

ANÁLISE DE DIFERENTES INTERVENÇÕES PARA O CONTROLE DE RUÍDO DE UMA RODOVIA

Um estudo de caso considerando barreiras acústicas, velocidade de tráfego, tipos de veículos e asfalto

Murilo Cardoso Soares ¹, José Carlos Giner ², Marcelo Santos Brites ³, Yann Ardanaz de Sá ³, Raquel Rossatto Rocha ⁴

¹ GINER, M.e, murilo@giner.com.br

² GINER, Eng., jcginer@giner.com.br

³ GINER, Eng., lab@giner.com.br

⁴ GINER, MSc., raquel@giner.com.br

RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso analisando diversas soluções para o controle de ruído de uma rodovia na cidade de São Paulo. O objetivo desse controle do ruído é diminuir o nível de pressão sonora incidente nas fachadas das torres de um empreendimento residencial localizado próximo à rodovia. Diferentes cenários são analisados com o auxílio do *software* CadnaA – DataKustik. As intervenções consideradas foram: construção de barreiras acústicas, redução da velocidade máxima permitida para os veículos na via, restrição da passagem de grandes veículos de carga e alteração no pavimento da rodovia. Observou-se que, para atender ao critério de avaliação do nível de pressão sonora em decorrência do uso e ocupação do solo, estipulado na norma ABNT NBR 10151:2019, seria necessária uma combinação entre as diferentes intervenções propostas.

PALAVRAS-CHAVE: Paisagem sonora, controle de ruído, barreiras acústicas, ruído rodoviário

ABSTRACT: The goal of the present work is to present a study case analysing different solutions for the noise control of a highway in São Paulo city. The goal of this noise control is to reduce the sound pressure level incident on the facades of a residential building located near the highway. Different scenarios are analysed using the software CadnaA – DataKustik. The interventions considered are: acoustic barriers, reduction of the maximum velocity allowed for the vehicles on the highway, restriction of the passage of large cargo vehicles and change of highway pavement. It was observed that, to meet the criterion for evaluating the sound pressure level as a result of land use and occupation, stipulated in the norm ABNT NBR 10151:2019, it would be necessary a combination of the different interventions proposed.

KEYWORDS: Soundscape, noise control, acoustic barrier, road noise

1. INTRODUÇÃO

O tema da paisagem sonora urbana é de extrema importância sendo o tráfego de veículos uma das principais fontes de poluição sonora em grandes cidades e áreas urbanas [1]. Por isso, é importante a análise e desenvolvimento de soluções que visem o controle desse tipo ruído.

No Brasil, ainda não existe uma norma em vigor que trate a respeito da medição e avaliação de níveis de pressão sonora provenientes de sistemas de transporte rodoviário. A norma ABNT NBR 16425-6, específica para essa aplicação, encontra-se em fase de elaboração. Por isso, no presente trabalho foram considerados os limites estabelecidos na norma ABNT NBR 10151:2019 [2] como critério para avaliação do resultado obtido para as soluções propostas.

Existem diversas soluções descritas na literatura que tem como objetivo de mitigar o ruído emitido por rodovias. As aplicadas no presente trabalho foram o uso de barreiras acústicas, a



diminuição da velocidade de tráfego dos veículos, a diminuição da quantidade de veículos pesados e a alteração do pavimento da rodovia [3, 4, 5, 6].

2. METODOLOGIA

É analisado o impacto de diferentes intervenções para controlar o ruído emitido por uma rodovia, de forma a diminuir o nível de pressão sonora incidente nas fachadas das torres de um empreendimento residencial localizado próximo à essa rodovia. Para tanto, é utilizada uma ferramenta de simulação computacional obtendo-se o nível de pressão sonora a 2 m das fachadas.

2.1. Modelo 3D para simulação

As simulações para verificação do impacto de cada uma das intervenções foram realizadas no *software* CadnaA – DataKustik [7]. Esse *software* utiliza o método de cálculo de propagação sonora normatizado pela ISO 9613-2 [8]. Variáveis como topografia da região, absorção sonora, edifícios do entorno, distância entre fonte e receptor, extensão da fonte sonora, dimensão das edificações, barreiras e configuração da fonte sonora são consideradas na simulação. A Figura 1 apresenta o modelo 3D utilizado nas simulações.

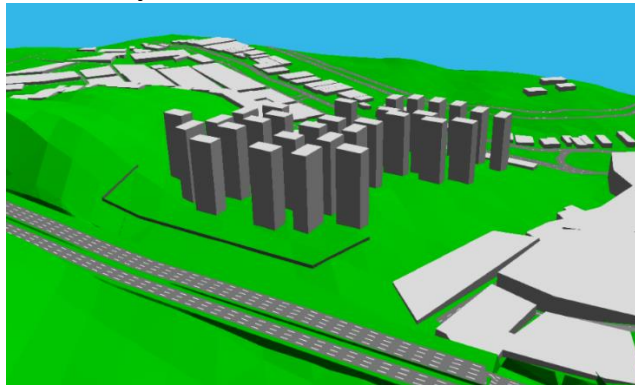


Figura 1: Modelo 3D utilizado nas simulações.

Fonte: Autores.

Para a caracterização do ruído da rodovia utilizou-se os métodos de modelagem apresentados no CNOSSOS (*Common Noise Assessment Methods in Europe*) [9], sendo que o software já contempla tal abordagem. Esse documento apresenta um guia para a padronização da elaboração de mapas de ruído europeus e se mostrou uma abordagem mais apropriada para esse estudo. Para a simulação é necessário modelar a fonte sonora conforme as medições de nível de pressão sonora *in loco*. Para isso a modelagem de rodovias do CNOSSOS possibilita a variação dos parâmetros como: quantidade de veículos por hora, a porcentagem de veículos pesados e de motos, velocidade máxima permitida e tipo da pavimentação utilizada.

Realizaram-se medições nas proximidades da rodovia para conferência do modelo computacional. Durante essas medições realizou-se a contagem de veículos em passagem, diferenciando-se as motos e veículos pesados, bem como a velocidade máxima da rodovia a frente do empreendimento. Tendo-se assim os dados de entrada e valores de conferência para a simulação. O tipo de pavimentação adotada foi baseado na inspeção visual realizada durante as medições.

2.2. Zoneamento e definição dos critérios de avaliação

A norma ABNT NBR 10151:2019 estabelece critérios para avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas em função do uso e ocupação do solo no local da medição. Os limites estabelecidos são apresentados no Quadro 1, conforme Tabela 3 da norma.



Tipos de áreas habitadas	RL _{Aeq} Limites de níveis de pressão sonora (dB)	
	Período Diurno	Período Noturno
Áreas de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Quadro 1: Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período.

Fonte: ABNT NBR 10151:2019 [2].

De acordo com o zoneamento definido na legislação do município onde se encontra o empreendimento, ele está localizado em um “Setor de Uso Predominantemente Comercial”, para o qual as categorias de usos permitidos incluem residências, comércio e serviços. Dessa forma, pelos critérios estabelecidos no Quadro 1, pode-se classificar a área como sendo Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa. Dessa forma, o limite diurno é 60 dB e o limite noturno 55 dB. Pela necessidade de se manter sigilo, não é definido no presente trabalho exatamente o município onde se encontra o empreendimento.

3. RESULTADOS DA MITIGAÇÃO DO RUÍDO EMITIDO PELA RODOVIA OBTIDOS COM AS DIFERENTES INTERVENÇÕES

Quatro diferentes intervenções foram consideradas nas simulações, sendo: construção de barreiras acústicas, redução da velocidade máxima permitida para os veículos na via, restrição da passagem de grandes veículos de carga e alteração no pavimento da rodovia. Também é analisado um cenário considerando uma combinação entre essas intervenções. Como premissa para avaliação dos resultados obtidos com as intervenções propostas será considerado o limite noturno para a região, 55 dB.

3.1. Sem intervenção

A Figura 2 apresenta o mapa de ruído obtido sem consideração de nenhuma intervenção. Essa simulação baseia-se nos valores de nível de pressão sonora medidos no entorno da rodovia e na contagem de veículos realizada durante essas medições. Nesse cenário, o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A, L_{Aeq} , a 2 m da fachada é de aproximadamente 73 dB no 6º e 20º pavimentos de uma das torres mais próximas a rodovia. Esses valores serão utilizados como base para análise das intervenções. Como é possível observar, os valores estão acima da premissa adotada, 55 dB.

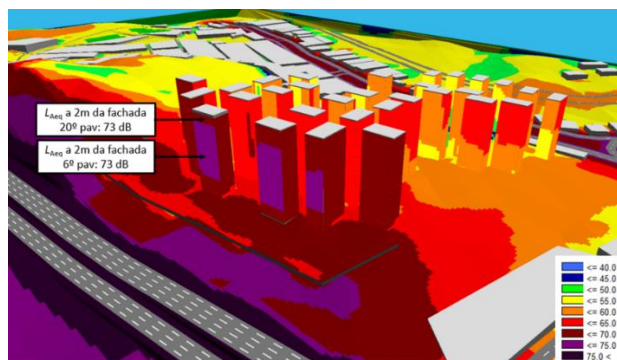


Figura 2: Resultados obtidos no mapa de ruído sem nenhuma intervenção.

Fonte: Autores.



3.2. Primeiro cenário com barreiras acústicas

A Figura 3 apresenta o primeiro conjunto de barreiras considerado para intervenção. A rodovia que é objeto da análise possui vias nos dois sentidos. Uma barreira maior, de 15 m de altura foi posicionada mais próxima ao empreendimento, a uma distância de 6,5 m da pista de rodagem. Outra menor, com 9 m de altura, entre as vias com sentidos opostos. Nesse cenário, as barreiras foram consideradas sem material de absorção, tendo sido considerado um coeficiente de absorção de 0,2 em todas as bandas de frequência.

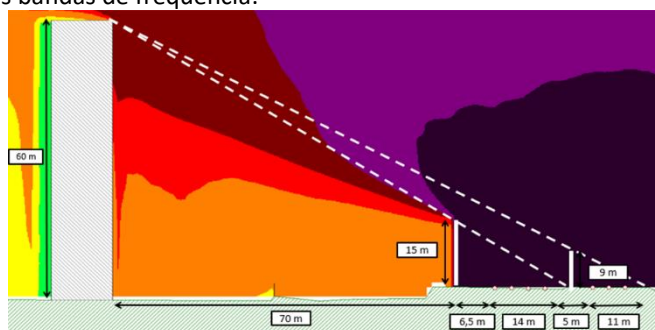


Figura 3: Posicionamento e dimensionamento das barreiras acústicas.

Fonte: Autores.

Na Figura 4 são apresentados os resultados obtidos com essa primeira configuração de barreiras. O nível de pressão sonora, L_{Aeq} , a 2 m da fachada obtido no 6º pavimento é de aproximadamente 59 dB, ou seja, uma redução de 14 dB em relação ao cenário sem intervenção. Já no 20º pavimento o nível obtido foi de aproximadamente 67 dB, ou seja, uma redução de 6 dB. Apesar da redução, os valores estão acima da premissa adotada, 55 dB.



Figura 4: Resultados obtidos no mapa de ruído com barreiras de 15 m e 9 m e com coeficientes de absorção de 0,2 em todas as bandas de frequência.

Fonte: Autores.

3.3. Segundo cenário com barreiras acústicas

A Figura 5 apresenta o resultado obtido com o mesmo conjunto de barreiras considerado na Seção 3.2, porém, com um coeficiente de absorção de 0,8 em todas as bandas de frequência. O nível de pressão sonora, L_{Aeq} , a 2 m da fachada obtido no 6º pavimento é de aproximadamente 59 dB, ou seja, não houve redução em relação a barreira sem absorção, sendo mantida a redução de 14 dB em relação ao cenário sem intervenção. Já no 20º pavimento o nível obtido foi de aproximadamente 65 dB, ou seja, uma redução de 2 dB em relação ao cenário sem absorção na barreira e de 8 dB em relação ao cenário sem absorção. Apesar da redução, os valores estão acima da premissa adotada, 55 dB.



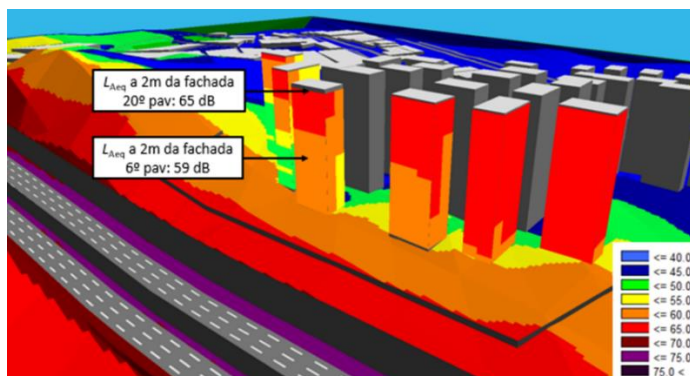


Figura 5: Resultados obtidos no mapa de ruído com barreiras de 15 m e 9 m e com coeficientes de absorção de 0,8 em todas as bandas de frequência.

Fonte: Autores.

3.4. Terceiro cenário com barreiras acústicas

Como não foi possível atingir a premissa de 55 dB com a configuração proposta na Seção 3.3, avaliou-se aumentar a altura das barreiras. Nesse cenário, considerou-se uma barreira de 20 m próxima ao empreendimento e outra de 14 m entre as vias com sentidos opostos sendo que ambas possuem coeficiente de absorção de 0,8 em todas as bandas de frequência. A Figura 6 apresenta o resultado obtido. O nível de pressão sonora, L_{Aeq} , a 2 m da fachada obtido no 6º pavimento é de aproximadamente 58 dB, ou seja, uma redução de 15 dB em relação ao cenário sem intervenção. Já no 20º pavimento o nível obtido foi de aproximadamente 63 dB, ou seja, uma redução de 10 dB em relação ao cenário sem absorção. Apesar da redução, os valores estão acima da premissa adotada, 55 dB.

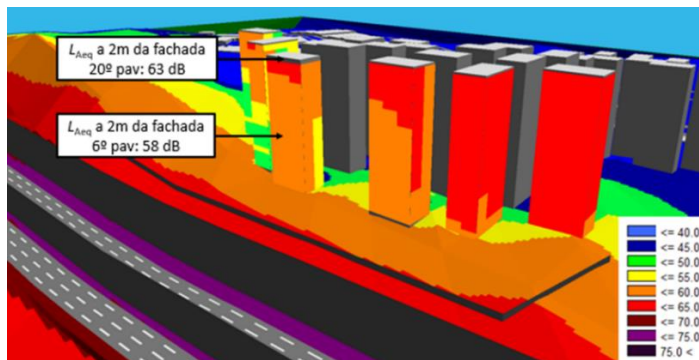


Figura 6: Resultados obtidos no mapa de ruído com barreiras de 20 m e 14 m e com coeficientes de absorção de 0,8 em todas as bandas de frequência.

Fonte: Autores.

3.5. Redução de 20 km/h em todas as pistas

Outra medida para o controle de ruído é atuação diretamente na fonte. Foi realizada simulação reduzindo 20 km/h em todas as pistas da rodovia que tem como limites máximos de velocidade 100 km/h para veículos leves e 90 km/h pesados. Portanto, os novos limites de velocidade da via adotados para simulação foram de 80 km/h para veículos leves e 70 km/h para veículos pesados. Os resultados da simulação são apresentados na Figura 7. O nível de pressão sonora, L_{Aeq} , a 2 m da fachada é de aproximadamente 71 dB no 6º e 20º pavimentos. Dessa forma, se obteve uma redução de 2 dB em relação ao cenário sem intervenção. Os valores obtidos estão acima da premissa adotada, 55 dB.



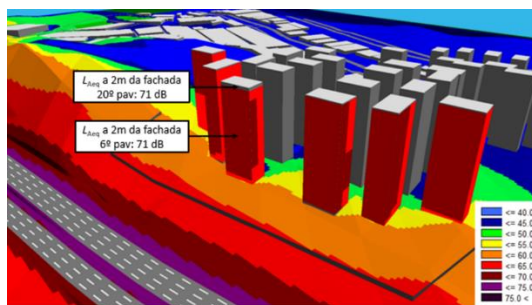


Figura 7: Resultados obtidos no mapa de ruído com redução de 20 km/h em todas as pistas da rodovia.

Fonte: Autores.

3.6. Redução de 30 km/h em todas as pistas

Foi também realizada simulação considerando uma redução de 30 km/h em todas as pistas da rodovia. Portanto, os novos limites de velocidade da via adotados para simulação foram de 70 km/h para veículos leves e 60 km/h para veículos pesados. Os resultados da simulação são apresentados na Figura 8. O nível de pressão sonora, L_{Aeq} , a 2 m da fachada é de aproximadamente 70 dB no 6º e 20º pavimentos de uma das torres mais próximas à rodovia. Assim, se obteve uma redução de 1 dB em relação ao cenário com redução de 20 km/h na velocidade máxima dos veículos nas vias e de 3 dB em relação ao cenário sem intervenção. Esses valores serão utilizados como base para análise das intervenções. Os valores obtidos estão acima da premissa adotada, 55 dB.

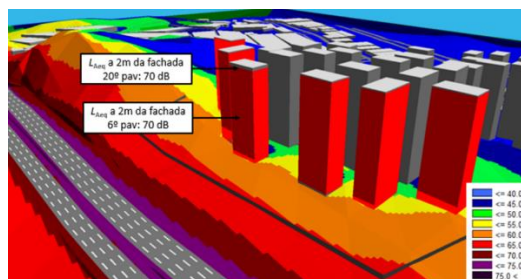


Figura 8: Resultados obtidos no mapa de ruído com redução de 30 km/h em todas as pistas da rodovia.

Fonte: Autores.

3.7. Subtração de todos os caminhões

Outro cenário avaliado foi com a subtração de todos os caminhões das pistas da rodovia. De acordo com a contagem realizada durante as medições, esse tipo de veículo corresponde a 20% do total de passagens. Os resultados da simulação são apresentados na Figura 9. O nível de pressão sonora, L_{Aeq} , a 2 m da fachada é de aproximadamente 71 dB no 6º e 20º pavimentos. Assim, se obteve uma redução de 2 dB em relação ao cenário sem intervenção. Os valores obtidos estão acima da premissa adotada, 55 dB.

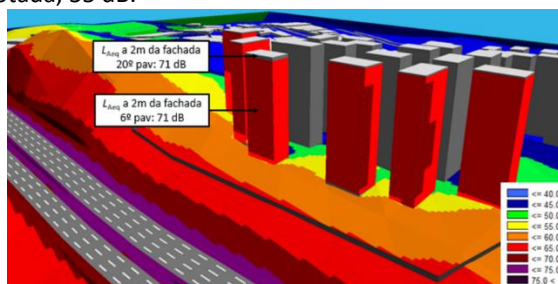


Figura 9: Resultados obtidos no mapa de ruído com subtração de todos os caminhões.

Fonte: Autores.



3.8. Troca de pavimentação

Uma das possibilidades de intervenção é alterar a composição do pavimento da rodovia. Considerou-se uma pavimentação porosa de duas camadas. A estrutura asfáltica utilizada, conhecida como *Double layered porous asphalt surface*, é composta por uma camada inferior porosa mais espessa e com maior tamanho de grânulos e outra camada superior porosa com grânulos de menor tamanho e mais densamente compactada. Os resultados da simulação são apresentados na Figura 10. O nível de pressão sonora, L_{Aeq} , a 2 m da fachada é de aproximadamente 68 dB no 6º e 20º pavimentos. Assim, em ambos os casos, se obteve uma redução de 5 dB em relação ao cenário sem intervenção. Os valores obtidos estão acima da premissa adotada, 55 dB.

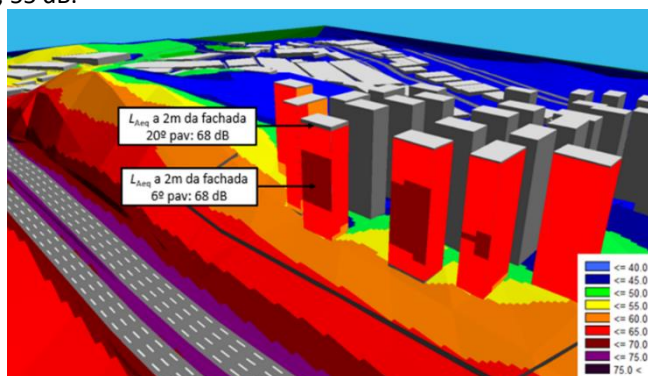


Figura 10: Resultados obtidos no mapa de ruído com troca de pavimentação da rodovia.

 Fonte: Autores.

3.9. Combinação entre as intervenções

Devido ao alto nível de pressão sonora emitido pela rodovia, foi necessário combinar as diferentes intervenções, inserindo barreiras acústicas como medidas de intervenção de forma a maximizar a redução de ruído da via. Nesse cenário considerou-se barreiras com 20 m e 15 m de altura com coeficiente de absorção de 0,8 em todas as bandas de frequência, uma redução de 20 km/h na velocidade máxima dos veículos em todas as pistas da rodovia e a utilização de pavimentação do tipo *Double layered porous asphalt surface*. Os resultados da simulação são apresentados na Figura 11. O nível de pressão sonora, L_{Aeq} , a 2 m da fachada obtido no 6º pavimento é de aproximadamente 50 dB, ou seja, uma redução de 23 dB em relação ao cenário sem intervenção. Já no 20º pavimento, o nível obtido foi de aproximadamente 55 dB, ou seja, uma redução de 18 dB em relação ao cenário sem intervenção. Com essa combinação entre diferentes soluções foi possível atender ao limite considerado como premissa, de 55 dB.

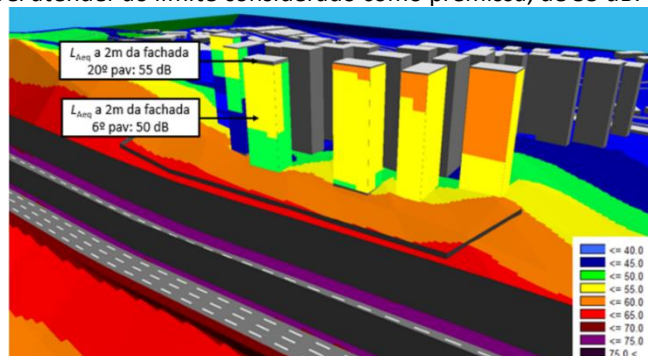


Figura 11: Resultados obtidos no mapa de ruído com barreiras com 20 m e 15 m de altura com coeficiente de absorção de 0,8 em todas as bandas de frequência, redução de 20 km/h na velocidade máxima dos veículos e troca da pavimentação da rodovia.

 Fonte: Autores.



4. CONCLUSÃO

A análise da paisagem sonora urbana é um tema de extrema importância. Nesse sentido, devem ser estabelecidas e analisadas formas de controle de ruído, especialmente daquele provocado por tráfego rodoviário. No presente trabalho foi analisado o impacto de diversas intervenções em uma rodovia visando diminuir o nível de pressão sonora obtido nas fachadas de um empreendimento próximo à via. Conclui-se que, no estudo de caso analisado, seria necessária a combinação de diferentes intervenções para que o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A, L_{Aeq} , estivesse de acordo com as normas técnicas e legislações pertinentes. As intervenções consideradas foram barreiras com 20 m e 15 m de altura com coeficiente de absorção de 0,8 em todas as bandas de frequência, redução de 20 km/h na velocidade máxima dos veículos em todas as pistas da rodovia e a utilização pavimentação do tipo *Double layered porous asphalt surface*. Ainda, é necessário salientar a complexidade em controlar a propagação de ruído rodoviário em determinadas situações, visto a dificuldade de implementação, sobretudo das soluções apresentadas envolvendo a construção de barreiras acústicas de dimensões elevadas.

AGRADECIMENTOS

À empresa Giner, por fornecer as condições necessárias para que o presente trabalho pudesse ser executado.

REFERÊNCIAS

- (1) Ouis, D. (2001). Annoyance from road traffic noise: a review. *Journal of environmental psychology*, 21(1), 101-120.
- (2) Associação Brasileira de Normas Técnicas (2019). *Acústica — Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas — Aplicação de uso geral* (NBR N° 10151). <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/6039/nbr10151-acustica-medicao-e-avaliacao-de-niveis-de-pressao-sonora-em-areas-habitadas-aplicacao-de-uso-geral>
- (3) Ekici, I., & Bougdah, H. (2003). A review of research on environmental noise barriers. *Building Acoustics*, 10(4), 289-323.
- (4) Iannone, G., Guarnaccia, C., & Quartieri, J. (2013). Speed distribution influence in road traffic noise prediction. *Environmental Engineering And Management Journal*, 12(3), 493-501.
- (5) Gündoğdu, Ö., Gökdağ, M., & Yüksel, F. (2005). A traffic noise prediction method based on vehicle composition using genetic algorithms. *Applied acoustics*, 66(7), 799-809.
- (6) Sandberg, U. (1987). Road traffic noise—The influence of the road surface and its characterization. *Applied Acoustics*, 21(2), 97-118.
- (7) Karantonis, P., Gowen, T., & Simon, M. (2010). Further comparison of traffic noise predictions using the CadnaA and SoundPLAN noise prediction models. In *Proceedings of 20th International Congress on Acoustics, ICA* (pp. 23-27).
- (8) International Organization for Standardization (2014). *Acoustics — Attenuation of sound during propagation outdoors — Part 2: General method of calculation* (ISO Standard N° 9613-2). <https://www.iso.org/standard/20649.html>.
- (9) Kephelopoulos, S., Paviotti, M., & Anfosso-Lédée, F. (2012). Common noise assessment methods in Europe (CNOSSOS-EU). *Common noise assessment methods in Europe (CNOSSOS-EU)*, 180-p.

