadas se derivam diretamente dos mapas de indicador L_{den} . Para o caso dos níveis de ruído em fachadas, pode-se proceder de duas maneiras segundo o programa empregado:

- I. Realizando unicamente o cálculo dos níveis de ruído na fachada para os modelos da fase B. Para estudar o grau de exposição da população no resto da zona de estudo, pode-se fazer uma aproximação com os níveis do ruído horizontais calculados mediante técnicas SIG;
- II. Realizando o cálculo dos níveis de ruído em fachada (modelados) para ambas as fases, analisado a exposição ao ruído graças aos resultados de ambas (os da fase A somente as áreas fora das zonas de detalhe).

Os resultados dos cálculos permitem a realização dos mapas que integram o Mapa Estratégico de Ruído, que incorporam além dos resultados gráficos, certos resultados analíticos que têm que ser elaborados.

9. **Análises da população e superfícies:** para a análise da população afetada, ou exposta, e a análise de superfície emprega-se as informações das coberturas SIG de edificações, planejamento, usos, áreas acústicas, mapa de indicadores L_{den} e os resultados dos níveis nas fachadas dos edifícios (os níveis medidos nos pontos receptores situados na fachada a 4m de alturas). É de grande ajuda tanto o uso do programa SIG como de folhas de cálculo.

No caso de não se conhecer a população da zona em estudo distribuída por residência (habitantes/residência), pode-se fazer uma estimativa da população de cada edifício e distribuir-la entre as suas fachadas. Este processo pode ser enfocado de duas maneiras:

- Conhecendo os dados da população de cada zona (censo), esta se reparte entre os edifícios da zona em estudo de forma proporcional a superfície útil construída dos edifícios residenciais.
- Conhecendo os dados estatísticos relativos a superfície média de cada residência, o percentual de residências ocupadas e seu tamanho médio, pode-se aproximar os edifícios e a população dos edifícios residenciais segundo sua superfície edificada e sua tipologia.

Para ambos os casos a população de cada edifício deve ser repartida entre suas fachadas que tenha sido feito o cálculo dos níveis de ruído, fazendo a relação entre o comprimento da fachada e o perímetro do edifício.

No caso dos hospitais e escolas esse processo é mais simples, visto que, é de conhecimento de cada órgão o número total de alunos, professores e funcionários das escolas, e o número de leito, equipe

médica e funcionários dos hospitais. Uma vez relacionada a população de cada fachada com os níveis de ruído a que estão expostos (nível de exposição a fachada), a informação pode ser analisada através de folhas de cálculo, para estimar, a cada território ou zona de estudo, qual é a população exposta a diferentes níveis de ruído, para cada indicador (planos de exposição ao ruído).

Estes planos podem ser feitos também para as zonas fora das zonas de detalhe. A população exposta será estimada também mediante cálculos em fachada ou através de estimativas simplificadas.

Podem ser analisadas, ainda, as superfícies do terreno que sofrem níveis de ruído maiores que os estipulados pela norma local, para o indicador L_{den} . Esses dados podem ser obtidos de forma muito simples a partir das coberturas de informação geográfica do indicador L_{den} com a ajuda de um programa SIG.

Também se pode realizar as análises dos níveis de ruído por zonas especificadas pela lei de uso do solo do município, gerando um mapa geral de zoneamento acústico. Estes mapas podem ser muito útil para o planejamento de futuras intervenções urbanísticas, como abertura de novas vias de tráfego, construção de conjuntos habitacionais, áreas de lazer, etc., e os problemas que podem surgir, a médio e longo prazo, com essas intervenções.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A responsabilidade de elaborar os mapas estratégicos de ruído recai fundamentalmente sobre a prefeitura e os órgãos de gestão do meio ambiente do município. O êxito do resultado final do processo depende da informação cartográfica e dados da distribuição população que possuam os órgãos administrativos, e também, e não menos importante, da capacidade dos técnicos de copilar e dirigir o processo. O mais seguro é que seja contratada uma equipe especializada para a realização do trabalho.

Este processo é ainda mais delicado quando consideramos que os programas de simulação computacionais não estão realmente ajustados para a simulação dos níveis sonoros ambientais das cidades. Existem programas específicos para o ruído gerado pelo tráfego de veículos em estradas, por trens, por aviões, e inclusive para indústria. Com eles podemos determinar, com mais ou menos precisão, os ruídos que as distintas fontes originam. Porém a cidade é muito mais que isso, e muito diferente disso. Nas cidades os veículos não circulam a mesma velocidade que nas estradas, existem semáforos, faixas para pedestres, praças, rotundas, viadutos, túneis, etc. E, os programas não contemplam, em geral, uma importante fonte sonora urbana: a atividade da cidade ligada ao ócio e aos deslocamentos e atividades das pessoas pelas ruas. Cada cidade se diverte de uma forma peculiar, em função principalmente de suas condições climáticas

É importante, portanto, adotar procedimentos para ajustar os modelos existentes à situação real não prevista na hora de desenhar-lo, mas os resultados podem não ser sempre satisfatórios.

É verdade que os mapas estratégico de ruído são mapas aproximados, possuem muitas variáveis e manchas nem sempre bem definidas. Não obstante, é a ferramenta que pode nos levar a uma primeira aproximação de uma realidade a que se pretende alcançar.

Há que levar em conta, ainda, que os MER devem ser completados com os planos de ação de controle do ruído pensados para resolver os problemas detectados pelos MER. Tarefa essa ainda mais difícil, não só pela dificuldade intrínseca de reduzir os níveis de ruído urbano, mas também, porque os planos devem ser apoiados nos MER, que mesmo que sejam muito aproximados da realidade, as ações podem resultar menos eficazes.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAÑUELOS, A.; GARCÍA, I.; MATEOS, R. e MIYARES, P. (2006) “Mapas de Ruido como Herramientas para el Planeamiento de Ciudades”. In: 37º Congreso Nacional de Acústica de España, TECNIACUSTICA-2006, Gandia.

BARRIGÓN, J. M. et alli (2006) “A Categorization Method Applied to the Study of Urban Road Traffic Noise”. In: 37º Congreso Nacional de Acústica de España, TECNIACUSTICA-2006, Gandia.

- ECHAZARRETA, F.S. (2006) “Estrategia de Elaboración de un Mapa de Ruido”. In: 37º Congreso Nacional de Acústica de España, TECNIACUSTICA-2006, Gandia.
- LÓPEZ, A.; LOPÉZ, E. e ABELLÁN, C. (2006) “Mapas Acústicos en Zonas Urbanas Mediante Predicción Estadística”. In: 37º Congreso Nacional de Acústica de España, TECNIACUSTICA-2006, Gandia.
- MAJÓ. M.; ROMEU. J. e SÁNCHEZ, A. (2006). “Mapas Estratégicos de Ruido en Cataluña: Una Herramienta de Gestión del Ruido Ambiental. In: 37º Congreso Nacional de Acústica de España, TECNIACUSTICA-2006, Gandia.