

## Verificação do Desempenho Acústico de Pavimentos em CPA na rodovia BR158

Alessandro Alves

URI, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Frederico Westphalen (RS), Brasil  
[alessandro@uri.edu.br](mailto:alessandro@uri.edu.br)

Gabriela Sturzbecher

URI, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Frederico Westphalen (RS), Brasil  
[gabysturz@hotmail.com](mailto:gabysturz@hotmail.com)

Joani Paulus Covaleski

URI, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Frederico Westphalen (RS), Brasil  
[cvk.joani@hotmail.com](mailto:cvk.joani@hotmail.com)

Bibiana Zandoná

URI, Curso de Arquitetura e Urbanismo, Frederico Westphalen (RS), Brasil  
[bibianazandona@hotmail.com](mailto:bibianazandona@hotmail.com)

RESUMO: O ruído de tráfego resulta do acúmulo de emissões sonoras de todos os veículos, embora este seja oriundo de várias fontes que resultam da soma do funcionamento do motor, sistema de escape e da interação pneu/pavimento. As duas primeiras fontes de ruído afetam principalmente em baixas velocidades, enquanto que em velocidades acima de 50 km/h o ruído da interação pneu/pavimento é predominante. Na Europa, o ruído ambiental é um dos principais fatores que prejudicam à saúde, sendo a segunda maior causadora de doenças, perdendo apenas para a poluição do ar. A metodologia utilizada neste estudo segue a norma ISO 11819-1 usando o processo de medição de passagem, em que um medidor de NPS foi instalado ao lado da pista e mede-se o ruído máximo causado pela passagem de uma certa quantidade de veículos e através deste resulta o SPBI. O objetivo deste estudo é verificar a eficiência dos pavimentos "silenciosos" em reduzir o ruído nas rodovias. Buscou-se avaliar o desempenho de pavimentos com CPA executado na rodovia BR-158 e sua comparação com um piso tradicional da rodovia BR-158 em CBUQ. Também foi realizada a avaliação da macrotextura através do ensaio de Mancha de Areia e ainda da microtextura por meio do experimento com o Pêndulo Britânico. Observou-se que os NPS obtidos no trecho em CPA são bem inferiores ao trecho padrão usado na comparação. Sabe-se que iniciativas nesse sentido são importantes para garantir um desenvolvimento qualificado, proporcionando qualidade de vida para a população e até mesmo prevenir danos à saúde.

**Palavras-chaves** Emissões sonoras, Ruído ambiental, Camada porosa de atrito.

## **1. INTRODUÇÃO**

O conforto possui um caráter subjetivo e é definido pela sensação de bem-estar e influenciado por vários fatores entre estes podemos salientar a acústica. O som é definido “como uma forma de energia que é transmitida pela colisão de moléculas, umas contra as outras, sucessivamente”. (Gerges, 2000). Já o ruído é tido como um tipo de som, mas o som não é considerado necessariamente um ruído. (Alves, 2013).

Atualmente o ruído rodoviário é um problema grave de qualidade ambiental, surge essencialmente dos mecanismos de contato entre os pneus e a superfície do pavimento e em vias de trânsito rápido que necessitam maiores cuidados, especialmente em áreas próximas a aglomerados urbanos, em função de danos que podem causar a saúde.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 O impacto do ruído na qualidade de vida dos seres humanos**

As perturbações geradas pela exposição dos seres humanos ao ruído ambiental desencadeiam efeitos na saúde como perturbações no sono, aborrecimentos e estresse e, além disso, com um grande período de exposição, pode-se aumentar o risco de doenças cardiovasculares e distúrbios psiquiátricos. (Alves, 2013).

A exposição dos seres humanos a altos níveis de ruído acaba por ocasionar respostas involuntárias e inconscientes do organismo a esse estímulo. As principais alterações fisiológicas reversíveis são: dilatação das pupilas, hipertensão sanguínea, mudanças gastrintestinais, reações musculares e vaso constrição das veias. Além das alterações fisiológicas existem as bioquímicas que são: mudanças na produção de cortisona, do hormônio tiroide, de adrenalina, na glicose sanguínea e na proteína do sangue. O ruído também provoca efeitos cardiovasculares, tais com aumento da pressão sanguínea, causando hipertensão arterial (Fernandes, 2002).

### **2.2 Fontes de ruído de tráfego: influencias no conforto acústico**

O ruído de tráfego resulta da acumulação das emissões de ruído de todos os veículos, conforme pode-se visualizar na Figura 1, no entanto cada veículo tem várias fontes de ruído, cuja soma corresponde ao ruído total desse veículo. As principais fontes de ruído resultam do funcionamento do motor, do sistema de exaustão e da interação pneu/pavimento. As primeiras influenciam o ruído principalmente a baixas velocidades, enquanto que para velocidades acima dos 40 a 50 km/h o ruído da interação pneu/pavimento é predominante (Bendtsen et al., 2005; Sans 2006).

### **2.3 Mecanismos de geração de ruído pneu-pavimento**

O ruído de tráfego surge da acumulação das emissões de ruído de todos os veículos, veículos estes que individualmente possuem várias fontes de ruídos que somadas resultam em um ruído total. De acordo com Specht et al. (2009) “os mecanismos de geração e transmissão de ruído pneu/pavimento são bastante complexos. A geração está ligada às vibrações mecânicas do pneumático (impacto, choque e adesão) e a mecanismos aerodinâmicos. A magnitude de cada fator depende da via (textura superficial, propriedades dos agregados utilizados e temperatura), do pneu (tipo, pressão de inflação) e do veículo (tipo, velocidade

e condições de condução). A transmissão pode ser direta (da fonte ao receptor) ou refletida em alguma barreira ou no próprio pavimento”, desta forma, fica caracterizado que muitos fatores podem influenciar o NPS total a ser medido.

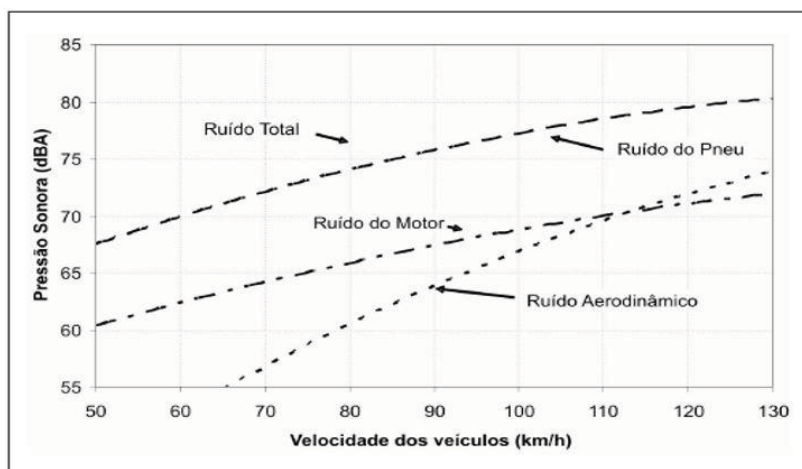


Figura 1 - Influência dos diversos fatores no ruído. Fonte: Hanson et al. (2005)

#### 2.4 A utilização de pavimentos silenciosos e permeáveis

Na Europa, os métodos correntes para a limitação do ruído rodoviário incluem: a construção de barreiras acústicas, o controle do tráfego (com a limitação da velocidade), a alteração do traçado vertical e horizontal, a definição de zonas protegidas e o método inovador: a construção de “pavimentos silenciosos” (Camomilla et al., 2004).

Embora os “pavimentos silenciosos” mais recentes pareçam muito eficazes, estes ainda não são construídos correntemente (Camomilla et al., 2004), tendo-se optado pelas camadas de desgaste porosas, as quais permitem simultaneamente aumentar as condições de visibilidade na presença de precipitação e reduzir o ruído de circulação do tráfego.

Relativamente às camadas tradicionais, as camadas porosas proporcionam uma redução do ruído geralmente compreendida entre 3 e 5 dB (A), por vezes até superiores em condições particulares (Baugham et al., 2002). A eficácia das camadas “silenciosas”, especialmente as camadas drenantes, pode ficar comprometida na presença de água, uma vez que esta pode aumentar significativamente os níveis de ruído (Descornet et al., 2000). Na Figura 2, pode-se observar as camadas indicadas para pavimentos porosos.

A água na superfície dos pavimentos ocupa o espaço resultante da irregularidade da superfície das camadas com misturas densas e abertas, principalmente o correspondente à macrotextura, e os poros dos pavimentos drenantes, tendo como consequência o aumento das vibrações e do bombeamento de ar. A água pode conduzir a um aumento de ruído até 15 dB (A). Nas camadas densas e porosas usadas em Portugal, verificou-se um aumento de 3 dB (A) (Freitas et al., 2006), o que corresponde a um aumento do volume de tráfego de 50%.

A porosidade permite não só a drenagem da água do pavimento como também do ar que preenche as ranhuras do pneu. Deste modo, uma superfície porosa proporciona uma melhor absorção sonora, que se traduz na redução da reflexão acústica do pavimento e na atenuação da propagação das ondas na superfície deste. A porosidade reduz o efeito de

pavilhão que ocorre entre a superfície do pavimento e a parte do piso do pneu que não está em contato com o mesmo. Para que estes efeitos sejam eficazes, a porosidade deve ser superior a 20% (Silvia, 2006).

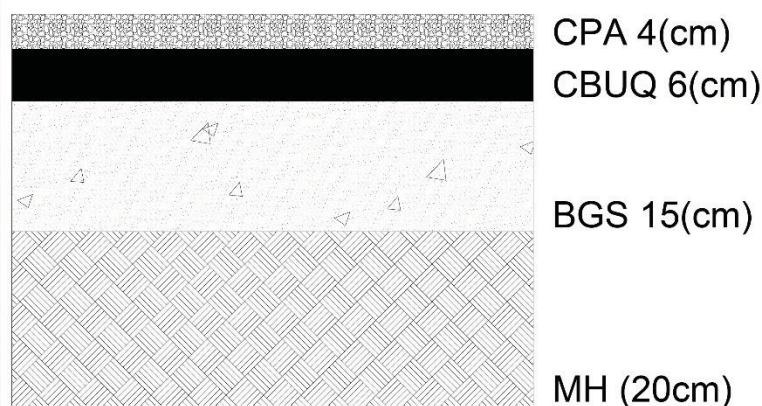


Figura 2- Esquema de composição do trecho em CPA. Fonte: Do autor com base em DNIT (2012).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Definição dos pontos, horários de medição e duração das medições

A definição dos dois trechos em estudo que estão localizados na rodovia BR158 entre as cidades de Boa Vista das Missões e Palmeira das Missões no estado do Rio Grande do Sul, Brasil, partiu da tipologia da pavimentação asfáltica e entorno para que estes não influenciassem na medição do ruído produzido pelos veículos permitindo desta forma analisar e comparar o desempenho acústico da pavimentação asfáltica tradicional em CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) com o trecho em CPA (Camada Porosa de Atrito), através da medição do ruído. Comparou-se assim o impacto que estas tipologias de pavimentação asfáltica têm no ruído ambiental produzido nestes dois trechos em análise.

Foi realizada a demarcação do trecho em análise, através de uma trena para delimitar um espaço de 100m que deverá ser percorrido pelos veículos e onde serão coletados os dados para o estudo. Marcou-se o início e fim do trecho com cones de sinalização e para obter-se o tempo que os veículos levam para passar pelo trecho de 100m delimitado, fez-se uso de um cronômetro, marcando o início e fim do tráfego do veículo neste trecho. O local escolhido para a realização das medidas deve ser livre de obstáculos ou elementos que interfiram nas medidas e a pista deve estar seca e representar adequadamente o revestimento que se pretende caracterizar. A medida de velocidade era feita com a determinação do tempo que o veículo levava para percorrer uma distância preestabelecida (entre duas estacas = 100m) e então calculada a velocidade média.

O equipamento para medição do NPS (Nível de Pressão Sonora) que será utilizado para a medição do nível máximo do ruído sonoro, será colocado a 7,5 m do centro da via e a 1,2 m de altura, conforme Figura 3. Para realização das medições do NPS foram utilizados os seguintes equipamentos: Medidor de nível de pressão Sonora 01dB - BLACK SOLO 01 número de série: 65856, calibrado pelo INMETRO em 10/03/2014, certificado de calibração nº RBC3-8834-368 processo nº 14141; Calibrador de nível de pressão Sonora 01dB - CAL 21 número de série: 34634214, calibrado pelo INMETRO em 10/03/2014, certificado de

calibração RBC2-8834-611 processo nº 14141 e Microfone 01dB - MCE 212, número de série: 153606, calibrado por Prepolarized Free Field Microphone em 09/10/2013.

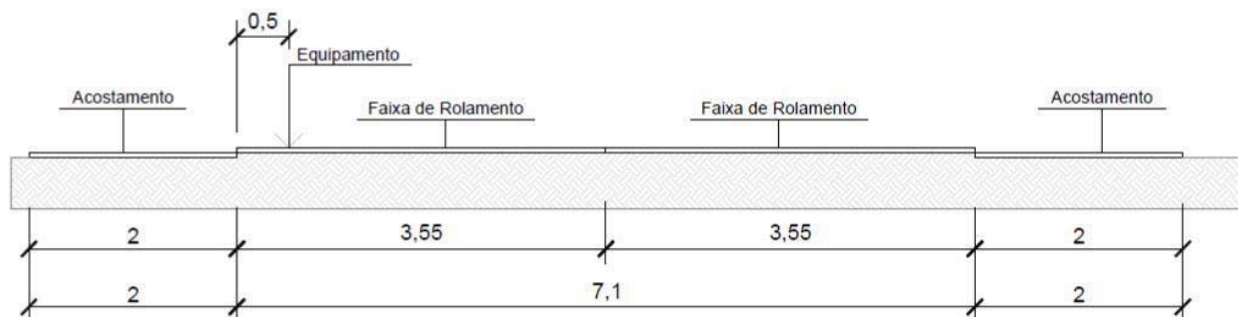


Figura 3 - Posicionamento do equipamento de medida na rodovia.

O tráfego foi classificado segundo o Manual de estudos de tráfego do DNIT (DNIT, 2006) e segundo a ISO 11819-1, que classifica os veículos em apenas duas categorias: 1 - carro e 2 - caminhões e ônibus, subdividindo-se em 2a para os veículos com dois eixos e 2b para veículos com mais de 2 eixos. Um número mínimo de veículos de cada categoria deve ser atendido; para veículos de passeio, 100, para veículos pesados com dois eixos, 30 e, para veículos pesados com mais de dois eixos, 30, sendo que a soma destes dois últimos deve ser, no mínimo, 80. Ainda deve-se destacar que só devem ser levados em consideração veículos que estão claramente livres da interferência acústica de outros veículos. Deve ser feita uma regressão linear dos valores obtidos para que eles possam enquadrar-se aos da Tabela 1.

Tabela 1. Velocidade de referência e peso dos fatores (Wx).

Categoria do veículo		Velocidade da rodovia					
		Baixa		Média		Alta	
Nome	Número	Velocidade de referência	Wx	Velocidade de referência	Wx	Velocidade de referência	Wx
Carros	1	50km/h	0,90	80km/h	0,80	110km/h	0,70
Pesados de dois eixos	2a	50km/h	0,08	70km/h	0,10	95km/h	0,08
Pesado de mais de dois eixos	2b	50km/h	0,03	70km/h	0,10	95km/h	0,23

Então aplicá-los na Equação 1 que fornece o SPBI:

$$SPBI = 10 \lg \left[ W_1 x 10^{L_1/10} + W_{2a} (V_1/V_{2a}) x 10^{L_{2a}/10} + W_{2b} (V_1/V_{2b}) x 10^{L_{2b}/10} \right] \quad (1)$$

Onde: SPBI = Índice estatístico de passagem (*Statistical Pass-by Index*), para uma média entre veículos leves e pesados. L1, L2a, L2b = Valores de nível pressão sonora para as categorias respectivas em dB (A). W1, W2a, W2b = Fatores que presumem as proporções dos veículos respectivos, de acordo com a Tabela 1. V1, V2a, V2b = Velocidades de referência dos veículos, de acordo com a Tabela 1.

Também foi realizada a análise da aderência pneu-pavimento e para isto foi realizado avaliação da macrotextura (método Mancha de Areia) e microtextura (atrito medido com Pêndulo Britânico). O processo de mensuração da macrotextura, pelo método da altura de

areia (ASTM E965-96), consiste em espalhar, com movimentos circulares de um dispositivo apropriado (espalhador de madeira com revestimento de borracha) na superfície do pavimento, um volume conhecido de areia ou microesferas de vidro (25000mm<sup>3</sup> ± 150mm<sup>3</sup>). Mede-se o tamanho da mancha em 4 direções, conforme pode-se visualizar na Figura 4, e então, com a média, calcula-se a altura da macrotextura, ou altura de areia, pela Equação 2:

$$hm = \frac{4.V}{dm^2 \cdot \pi} \quad (2)$$

Na equação 2 consideramos: hm = altura média de areia, V = volume e dm= média das medidas da mancha na superfície do pavimento.

No momento do ensaio o pavimento deve estar perfeitamente limpo e seco e as microesferas devem ter um grau de esfericidade superior a 90% e tamanho padronizado (90% passante na peneira nº60 e retida na nº80).



Figura 4 - Ensaio de macrotextura através do método Mancha de Areia.

Tabela 2. Limites de aplicação do revestimento segundo sua macrotextura. Fonte: Pasquet (1968).

Textura superficial	Limites de valores de hm (mm)		Aplicação do revestimento
	Mínimo	Máximo	
Muita fina	< 0,2		Não deve ser utilizado
Fina	0,2	0,4	Reservado p/ zonas urbanas V < 80 km/h
Média	0,4	0,8	Indicado para vias com 80 km/h < V < 120km/h
Grossa	0,8	1,2	Indicado para vias rápidas com V > 120km/h
Muito Grossa	> 1,2		Indicado em casos especiais

Já a microtextura está relacionada a própria superfície do agregado mineral, a qual pode ser áspera ou polida, cujos comprimentos de onda variam entre 0 a 0,5mm e amplitude de 0 a 0,2mm. Esta propriedade depende das propriedades mineralógicas dos agregados e é de fundamental importância para romper o filme de água quando do contato pneu/pavimento. A maneira mais comum de se medir microtextura é através do ensaio de pêndulo britânico (ASTM D303-93).

O princípio de funcionamento do Pêndulo Britânico é a perda de energia de um pêndulo com base emborrachada ao deslizar sobre o pavimento. O ensaio determina a resistência à derrapagem na superfície e o valor de atrito medido por este equipamento é expresso em BPN (British Pendulum Number) ou, em português, VRD (Valor de Resistência à Derrapagem).

A medição do valor de atrito representativo do local ensaiado é obtida realizando-se cinco lançamentos da sapata contra o pavimento, sendo a primeira medição descartada e com as demais se calcula o valor médio do VRD. A Figura 5 mostra o Pêndulo Britânico após o lançamento da sapata contra a superfície do pavimento.

Tabela 3. Classes de microtextura pelo método do Pêndulo Britânico (DNIT, 2006).

	LIMITES	CLASSIFICAÇÃO
A	$VRD < 25$	Perigosa
B	$25 < VRD < 31$	Muito lisa
C	$32 < VRD < 39$	Lisa
D	$40 < VRD < 46$	Insuficientemente rugosa
E	$47 < VRD < 54$	Medianamente rugosa
F	$55 < VRD < 75$	Rugosa
G	$VRD > 75$	Muito rugosa

Conforme especificado no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006), a microtextura de uma superfície pode ser classificada em função do VRD obtido no ensaio com Pêndulo Britânico. As classes de microtextura podem ser verificadas na Tabela 3, acima.

O Manual do DNIT (2006) recomenda valores de  $VRD \geq 55$ , ou seja, as superfícies devem apresentar características medianamente rugosa a rugosa.



Figura 5 - Execução do ensaio de microtextura com o Pêndulo Britânico.

## 4. LEVANTAMENTO DE DADOS

### 4.1 Resultado das medições de NPS

Na obtenção dos dados, além da velocidade, as variáveis número de eixos foram relacionadas com a variável pressão sonora e, de maneira semelhante, os valores dos coeficientes de correlação ficaram muito baixos; todavia foi possível verificar que, de uma maneira geral, aumentando o número de eixos, aumenta-se o ruído.

Também de posse das 363 medidas foi realizada uma tentativa de correlacionar, estatisticamente, tais variáveis, suas interações e efeitos quadráticos, com a variável de resposta; verifica-se que como o coeficiente de variação analisa a dispersão em termos relativos, ele será dado em %. Quanto menor for o valor do coeficiente de variação, mais homogêneos serão os dados, ou seja, menor será a dispersão em torno da média. De uma forma geral, se os CV: foram menores ou iguais a 1%, caracterizando uma baixa dispersão, somente em um caso alcançou-se 16% determinando uma dispersão média.

Na tabela 4, serão apresentados os resultados médios obtidos nas medições de NPS nos dois trechos propostos. Foram também calculados os valores médios de velocidades, desvio padrão e coeficiente de variação.

Tabela 4. Resumo dos valores e resultados obtidos a partir das medições

Parâmetros	Revestimento/veículo					
	CPA/1	CPA/2a	CPA/2b	CBUQ/1	CBUQ/2a	CBUQ/2b
Nº de Medições	102	48	32	100	38	43
Velocidade média - Km/h	68	56	50	71	73	82
Nível de Pressão Sonora média - dB (A)	74,08	83,63	82,5	76,8	85,52	87,52
Desvio Padrão - dB (A)	3,14	13,41	2,79	3,01	4,56	12,63
Coeficiente de Variação - %	4,24	16,03	3,38	3,84	5,34	14,43

Os valores de NPS, preconizados pela NBR10151 (ABNT,2000), são extrapolados (> 70dBA); nota-se, também, que o tipo de revestimento causa modificações expressivas no ruído, quando comparamos a média do CBUQ (SPBI = 82,00 dB (A) – 181 medições) com a média do CPA (SPBI= 77,67 dB (A) – 182 medições). Segundo USDOT/FHA (1995), alterações de -3 e -5dBA no ruído representam 50 e 67% de perda na energia acústica.

Nas medições para análise da microtextura obteve-se valores médios para o trecho com CPA, seco e molhado, de VRD = 86,6 e VRD = 57,6 respectivamente, e no trecho em CBUQ tradicional, também seco e molhado respectivamente, de VRD = 90 e VRD = 60, verificando-se em todos os casos um VRD  $\geq$  55, com classificação das superfícies apresentando características rugosas a muito rugosas, conforme recomendado pelo DNIT.

Conforme verificado nas referências, a maneira mais difundida de medição da macrotextura é através do ensaio de mancha (ou altura) de areia normalizado pela ASTM D965-96, na Tabela 5 são apresentados os valores obtidos nas medições realizadas nos dois trechos analisados.

Tabela 5. Resumo dos valores obtidos no método de ensaio Mancha de Areia.

	CPA		CBUQ	
	Mancha 01	Mancha 02	Mancha 01	Mancha 02
diâmetro médio (mm)	147	141,25	285,5	278,75
hm (mm)	1,65	1,79	0,44	0,46

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cada vez mais o ruído causado pelo tráfego rodoviário tem se tornado um quesito de projeto de rodovias rurais e urbanas e tem sido alvo de pesquisas e preocupação da sociedade em geral. O artigo apresentou, a partir de 363 medidas de NPS em 2 trechos diferentes da



rodovia BR 158, o cálculo do SPBI (Statistical Pass-by Index) através do qual foi possível verificar a importância do tipo de pavimento sobre o ruído ambiental. Esse índice é bastante adequado para caracterização do ruído, visto que a média direta dos valores medidos não pondera a velocidade e a composição de tráfego de cada via.

O CBUQ foi o tipo de revestimento que apresentou os maiores valores de ruído (82,00 dB (A)), sendo que o CPA apresentou menor valor (77,67dB (A)).

As diferenças de valores entre revestimentos chegam a 4,33 dB (A), o que representa perda na energia acústica acima de 50%. Reforça-se, também, que a redução da velocidade traz sensíveis reduções no ruído.

Verificou-se também que em relação a microtextura ambos os trechos se equivalem, estando dentro das recomendações do DNIT em relação a rugosidade das superfícies.

Já na Tabela 5, onde são apresentados os valores de macrotextura obtidos com a realização de 4 ensaios, 2 em cada um dos trechos estudados, da rodovia BR158, localizados no estado do Rio Grande do Sul, nota-se uma grande amplitude de valores para os diferentes revestimentos, desde 0,44mm do trecho de CBUQ tradicional até 1,79mm para o trecho em CPA.

Desta forma, podemos demonstrar que os resultados apresentados indicam a importância de se considerar o tipo de revestimento no ruído ambiental, bem como podem auxiliar na tomada de decisão de futuros projetos de engenharia rodoviária.

## REFERÊNCIAS

- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS) - NBR 10151. Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro. 2000.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS) - NBR 10152. Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro. 1987.
- ALVES, A. Desenvolvimento de uma ferramenta para análise do estudo de impacto de vizinhança na área de emissões sonoras. 2013.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard test method for measuring surface frictional properties using the British pendulum tester. D303-93. In: ASTM ...Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, v 4.03, 5p. 2000.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard test method for measuring pavement macrotexture depth using a volumetric technique. D965-96. In: ASTM ...Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, v 4.03, 3p. 2000.
- BAUGHAM, C., CHINN, L., HARRIS, G., STAIT, R., PHILIPS, S. Resurfacing a Motorway with Porous Asphalt: Effects on Rural Noise Exposure and Community Response. 2002.
- BENDTSEN H., RAABERG J. “French Experiences on Noise Reducing Thin Layers”. Disponível em <http://www.vejdirektoratet.dk/publikationer/VInot028/index.htm>. Denmark. 2006.
- CAMOMILLA, G., LUMINARI, M. Silent Road for Urban and Extra-Urban Use: the Innovative resilient and resonant pavements, proceedings of the 5th symposium on pavement surface characteristics, Toronto, Canada. 2004.
- DESCORNET, G., FAURE, B., HAMET, J., KESTEMONT, X., LUMINARI, M., QUARESMA, L., SANDULLI D. Traffic Noise and Road Surfaces: State of the Art, Report for SIRUUS project, Belgian Road Research Centre, Brussels. 2000.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Manual de estudos de tráfego. Publicação IPR723. Rio de Janeiro, 2006. 384p.
- FERNANDES, J.C. Acústica e ruídos, 2002.

- FREITAS E., PEREIRA P., PICADO-SANTOS L., SANTOS A. A influência da água no ruído produzido pelo tráfego rodoviário. Universidade do Minho, Portugal. 2006.
- FUJIWARA, T., MEIARASHI, S., NAMIKAWA, Y., HASEBE M. Noise Reduction Effect of Porous Elastic Road Surface and Drainage Asphalt Pavement, Proceedings of the 84th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington. 2005.
- GERGES, S. N.Y. Ruído: Fundamentos e Controle. 2. ed. Florianópolis: UFSC, NR Editora, 2000. 600 e 676p. 1992.
- HANSON, D. I., DONAVON, P., JAMES, R. Tire/pavement noise characteristics for HMA pavements. Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, v.74, p.1-38, 2005.
- HOFMAN, R., KOOIJ, J. Results from the Dutch Noise Innovation Program Road Traffic (IPG) and Roads to the Future Program (WnT), Proceedings of Internoise 2003, 32nd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Korea. 2003.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 11819: Acoustics - measurement of the influence of road surface on traffic noise. Genebra, 1997, Parte 1. 31p.
- PASQUET, A. Campagne nationale de glissance 1967 em France. Colloque international sur la glissance et la sécuritté de la circulation sur routes moullées. Berlin. 717-732. 1968.
- SANDBERG, U., EJSBOM, J. Tyre/Road Noise Reference Book, Sweden. 2002.
- SANS. 2006. Evaluación del Ruido de Rodadura en Carreteras. Ciudad Real.
- SILVIA. Guidance Manual for the Implementation of Low-Noise Road Surfaces. Brussels. Belgium. 2006.
- SPECHT, L. P., CALLAI, S. C., KHATCHATOURIAN, O. A., KOHLER, R. Avaliação do ruído através do SPBI (Statistical Pass-By Index) em diferentes pavimentos. 2009.
- URBONAS, B., STAHRÉ, P. Stormwater – Best management practices and detention for water quality, drainage, and CSO management – PTR Prentice Hall, Inc., 1993, 449 pg.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF TRANSPORTATION / FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. *Highway traffic noise analysis and abatement policy and guidance*. Washington, 1995. 95p.
- WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). *Novas Evidências dos Efeitos na Saúde Relacionadas com o Ruído de Tráfego na Europa*. 2011.