

MAPA ACÚSTICO DE BELÉM ATUALIZADO POR PROGRAMA MATEMÁTICO DE PREDIÇÃO

*Dr^a Elcione Moraes**
*Dr^a Francisco Simón***
*Luis Henrique Guimarães****

RESUMEN

El mapa acústico de Belém ha sido elaborado mediante mediciones *in situ*. Sin embargo, este método exige un laborioso y costoso trabajo. Con el objetivo de minimizar la labor en la toma de datos, se ha actualizado el referido mapa con el uso de un modelo de cálculo matemático de simulación, teniendo en consideración, como única fuente sonora, el tráfico rodado. No obstante, el programa utilizado requiere la introducción de datos precisos del tráfico de vehículos. En este sentido, la información disponible sobre el flujo de tráfico en la ciudad es escasa, con excepción del flujo de autobuses. Así, para la estimación del tráfico total se ha considerado el flujo de autobuses como principal fuente sonora, y el nivel sonoro medido, como variable donde el parámetro de ajuste era el tráfico general en cada calle. Además, se ha considerado, aún, la arquitectura del lugar y la jerarquía de la vía. En el presente artículo se expone el MAB calculado a partir de la estrategia arriba descrita.

Palabras-Llave: Mapa Acústico. Ruido Urbano. Simulación del Ruido.

ACOUSTIC MAP OF BELÉM UPGRADED FOR MATHEMATICAL PROGRAM OF PREDICTION

ABSTRACT

Acoustic Map of Belém has been elaborated by means of in situ measurements in situ. However, the adopted method is a very laborious and expensive work. With the aim of the effort of mathematical simulation where road traffic has been taken in consideration as the only sound source. Nevertheless, the programs used require the input of precise data road traffic. In this sense, the available information on the traffic flow in the city is scarce, except for the flow of buses. So, to estimate the total traffic flow it has been considered the flow of buses as the main sound source, the sound pressure level measured. In addition, has been use also the urban design and the hierarchy of the road. In the present paper presented the calculated AMB the strategy estimation.

Keywords: Acoustic Map. Urban Noise. Noise Simulation.

* Professora titular do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Unama; elcione@unama.br

** Pesquisador titular do Instituto de Acústica de Madrid do CSIC; psimon@ia.cetef.csic.es

*** Arquiteto; luishenrique_@hotmail.com

1 INTRODUCCIÓN

La gestión del ruido ambiental urbano, y la adopción de medidas de ámbito general, involucra el diagnóstico del panorama sonoro local, mediante la elaboración de mapas de ruido, y la adopción de planes de acción, con medidas de amplio alcance. (Directiva, 2002).

Sin embargo la política del ruido ambiental en Brasil, todavía es bastante incipiente, necesita pasar por profundas transformaciones, especialmente en lo tocante a la normativa. Las normas actuales son superficiales y de poco alcance. La elaboración de mapas de ruido, la implantación de planes de acción para la prevención y el control del ruido es de carácter voluntario, así el problema de la contaminación sonora alcanza límites casi intolerables en las grandes ciudades del país.

La ciudad de Belém tiene ya, desde el 2004, el mapa acústico de la ciudad (MAB) elaborado por el método de medición "*in situ*". El MAB ha tenido un gran alcance político y social en el país, además, el diagnóstico de los niveles de ruido en los barrios de la 1ª Legua Patrimonial de Belém, ha provocado el reconocimiento de su importancia para la preservación del ambiente urbano.

No obstante, la elaboración del MAB no ha sido una tarea sencilla. El alto costo y el laborioso método de mediciones adoptado no hacen viable su actualización o ampliación. Por este motivo se lo ha actualizado a través del método de cálculo de predicción. En este artículo se presenta dicho método.

1.1 ÁREA DE ESTUDIO

La ciudad de Belém es la capital del Estado del Pará, está situada en la región Norte de Brasil en la parte septentrional de la Amazonía brasileña, a 1°28" latitud sur, 48°27" longitud oeste y 24 metros de altitud por encima del nivel del mar. Segundo Nascimento (1995), debido a que Belém está en la zona ecuatorial húmeda su clima se caracteriza por altas temperaturas, vientos con poca velocidad, intercalados con calmas frecuentes, altos índices de humedad relativa del aire y abundantes precipitaciones. Además, debido a su baja latitud, la radiación solar incide en planos prácticamente verticales durante todo el año, elevando, así, el calor. No hay grandes variaciones estacionaria térmicas, es decir, la amplitud térmica es tan pequeña que casi no determina diferencias entre el periodo cálido y frío.

La población total de la ciudad es de aproximadamente 1.4007, 000 habitantes. El área de estudio del MAB ha sido 1ª Legua Patrimonial de Belém, el área involucra los barrios céntricos de la ciudad y corresponde a la mitad de la población total de municipio, teniendo alrededor de 800.000 personas.

La figura 1, abajo, ilustra la Región Metropolitana de Belém y destaca el área de estudio, la 1ª Legua Patrimonial de la ciudad.

$L_{lt,per}$ = Nivel, en 1/3 de octava, a largo plazo en dB(A) durante el o periodo de evaluación.
 C_m = Corrección debido a las variables meteorológica en dB.

L_{dw} = Nivel continuo equivalente por acción del viento, en 1/3 de octava. NPS en dB.
 L_w = Nivel de potencia acústica sonoro de la fuente en dB por 1/3 de octava.
 r = Reducción definida por el usuario en dB por 1/3 de octava.
 A = Atenuación en dB por banda de 1/3 de octava.

La atenuación A es calculada a partir de:

$$A = D_c + A_d \quad (3)$$

D_c = Corrección por directividad en dB.
 A_d = Atenuación sonora debida a distintos efectos geográficos, como distancia; absorción en el seno del aire; presencia de obstáculos; efecto del suelo; etc. D por 1/3 de octava.

2.1 MODELO UTILIZADO

Para la realización de la predicción se ha introducido, en un modelo virtual 3D (Figura 2), todos los elementos relevantes en la propagación del sonido en el espacio abierto. Para ello se ha importado la base cartográfica de área de actuación desde el programa Autocad al software *Predictor* considerando todos los elementos que dan lugar a la ciudad: la topografía del terreno; las edificaciones (introduciendo la altura de los edificios); la fuente de ruido por categoría de vehículos (en este caso el ruido de tráfico rodado), además de otros factores importantes como el tipo de asfalto y las variables meteorológicas.

Respecto a la introducción de la topografía del terreno se ha utilizado las curvas de nivel representadas en la cartografía original facilitada por la Compañía de Administración de la Región Metropolitana de Belém - CODEM.

Para la inserción de las edificaciones, la forma y la altura de cada edificio ha sido definida a partir de la base cartográfica indicada anteriormente. La referida base ha sido actualizada a partir de las fotografías generadas por satélite, disponibles en la página web del Google Earth y de visitas “*in situ*”.



Figura 2: Modelo 3D de la ciudad de Belém.

Respecto a la determinación de los aforos del tráfico (fuente de ruido considerada), debido a la escasa información sobre el número de vehículos, por calles, en la ciudad, se ha tenido en cuenta el conteo realizado por el Plan para el Desarrollo del Transporte Urbano de Belém (PDTU 2001), en algunas de las principales vías de tráfico, y el conteo llevado a cabo por la Compañía de Transportes Urbano de Belém (CTBEL) en ciertas esquinas de gran flujo de vehículos. En ambos casos los datos no eran suficientes para caracterizar toda la zona de estudio, de modo que, se ha desarrollado una estrategia de extrapolación de los datos a las zonas carentes de la información necesaria.

La extrapolación consiste en utilizar el valor del nivel de presión sonora en los puntos medidos como el parámetro de ajuste. Es decir, en las calles en que se conocía el nivel de presión sonora, el número de coches, las características físicas (ancho, tipo de asfalto, altura media de los edificios) y el tipo de uso de la vía (residencial, comercial, mixta) se ha estipulado una categoría de calle, con lo cual, otras calles con características similares se les ha asignado un número de coches similares.

A parte de lo expuesto, y para comprobar la fiabilidad de la extrapolación, han sido realizados nuevos conteos manuales en algunos puntos importantes de la ciudad.

El cálculo de los niveles de ruido en las calles donde están los puntos de medición ha sido ajustado procurando que el error, con respecto a las medidas, estuviese acotado en ± 2 dBA.

La estrategia de extrapolación ha sido probada en todos los puntos de medición localizados en las vías públicas. El resultado de la extrapolación ha sido muy satisfactorio, o sea, un 95% de los locales considerados tienen niveles sonoros medidos y calculados que no difieren de ± 2 dBA.

En la figura 3, abajo, se puede ver el grado resumen con los resultados de la extrapolación.

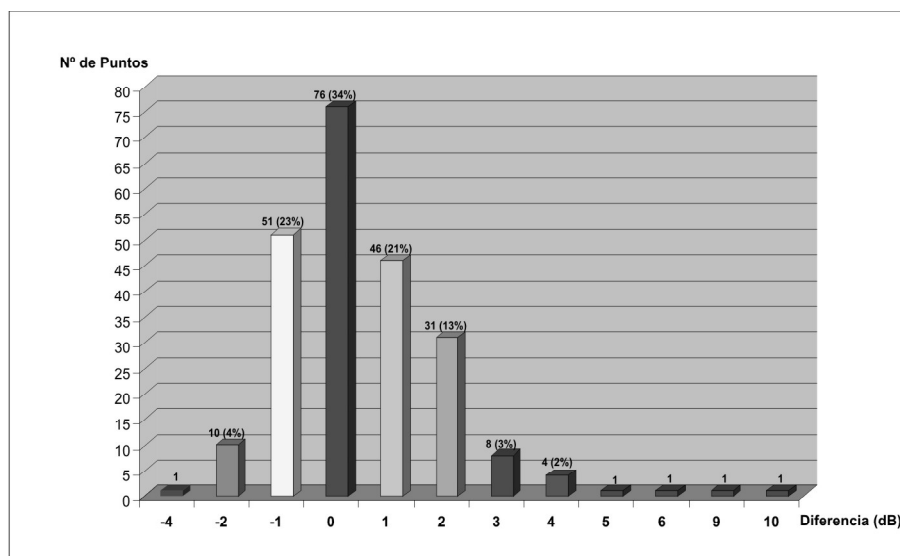


Figura 3: Gráfica con las diferencias (en dB) entre niveles medidos y calculados.

Para el cálculos de la absorción del aire, en función de la influencia de las condicionantes meteorológicas, se ha considerado una temperatura del aire media de 301 K (28°C), humedad relativa de 85% y presión atmosférica de 101,33 kPa. El cálculo ha sido realizado considerando un radio máximo de búsqueda de fuente a 500 metros del punto de cálculo (micrófono).

Para la realización del cálculo el nivel de ruido considerado ha sido el Nivel Equivalente Día L_D (7–20h) en dB, es decir, los niveles sonoros medidos entre las 7 de la mañana y las 8 de la noche. Se ha elegido una malla de 20X20 metros, amuestra, lo que ofrece una gran definición del campo de niveles calculados dado el tamaño de la ciudad. El micrófono ha sido situado a una altura de 1,50 metros del suelo, igualmente a la altura de los micrófonos de medición *in situ*.

3 RESULTADOS

Debido a la grande dimensión del área de estudio y el tiempo del cálculo, se ha tenido que dividir la ciudad por zonas, para la mejor interpretación de los datos se la ha dividido por barrios y se han calculados un a uno por separado. Se ha obtenido, así, el mapa de ruidos de curvas isofónicas para cada barrio de la ciudad de Belém.

Así, han sido creados 18 mapas acústicos, correspondientes a cada barrio analizado, con los niveles equivalentes Día $L_{Day(7-20)}$, adoptado como el periodo diurno.

El barrio de Nazaré ha sido diagnosticado cómo el que tienen los mayores niveles de ruido de tráfico. La ubicación del barrio, añadido al hecho de estar cortado por el eje que conecta el centro con las vías de entrada y salida de la ciudad, son algunos de los motivos que lo llevan a tener altos niveles sonoros.

En la figura 4 se ilustra el mapa acústico calculado por el software *Predictor* del barrio de Nazaré, en formato 3D.

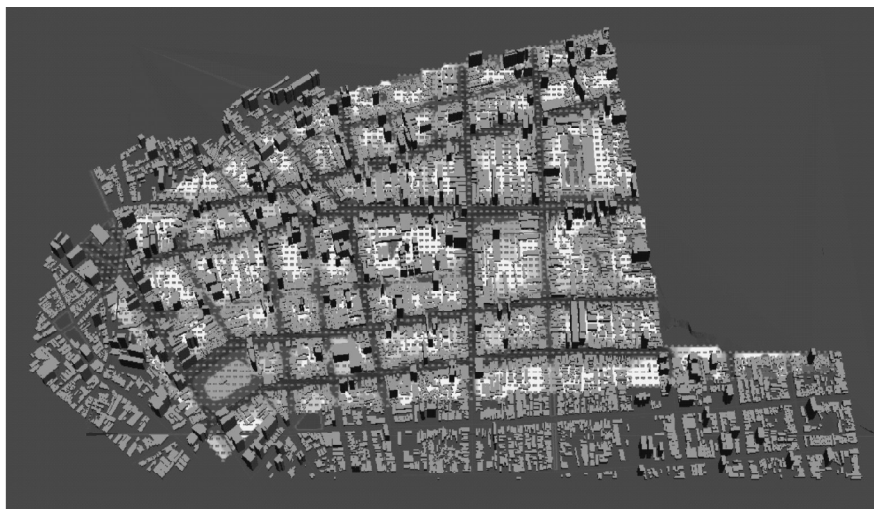


Figura 4: Mapa acústico calculado del barrio de Nazaré, en 3D.

El barrio de Montese (Terra Firme), es un barrio periférico de Belém, aunque tenga la grande mayoría de las vías pavimentadas, el flujo de vehículos es predominantemente local y los vehículos circulan en baja velocidad, lo que contribuye para la conservación de los bajos niveles de ruido de tráfico.

La figura 5 abajo ilustra el mapa acústico del barrio de Montese (Terra Firme), calculado por el *Predictor* y presentado en formato 3D.



Figura 5: Mapa acústico calculado del Montese, en 3D.

Con los mapas de los barrios calculados se ha podido generar el mapa acústico general de Belém. Para eso, se ha vuelto a unir los mapas de los barrios calculados a través de un sistema de información geográfica (SIG), el resultado se puede ver ilustrado en la figura 6 a continuación.



Figura 6: Mapa Acústico de Belém calculado en *Predictor* y creado en *rqview*.

REFERÊNCIAS

DIRETIVA 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, y la posterior recomendación de la comisión de 6 de agosto de 2003 relativa a las orientaciones sobre los métodos de cálculo provisionales. Bruselas: Parlamento Europeo, 2002.

MORAES, Elcione; LARA, Neyla. **Mapa acústico de Belém**. Belém: Fidesa, 2004. Relatório de Pesquisa.

NASCIMENTO, Cicerino Cabral do. **Clima e morfologia urbana em Belém**. Belém: UFPA. NUMA, Centro Tecnológico, 1995. 160p. (Dissertação de Mestrado).

PLANO DIRETOR PARA O TRANSPORTE URBANO DE BELÉM. Belém: Companhia de Habitação do Estado do Pará, 2001.

Software Predictor Versión 5.4 y 6. Brüel & Kjaer.

Software ArcGis, ArcMap, versión 9.2. Desktop.