



LOS "VACÍOS URBANOS" COMO ATENUADORES DE RUIDOS: RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS EN VITÓRIA, ES (BRASIL)

Greicikelly Gaburro Paneto

Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – Centro Tecnológico, Vitória/ES, Brasil
Email: arquitetando-x@bol.com.br

Paulo Henrique Trombetta Zannin

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Mecânica – Centro Politécnico, Curitiba/PR, Brasil
Email: zannin@ufpr.br

Cristina Engel de Alvarez

Universidade Federal do Espírito Santo, Laboratório de Planejamento e Projetos – Centro de Artes, Vitória/ES, Brasil
Email: cristina.engel@ufes.br

RESUMEN

Al hacerse referencia al ruido urbano – considerado como una de las formas más perjudiciales de contaminación, si bien no deje residuos – es un hecho reconocido que gran parte de la población del mundo que vive en las ciudades ha sido expuesta a altos niveles de presión sonora de muchas diferentes fuentes. En este sentido, los vehículos automotores pueden ser calificados como una de las principales fuentes de ruidos y punto central para los investigadores en acústica urbana, sobre todo teniendo en cuenta que la flota, en la mayoría de las ciudades, está en expansión constante y es responsable de generar la mayor parte del ruido en rutas de tráfico. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el comportamiento del sonido de la emisión de los vehículos automotores en los paisajes sonoros en los llamados "vacíos" de las áreas urbanas, para identificar si los espacios abiertos pueden funcionar como atenuadores de los niveles de sonido. En concreto, se utilizaron áreas de plazas y parques públicos como parcelas del territorio para evaluar el comportamiento acústico local, teniendo en cuenta la emisión sonora de los vehículos. La metodología se estructura a partir de los estudios de campo y simulaciones computacionales valiéndose del software Predictor V8.11, que relaciona las variables que influyen en la formación del espacio urbano, y la emisión y propagación del sonido. Fue adoptado como local de estudio una parcela urbana en la ciudad de Vitória/ES (Brasil) con diez (10) áreas clasificadas como "vacíos", donde se realizaron mediciones (para ingresar con los datos de simulación) y, en paralelo, se realizaron 375 entrevistas para evaluar la percepción de los usuarios acerca de su exposición y posible incómodo. Los resultados indicaron que los niveles de ruido de tráfico automotor son altos y, a menudo más allá de los límites tolerados por la normativa brasileña NBR 10151:2000. A su vez, los resultados obtenidos a partir de las entrevistas con la población indican que hay poca percepción de este tipo de ruido por los usuarios de las áreas evaluadas, con raros informes significativos de incómodos en los resultados de las encuestas. A partir de los resultados, señalase la necesidad de promover un amplio programa de concientización y de conocimiento en relación a las posibles consecuencias



de la exposición continuada al ruido, pero tal medida solamente tendrá efecto si también las políticas públicas conducirán a cambios en los planes urbanos, con incentivos a fomentar la inclusión de las zonas libres de edificaciones que funcionen como atenuadores de ruido.

1. Introducción

La contaminación acústica, aunque sea una forma de polución que no genera residuos, es uno de los aspectos relacionados con el impacto ambiental que más se ha resaltado en la actualidad los estudios urbanos. Más allá de la molestia generada, es el hecho de que la exposición al ruido causa daños a la salud humana, a veces irreversibles. Los problemas pueden manifestarse en personas de diferentes maneras, ya sea en la función cardiovascular, respiratoria, tensión muscular, los efectos psicológicos, entre otros (Bistafa, 2010). Además, puede causar pérdida de la audición, parcial o total, a través del daño causado a las células por la exposición prolongada. A diferencia de otros tipos de contaminación, a menudo se subestima porque es menos perceptible directamente.

Por su parte, el vehículo de motor está presente en las ciudades más densamente pobladas y en la mayoría de las situaciones, por consiguiente, generando un ruido continuo.

Un estudio realizado por Paz Ferreira y Zannin (2005) indica que el ruido del tráfico de los vehículos a motor es el tipo que causa más molestias a la población, ya sea para los habitantes de una región, o para los transeúntes.

Se observa que la ciudad de Vitória, ES (Brasil) – así como en la mayoría de las ciudades brasileñas –, ha mostrado indicios de un crecimiento continuo en el número de vehículos a motor en sus rutas y, por tanto, la expansión de los problemas de tráfico, lo que justifica el enfoque del estudio de este tema en particular.

Los estudios relacionados con el tema están intrínsecamente relacionados al concepto de la propagación del sonido. Inicialmente, es de entenderse que para la propagación del sonido es necesario tener una fuente, un medio de transmisión y un receptor. Las fuentes de sonido, de acuerdo con Carvalho y Rocha (2008) se pueden clasificar como puntuales o lineales. La energía propagada por la fuente puntual es el mismo para todos los puntos en la misma distancia. En la fuente de sonido llamado lineal, la energía propagada es la misma para todos los puntos equidistantes del eje que contiene la fuente. El tráfico de las carreteras es un ejemplo de los ejes de tipo de emisión lineal.

Teniendo en cuenta que el aire es el medio de transmisión del sonido en las ciudades, algunos aspectos influyen en la propagación del sonido, tales como el clima, la topografía natural, los elementos construidos e incluso la vegetación, lo que unidos a los aspectos físicos del sonido tienen la capacidad de reducir o aumentar el ruido emitido por una fuente.

Aunque las normas brasileñas abordan los problemas con el ruido en diversas situaciones, no existe una cuantificación específica de nivel de ruido cómodo o aceptable para áreas públicas de convivencia. Sin embargo, el NBR 10151/2000 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000), que determina los procedimientos de evaluación



de ruido en las zonas pobladas para garantizar la comodidad de la comunidad, establece los Niveles de los Criterios de Evaluación para el exterior, o NCA - *Nível de Critério de Avaliação* en portugués, como se muestra en la Tabla 1.

Tabela 1 - Nível de Critério de Avaliação - NCA para ambientes externos, em dB(A).

TIPOS DE ZONAS	DIA	NOCHE
• Zonas de fincas	40	35
• Zona estrictamente residencial urbana, u hospitales	50	45
• Zona mixta predominantemente residencial	55	50
• Zona mixta, con vocación comercial y administrativo	60	55
• Zona mixta con vocación recreativa	65	55
• Zona predominantemente industrial	70	60

Fuente: adaptación de ABNT, 2000.

Considerando que el objetivo principal de la investigación fue identificar la influencia de las áreas libres en la propagación del sonido, así como del confort de los usuarios de zonas públicas abiertas, se adoptó como un parámetro para el análisis lo que propone la ABNT (2000), que corresponde a la zona mixta con vocación recreativa

2. Características Generales de la Zona de Investigación

La ciudad de Vitoria, capital del estado de Espírito Santo / Brasil (Figura 1), con una población de 352,104 habitantes (IBGE, 2014), tiene una extensa costa y se caracteriza fundamentalmente como una isla, pero también tiene una parte continental.

Según los datos presentados en la Tabla 2, el crecimiento de la flota de vehículos de la ciudad, teniendo en cuenta los datos de la última década (2004-2014), fue de aproximadamente 77% (Pianegonda e Denatran, 2014). Aunque los valores sean más bajos que el porcentaje de incremento nacional - alrededor de 119% de acuerdo con la Confederação Nacional do Transporte (Pianegonda, 2014) -, sigue siendo una situación preocupante, especialmente teniendo en cuenta las características de la ciudad, que posee peculiaridades geográficas que hace con que el diseño de las carreteras no se puedan expandir en sus cajas de flujo. También el crecimiento de la ciudad tiende a ser vertical, por la dificultad de espacios libres alrededor de la ciudad constituida. Así, es notable la tendencia de ampliar el problema relacionado con la producción de ruido por el tráfico.

Este estudio tuvo como objetivo caracterizar el ruido del tráfico en los espacios públicos libres en la ciudad de Vitória, para determinar la influencia del entorno construido teniendo en cuenta, además de los aspectos inherentes a la comodidad de los usuarios, proporcionar informaciones que pueden ayudar a definir las políticas públicas de planificación urbana.

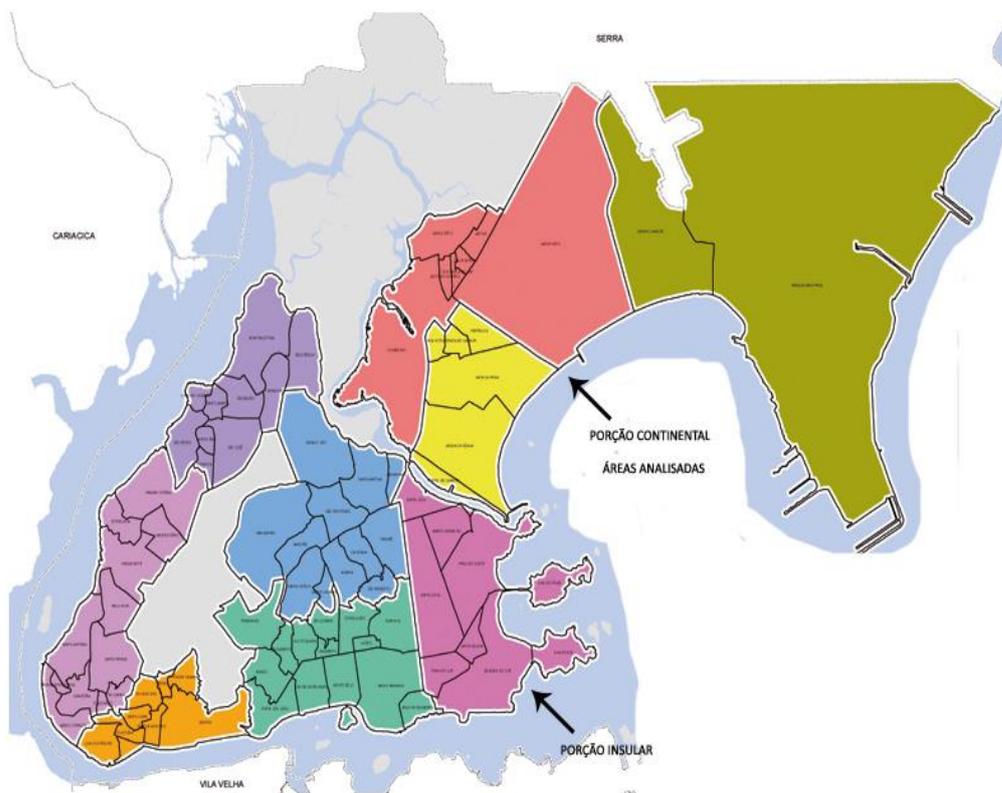


Figura 1 – Barrios y regiones de la capital. Fuente: adaptación de PMV (2008)

Tabla 2 – Evolución de la flota de vehículos en Vitória para el período de 2004 a 2016.

Ano	Vitória	
	Frota	(%) Crecimiento
2005	113.837	6,0
2006	121.347	6,6
2007	131.712	8,5
2008	142.819	8,4
2009	153.360	7,4
2010	162.194	5,8
2011	170.533	5,1
2012	178.463	4,7
2013	185.427	3,9
2014	191.413	3,2
2015	192.897	0,7
2016	193.091	0,1

Fuente: adaptación de Prefeitura Municipal de Vitória (2014) y complementado por Departamento Nacional de Trânsito (2016).



3. Materiales y Métodos

Uno de los dispositivos de control previstos en la Ley N ° 10.257 / 2001, conocida como Estatuto da Cidade (Brasil, 2001), establece que las normas de subdivisión y uso de la tierra deben ser fijadas por el municipio a través de sus Master Plan. En la zonificación de las áreas urbanas, son evaluadas y propuestas directrices específicas para el uso y ocupación del suelo de acuerdo con las características de cada región, de acuerdo con sus peculiaridades. Así que, para determinar la parte urbana a ser analizada en el estudio de caso de esta investigación, fueron consideradas las directrices y regulaciones propuestas por el Master Plan de Victoria (Prefeitura Municipal de Vitória, 2006) y por lo tanto precedieron a la elección de las áreas de simulación.

Debido a que el estudio considera el análisis de impacto del ruido emitido por el tráfico en las zonas de uso público, desde el punto de vista de los peatones, fueron establecidos los siguientes criterios para escoger los sitios específicos:

- La pertenencia a la porción continental de la isla de Vitoria;
- Estar cerca o en área definida como Zonas de Ocupación Controlada que se compone de áreas con uso mixto, residencial y no residencial, y con completa infraestructura para el saneamiento, redes de suministro de agua, recogida y tratamiento de aguas residuales;
- Al ser un lugar público con espacios abiertos, preferentemente de las plazas, parques y zonas verdes, como determina el párrafo 4 del art.189 de la Ley 6705/2006 (Prefeitura Municipal de Vitória, 2006);
- Área de más de 200m²; y
- Estar lejos a unos 250 metros de las carreteras colectoras o arteriales de flujo del automóvil.

Teniendo en cuenta que la investigación tiene como objetivo evaluar la condición de confort para el usuario, fueron seleccionados como áreas preferentes aquellas ampliamente utilizados para actividades recreativas y deportivas, o que requieren espacios agradables y saludables.

Las áreas seleccionadas que cumplen estos requisitos se caracterizan como se muestra en la Tabla 03 y ilustrado en la Figura 2.



Tabla 3 – Caracterización de los puntos seleccionados para las mediciones.

Pto.	LOCAL	BAIRRO	CARACTERIZAÇÃO
1	Orla de Camburi	Jardim da Penha	Área pública que acompanha a orla marítima, possui entorno construído de uso misto contendo edifícios residenciais multifamiliares e comércio local de até 7 pavimentos
2	Praça Philogomiro Lannes	Jardim da Penha	Praça pública com entorno construído, predominando edifícios residenciais multifamiliares e comércio local de até 7 pavimentos
3	Praça Regina Frigeri Furno	Jardim da Penha	Praça pública com entorno construído, predominando edifícios residenciais multifamiliares e comércio local de até 4 pavimentos
4	Avenida Fernando Ferrari	Mata da Praia	Via que margeia o Parque da Pedra da Cebola, possui entorno construído de uso misto contendo edifícios residenciais multifamiliares e comércio local de até 10 pavimentos
5	Avenida Des. Dermerval Lírio	Mata da Praia	Via que margeia o Parque da Pedra da Cebola, possui entorno construído de uso misto contendo edifícios residenciais multifamiliares, residências unifamiliares e comércio local de até 3 pavimentos
6	Praça Jacob Suaid	Mata da Praia	Praça pública com entorno construído, predominando residências unifamiliares de até 2 pavimentos
7	Orla de Camburi	Jardim Camburi	Área pública que acompanha a orla marítima, possui entorno construído de uso misto contendo edifícios residenciais multifamiliares e comércio local de até 12 pavimentos
8	Rua Alcino Pereira Neto	Jardim Camburi	Praça pública com entorno construído, predominando edifícios residenciais multifamiliares e comércio local de até 4 pavimentos
9	Av. Issac Lopes Rubim	Jardim Camburi	Praça pública com entorno construído, predominando edifícios residenciais multifamiliares e comércio local de até 7 pavimentos
10	Parque Municipal da Fazendinha	Jardim Camburi	Parque vizinho a rodovia, cujo entorno construído ainda é rarefeito, porém predominantemente contendo edifícios residenciais multifamiliares de até 10 pavimentos

Fuente: Paneto, Zanin y Alvarez, 2015



Figura 2 – Mapa de una parcela urbana de la ciudad de Vitória con la localización de los puntos seleccionados para las evaluaciones. Fuente: adaptación de Prefeitura Municipal de Vitória (2006).

En aquellos lugares seleccionados, se establecieron diferentes estrategias de diagnóstico elaborados a partir de tres fuentes de datos: mediciones de campo, entrevistas con los usuarios y simulaciones. En este artículo se presenta los resultados del teste de la metodología.

a. Simulaciones

De modo que pudieran evaluarse los efectos del ambiente construido en relación con el ruido emitido por el tráfico de automóviles, las simulaciones se llevaron a cabo en los puntos indicados y posteriormente se hicieron sus validaciones.

El *software* seleccionado para las simulaciones fue el Predictor versión 8.11, o Predictor-Lima Software Suite Type 7810 del fabricante Brüel & Kjær, disponibilizado por el



Laboratório de Acústica Ambiental, Industrial e Conforto Acústico – LAAICA de la UFPR – Universidade Federal do Paraná.

Para realizar las simulaciones se fueron necesarios, además del mapa base de la ciudad, facilitada por la Prefeitura Municipal de Vitória, las configuraciones a utilizar de los parámetros del software. Para la base normativa se eligió la ISO 9313 ½ Road que determina la altura de cuatro (4) metros para el receptor del ruido.

Los atributos de flujo de tráfico se obtuvieron en base al conteo de vehículos para el área de los diez (10) puntos de análisis, que se enumeran de acuerdo a lo presentado en la Figura 2. El conteo se llevó a cabo entre las horas de 17h30 y 19h00, que establece el día según se requiera en la NBR 10151/2000 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000), y se mantuvo durante 15 minutos sin interrupción, con el valor del cómputo extrapolado de una hora para insertar los datos en el software. Por otra parte, para obtener el mejor ajuste posible, se adoptó una red (grid) de 10 metros.

A continuación, los niveles simulados fueron validados por mediciones in situ utilizando sonómetro calibrado Extech 407 780 y cuya exactitud es de la orden de 1,5dB. El procedimiento se realizó según lo recomendado por la NBR 10151/2000 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000) en todos los puntos de análisis, teniendo en cuenta la misma hora y condiciones meteorológicas de las simulaciones.

b. Entrevistas

Se realizaron 375 entrevistas con peatones y usuarios de los espacios públicos para evaluar la percepción de las personas acerca de su exposición y posible incómodo. Las entrevistas fueron realizadas a partir de la metodología propuesta por Szeremeta (2012) e Engel (2012) que hicieron investigaciones similares a la desarrollada en este estudio. Las preguntas fueron limitadas a 10 (diez) cuestiones, hechas en el horario diurno (de 17h30 a 19h00) por 10 (diez) semanas. Las preguntas fueron arregladas de acuerdo con su tipicidad, que decir, perfil del respondiente (sexo, edad, formación, donde vive, etc.); relación con el local (frecuencia, tiempo de permanencia, actividades, motivación, etc.); y percepción del ruido (como percibe el sonido del sitio, los ruidos incómodos, etc.).

Los datos obtenidos fueron estadísticamente tratados y analizados con auxilio de especialistas del Laboratório de Estatística da Universidade Federal do Espírito Santo (LESTAT/Ufes)

4. Resultados

La salida de datos desde el software Predictor configura un mapeo de sonido de un área limitado que contiene las bandas de ruido de impacto de acuerdo a la red adoptada y escalado por colores, como se muestra en la Figura 3. Estos resultados se ilustran en la Figura 4, que representan las mejores y peores situaciones de exposición, y también en las Figuras 5 y 6 que muestran situaciones características de locales de estudio.

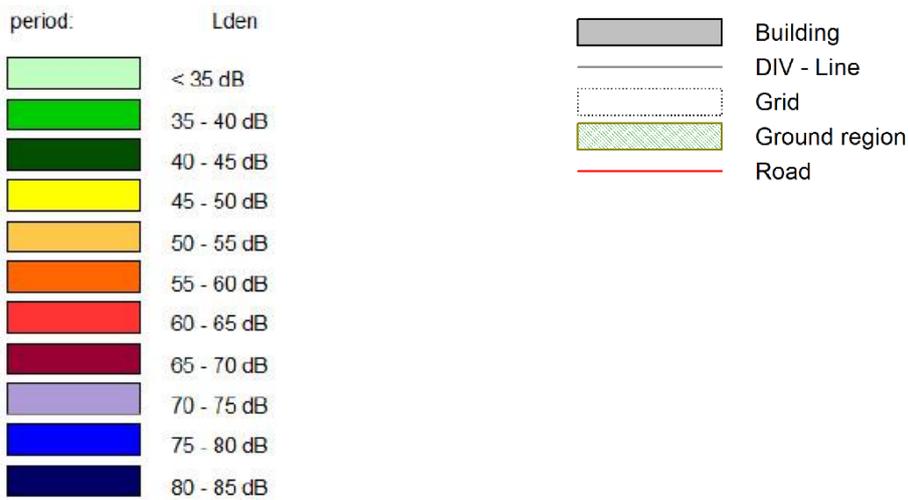


Figura 3 – Parámetros de lectura gráfica del software.

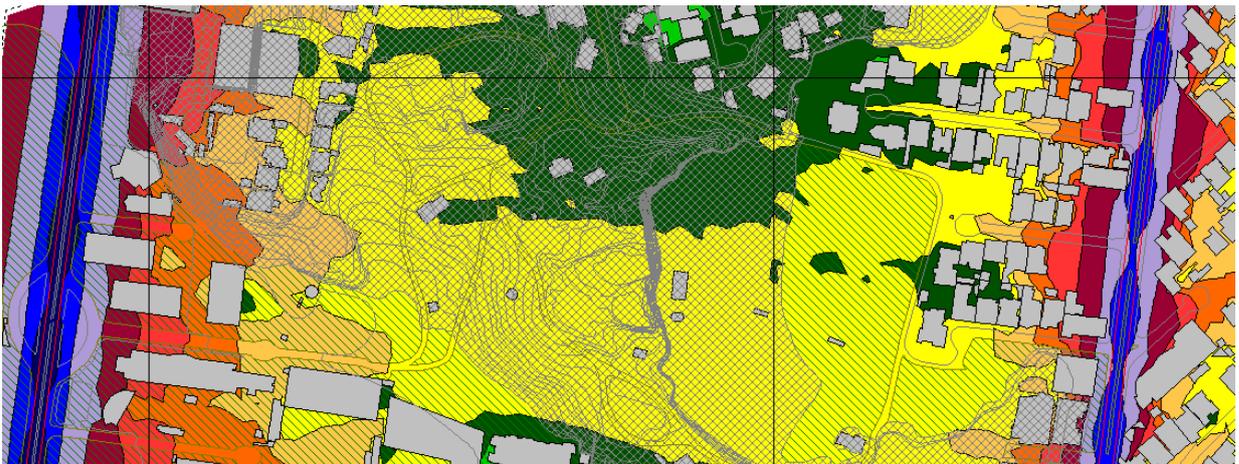


Figura 4 – Ilustración del resultado gráfico del área de evaluación 04 generado por el Predictor a partir de la inserción de los datos de alimentación del software. Sin escala.

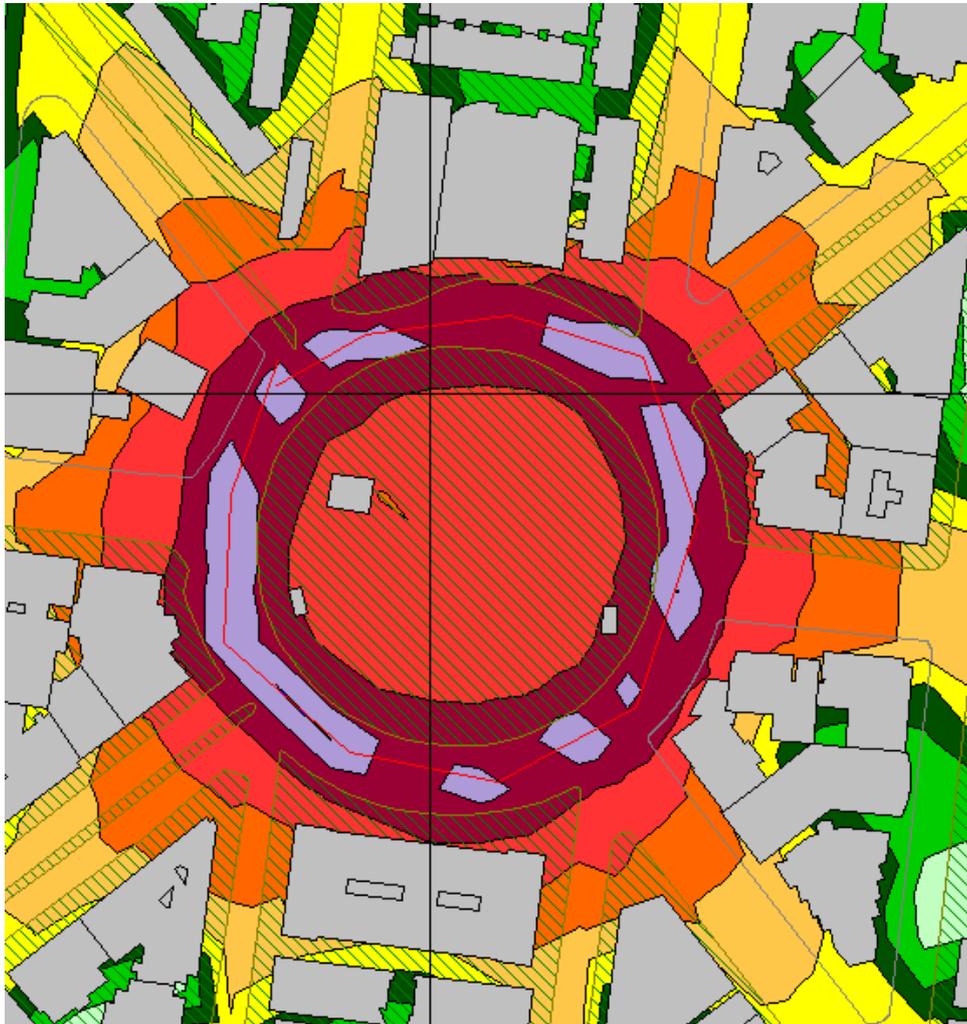


Figura 5 – Ilustración del resultado gráfico del área de evaluación 02 generado por el Predictor a partir de la inserción de los datos de alimentación del software. Detalle sin escala



Figura 6 – Imagen de la ambientación del área de investigación 02.

Para obtener una caracterización detallada de la producción del nivel de ruido que el transeúnte está sometido en las zonas públicas de estudio, los resultados fueron agrupados de acuerdo a la Tabla 4.



Tabla 4 - Gama de niveles máximos de exposición de peatones simulados por punto con respecto a la zona pública.

Pto	NÍVEL VIA (dB)	NÍVEL USUÁRIO (dB)	IDENTIFICAÇÃO DO PONTO	BAIRRO	LARG. VIA (m)
1	75-80	70-75	Orla de Camburi	Jardim da Penha	25m
2	65-70	60-65	Pça. Philogomiros Lannes	Jardim da Penha	10m
3	65-70	60-65	Pça. Regina Frigeri Furno	Jardim da Penha	10m
4	75-80	70-75	Av. Fernando Ferrari	Mata da Praia	25m
5	70-75	65-70	Av. Des. Dermerval Lírio	Mata da Praia	13m
6	65-70	60-65	Pça. Jacob Suaid	Mata da Praia	10m
7	75-80	70-75	Orla de Camburi	Jardim Camburi	25m
8	70-75	65-70	R. Alcino Pereira Neto	Jardim Camburi	10m
9	65-70	60-65	Av. Issac Lopes Rubim	Jardim Camburi	10m
10	65-70	60-65	Pq Municipal da Fazendinha	Jardim Camburi	20m

Fuente: Paneto, Zanin y Alvarez, 2015

5. Conclusiones

Con base en los valores del NCA de la NBR 10151/2000 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000) para la zona de recreo como parámetro de análisis, se observa que la mitad de los puntos podría ser considerado como aceptable para el confort acústico, pero el número de lugares inapropiados conduce a la conclusión de que la mayor parte de las áreas utilizadas para la recreación en Victoria tiene altos niveles de ruido de tráfico. Considerando también la tendencia de aumento de la flota urbana de vehículos, este resultado es aún más preocupante.

Teniendo en cuenta que los datos de salida del software Predictor son bastante didácticos, eso facilita al lector, aunque con poca familiaridad con el tema, para identificar los puntos críticos y el comportamiento del sonido en la parte urbana seleccionada. Por lo tanto, los estudios y los resultados pueden ser fácilmente incorporados en los procedimientos de toma de decisiones para la elaboración y revisión del Master Plan de Vitoria. Se espera, por lo tanto, es posible adoptar medidas que no se amplían el problema de incomodidad acústica en la ciudad y, de preferencia, para inducir medidas de reducción de niveles de presión sonora en los sitios ya identificados como perjudicial.

A su vez, los resultados obtenidos a partir de las entrevistas con la población indican que hay poca percepción de este tipo de ruido por los usuarios de las áreas evaluadas, con raros informes significativos de incómodos en los resultados de las encuestas. A partir de



los resultados, señalase la necesidad de promover un amplio programa de concientización y de conocimiento en relación a las posibles consecuencias de la exposición continuada al ruido, pero tal medida solamente tendrá efecto si también las políticas públicas conducirán a cambios en los planes urbanos, con incentivos a fomentar la inclusión de las zonas libres de edificaciones que funcionen como atenuadores de ruido.

Agradecimiento

El presente artículo es parte del contexto de los trabajos de la red URBENERE apoyado por CYTED Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Nuestro agradecimiento también a la FAPES - Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo, por el apoyo recibido en becas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10.151: **Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade** – Procedimento. Rio de Janeiro. 2000

BISTAFA, Sylvio. R. Acústica aplicada ao controle de ruídos. 2ed. Thesaurus, DF, 2010.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Estatuto da cidade** Lei nº10.257/2001. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm>. Acesso em 21 out. 2014.

CARVALHO, A. P. Oliveira de; ROCHA, Cecília. **Manual técnico para elaboração de Planos municipais de redução de ruído**. Agência Portuguesa do Ambiente, 2008, 255p. Disponível em <http://www.apambiente.pt/_zdata/dar/ruído/notastecnicas_estudosreferencia/pmrr.pdf>. Acesso em 13 mar. 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO – DENATRAN. Estatística – **Frota de veículos**- Anuário Frota 2014. Disponível em <<http://www.denatran.gov.br/frota2014.htm>>. Acesso em 29 dez. 2014.

ENGEL. Margret S. Caracterização da poluição sonora, através de medições, mapeamentos e entrevistas de percepção sonoras na linha verde em Curitiba – Paraná. Dissertação de mestrado. UFPR, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. **CIDADES@**. (2014?) Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=320530>>. Acesso em 29 dez. 2014.

PANETO, Greicikelly G. P.; ZANNIN, Paulo Henrique Tombetta; ALVAREZ, C. E. de. Caracterização do ruído de tráfego automotor em espaços públicos na cidade de Vitória/ES. In: Euro-ELECS 2015 - Latin American and European conference on



sustainable buildings and communities, 2015, Guimarães. Connecting People and Ideas - Proceedings

PAZ, Elaine C. da; FERREIRA, Andressa M. C; ZANNIN, Paulo H. T. **Estudo comparativo da percepção do ruído urbano**. In: Revista Saúde Pública. 2005. Disponível em <<http://www.rsp.fsp.usp.br/mensagem/pub/busca.tpl.php>>. Acesso em 21 out. 2014.

PIANEGONDA, Natália. **Frota de veículos no Brasil deve crescer 140% em 20 anos**. In: Agência CNT de Notícias. 10/11/2014 - Economia e negócios. Disponível em <http://www.cnt.org.br/Paginas/Agencia_Noticia.aspx?noticia=mercado-setor-automotivo-anfavea-projecao-20-anos-2034-10112014>. Acesso em 29 dez. 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA – PMV. Agenda Vitória: diagnósticos da cidade por área temática. Eixo Urbano-Ambiental. Vitória, ES. 2008. Disponível em <http://www.vitoria.es.gov.br/seges.php?pagina=agendavitoria_diagnostico> acesso em 10 jul. 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA – PMV. **Plano Diretor Urbano (PDU)**, Lei municipal 6.705/2006, 2006. Disponível em <<http://sistemas.vitoria.es.gov.br/webleis/consulta.cfm?id=167650>>. Acesso em 10 abr. 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA – PMV. **Vitória em dados**. Transporte e infraestrutura urbana - Dados - Frota de Veículos 2014. Disponível em <http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/dados_area/transporte/dados/novos/frota/tab1.1.2.asp>. Acesso em 10 abr. 2014.

SZEREMETA, Bani. A percepção dos praticantes de atividade física sobre a qualidade ambiental sonora dos parques públicos de Curitiba-PR. Dissertação de Mestrado. UFPR, 2012.