



ISSN: 2525-815X

Journal of Environmental Analysis and Progress

Journal homepage: www.jeap.ufrpe.br/

10.24221/jeap.6.3.2021.4162.221-230



Análise espacial da poluição sonora no centro urbano de Sorocaba (SP)

Spatial analysis of noise pollution in the urban center of Sorocaba (São Paulo State), Brazil

Andréia Santos Sandin^a, Rafaela Aparecida Castilho Ventura Gomes^a, Vanessa Cezar Simonetti^{ab}, Darllan Collins da Cunha e Silva^c

^a Universidade de Sorocaba-UNISO, Departamento de Engenharia Ambiental. Rod. Raposo Tavares, km 92,5, Sorocaba, São Paulo, Brasil. CEP 18023-000. E-mail: andrea_sandin@hotmail.com, rafaelacastilhosr@gmail.com.

^b Universidade Estadual Paulista-UNESP, Instituto de Ciência e Tecnologia. Av. Três de Março, n. 511, Sorocaba, São Paulo, Brasil. CEP: 18087-180. E-mail: va_simonetti@hotmail.com.

^c UNESP, Campus de Registro, Departamento de Engenharia de Pesca. Av. Nelson Brihi Badur, n. 430, Registro, São Paulo, Brasil. CEP: 11900-000. E-mail: darllan.collins@unesp.br.

ARTICLE INFO

Recebido 16 Fev 2021

Aceito 26 Jul 2021

Publicado 07 Set 2021

ABSTRACT

The accentuated population growth and the expansion of cities with the urbanization processes without adequate planning have impacted several aspects of the environment. In this scenario, exposure to noise stands out, which can cause harmful effects to the population. This study aimed to evaluate the spatial dispersion of noise in the Urban Center of the city of Sorocaba (SP). Schools and hospitals had special attention in measurements, as they are areas that require greater acoustic comfort. Sound measurements were performed in three data collection campaigns. A digital decibelimeter and a Global Positioning System (GPS) were georeferenced to the sample points to perform these measurements. The results of the measurements were compared with standard NBR 10.151/2000 and the Municipal Law nº 11.367/2016. In contrast, spatial variability was performed using the distance-weighted inverse method. School units and hospitals were the focus of the study; however, the measures expanded beyond the Central Zone, with 103 sampled points, whit 98% of schools and colleges are above the limit of 50 dB established by the legislation for the diurnal period; of the hospitals, 100% of the samples are above the maximum allowed, while for local including squares, clubs, and sidewalks in front of office building and residences, 84% are above the maximum limit. The fact that practically all sample points are above the permitted limit demonstrates the need for educational measures and actions to control the traffic in Sorocaba.

Keywords: Noise, law, GIS, hospitals, schools.

RESUMO

O acentuado crescimento populacional e a expansão das cidades em conjunto com os processos de urbanização sem planejamento adequado têm impactado em diversos aspectos o ambiente. Neste cenário, destaca-se a exposição ao ruído, que pode causar efeitos deletérios à população. Este estudo objetivou avaliar a dispersão do ruído de forma espacializada no Centro Urbano do município de Sorocaba (SP). As escolas e hospitais tiveram atenção especial nas medições, pois são áreas que necessitam de maior conforto acústico. Os resultados das medições foram confrontados com a Norma ABNT NBR 10.151/2000 e a Lei Municipal nº 11.367/2016. As medições sonoras foram realizadas em três campanhas de coleta de dados. Para realizar essas medições foram utilizados um decibelímetro e um *Global Positioning System* (GPS) para georreferenciar os pontos amostrais, enquanto a variabilidade espacial foi realizada pelo método do inverso ponderado da distância. As unidades escolares e hospitais foram o foco do estudo, entretanto, as medidas se expandiram além da Zona Central, com 103 pontos amostrados, sendo que 98% das escolas e faculdades

encontram-se acima do limite de 50 dB estabelecido pela legislação para o período diurno. Quanto aos hospitais, 100% das amostras estão acima do máximo permitido, enquanto, para os locais abrangendo praças, clubes e calçadas, em frente aos comércios e residências, 84% estão acima do limite máximo. O fato de praticamente todos os pontos amostrados estarem acima do limite permitido demonstra a necessidade de medidas educativas e a elaboração de ações de fiscalização do trânsito de Sorocaba.

Palavras-Chave: Ruído, legislação, SIG, hospitais, escolas.

Introdução

O acentuado crescimento populacional tem acarretado problemas em diversos aspectos do ambiente (Spinelli et al., 2016; Silva et al., 2018; Simonetti, Silva & Rosa, 2019). O avanço das cidades e os processos de urbanização sem planejamento adequado impactam negativamente os recursos ambientais e promovem um aumento significativo da poluição do solos, água e ar (Simonetti et al., 2019; Nery et al., 2020; Silva et al., 2021a), além de causar efeitos deletérios à população devido à exposição ao ruído (Prudencio, Soares & Oliveira, 2014; Gozalo et al., 2016; Han et al., 2018).

O processo de desenvolvimento urbano dos municípios do estado de São Paulo foi bastante conturbado, sendo um dos mais complexos do país, uma vez que a expansão econômica do estado atraiu um elevado contingente populacional devido ao complexo cafeeiro da região (Caiado & Santos, 2003; Manfredini, Guandique & Rosa, 2015). Além dos processos de degradação ambiental advindos da acelerada urbanização, Barbosa & Júnior (2009) e Simonetti et al. (2021) destacam a degradação social como um processo inerente à acelerada urbanização.

Nos centros urbanos das grandes cidades são encontrados diversos problemas, dos quais destaca-se o ruído. De acordo com Costa, Cruz & Oliveira (2006), o incômodo causado pela emissão de ruído remonta a Roma antiga, onde os veículos cuja tração era realizada por animais e que transitavam pelas ruas, geravam desconforto para os moradores que relatavam ter dificuldades para dormir e conversar.

De modo geral, as pessoas são mais afetadas pela exposição ao ruído do que qualquer outro poluente; entretanto, ainda que este não apresente uma grande ameaça se comparado a outros poluentes, o ruído encontra-se em último lugar na lista de prioridades ambientais (Lacerda et al., 2005; Bistafa, 2011).

Conforme salientado por Costa, Cruz & Oliveira (2006), dependendo da intensidade e o tempo de exposição ao ruído, pode haver algumas implicações na saúde. Em uma sociedade onde a maioria das atividades realizadas produz algum tipo de som, Sapata, Soares & Lisot (2011) relatam que a população exposta a níveis elevados de ruído

pode desencadear problemas auditivos, esgotamento psíquico, irritabilidade, entre outros. Han et al. (2018) descrevem que os sons do ambiente são emitidos pelos animais, por aspectos geofísicos, tais como o vento e trovões, e também pelas atividades antrópicas. No entanto, o ruído antrópico tem se sobressaído aos demais devido ao acelerado processo de urbanização.

Segundo Russo (1999), a população residente nas grandes cidades está imersa em uma atmosfera de ruídos. Os bombardeios sonoros, citados pelo autor, ocorrem em diversos momentos, desde o ambiente de trabalho e até mesmo os destinados ao lazer.

Nesse sentido, o estudo realizado por Prudencio, Soares & Oliveira (2014), no centro urbano de Maringá (PR), analisou doze pontos referentes aos níveis de ruído no período matutino. Em 100% do período da medição que durou 5 minutos, a população ficou exposta ao ruído acima do permitido, segundo a NBR 10.151/2000 (ABNT, 2000). O estudo realizado por Almeida et al. (2016), em Laranjal do Jari (Amapá), objetivou medições da pressão sonora em logradouro público, nos arredores de um hospital, totalizando 600 medições, divididas no período diurno (67,2 dB) e noturno (66,8 dB), ambos acima do permitido pela norma.

Em outro estudo realizado por Zannin et al. (2002), em Curitiba (PR), cujo objetivo consistiu em identificar as principais reações e as principais fontes de ruído causadoras de incômodo à população, foram avaliados 860 questionários, onde verificou-se que o tráfego de veículos foi a principal causa de desconforto, representando 73% da pesquisa.

Apesar de diversos estudos sobre os malefícios na saúde humana causada pela poluição sonora, são poucos os estudos no município de Sorocaba (SP) sobre essa problemática. O município passou a pertencer à Região Metropolitana de Sorocaba (RMS) em 2014, após ser sancionada a Lei Complementar Estadual nº 1.241, em 08 de maio de 2014 (São Paulo, 2014), composta por 27 municípios (Lourenço et al., 2015). Tal fato potencializou a urbanização do município devido ao seu relevante papel no cenário econômico do estado (Oliveira et al., 2016; Silva et al., 2021b).

O centro urbano do município passou por um processo de reestruturação a partir de 1860, conforme relatado por Manfredini, Guandique & Rosa (2015). De acordo com os autores, a industrialização transformou a realidade do município. Nesse sentido, a zona central se tornou o palco do comércio e serviços, sendo assim até os dias atuais (Santoro, Cymbalista & Nakahima, 2007).

Portanto, o objetivo desta pesquisa consistiu na avaliação da propagação do ruído na zona urbana central do município Sorocaba (SP), proveniente do trânsito e sua influência em instituições de ensino e hospitais localizados neste centro urbano.

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado no município de Sorocaba, São Paulo (Figura 1), localizado sob a latitude $23^{\circ}30'06''$ Sul e longitude $47^{\circ}27'29''$ Oeste. O município foi fundado em 1654, entretanto, em 1599 foi instituída a primeira vila da região de Sorocaba (Manfredini, Guandique & Rosa, 2015).

A expansão urbana do município ocorreu no entorno do rio Sorocaba, extrapolando o limite definido no Plano Diretor Municipal (Sorocaba, 2014) com a presença de diversos setores econômicos e sistemas básicos habitacionais (Santoro, Cymbalista & Nakahima, 2007). Quanto à população atual, segundo estimativas do IBGE para o ano de 2020, é de 687.357 pessoas (IBGE, 2021).

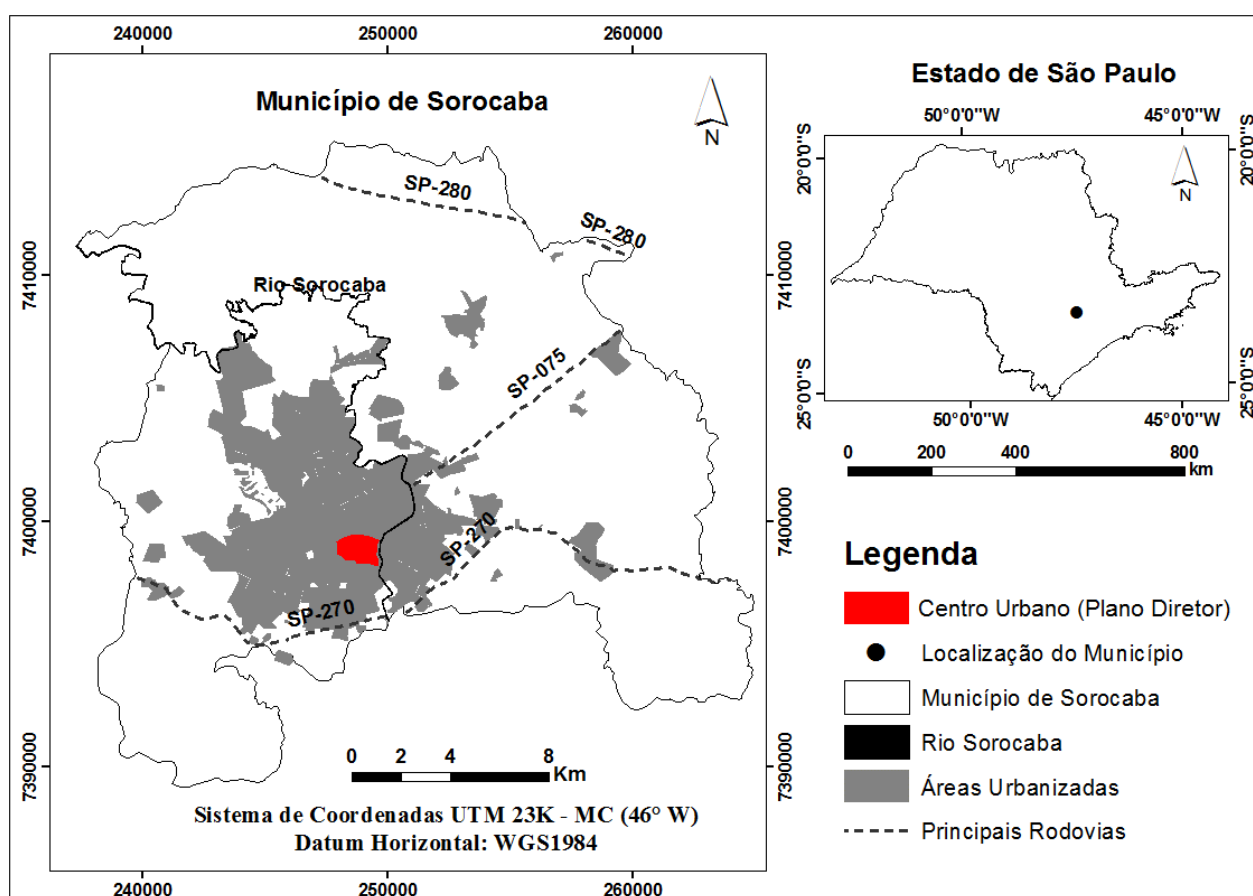


Figura 1. Mapa espacial de localização da área de estudo, município de Sorocaba-SP, Brasil. Fonte: Sandin et al. (2021).

Relevância e seleção dos pontos amostrais

Visando a preocupação com a poluição sonora advinda especificamente do centro de Sorocaba, é de extrema importância conhecer as Leis que abordem essas questões, uma vez que devem garantir que a democracia e os direitos de todos sejam respeitados. A cidade de Sorocaba possui legislação própria sobre poluição sonora, Lei nº11.367 de 12 de julho de 2016 (Sorocaba, 2016), portanto mais restritiva, que dispõe sobre o

controle e fiscalização que gerem poluição sonora, impõe penalidades e dita outras providências. O estudo também tem como parâmetro a seguir, a Norma ABNT NBR 10151/2000 - Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade (ABNT, 2000).

As medições sonoras foram realizadas em três campanhas de coleta de dados, entre os dias 21 e 24 de março, 04 de abril, e 02 de maio de 2019. Os horários de coleta foram das 10h30min às

16h00min. Todas as medições foram realizadas em dias úteis, isto é, não considerando sábados, domingos e feriados - dias atípicos.

As medidas foram realizadas em logradouros públicos com o auxílio de um decibelímetro que segue os parâmetros exigidos pela NBR 10.151/2000 (ABNT, 2000), da marca Lutron Eletronic Enterprise, modelo SL-4001. O equipamento ficou exposto durante 5 minutos realizando a medição do ruído, posicionado a aproximadamente 1,2 m do solo. O pico da medição foi considerado como o valor da amostra. Para obtenção das coordenadas dos pontos amostrais foi utilizado o equipamento GPS (*Global Positioning System*) da marca Megellan Triton e os dados foram geoespacializados no *software* Google Earth (2019), enquanto o layout dos mapas foi gerado no ArcGis 10.4.1 (Esri, 2016).

Para a interpolação dos dados dos pontos de pressão sonora (Figura 2), foi utilizado o ArcGis 10.4.1 (Esri, 2016). Os pontos foram vetorizados para o formato de arquivo *shapefile*, posteriormente foram submetidos a testes de interpolação, para seleção do método que melhor representasse à área de estudo e como o som se propagaria pela área.

Para analisar a variabilidade espacial dos dados calculados foi utilizado o método inverso ponderado da distância, comumente conhecido como IDW – *Inverse Distance Weighted*, que, segundo Landim (2000), é um dos métodos de interpolação mais utilizados. O valor do expoente escolhido para a aplicação do modelo IDW foi igual a 3, pois expoentes altos suavizam anomalias locais (Landim, 2000). A Equação (1) expressa o processo de cálculo do valor a ser estimado pelo método do IDW.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{Z_i}{h_{ij}^\beta} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{h_{ij}^\beta} \right)} \quad \text{Eq.(1)}$$

onde Z = Valor interpolado para o nó reticulado (grid); Zi = Valor do ponto amostrado vizinho ao nó; hij = Distância entre o nó da grade e Z; β = Expoente de ponderação (peso); n = Número de pontos amostrados utilizados para interpolar cada nó.

Foram selecionados 103 pontos de medição de ruído dispersos pela região central (Figura 2), se concentrando nas suas principais vias.

Os pontos selecionados na região central tiveram como foco as unidades escolares e hospitalares, uma vez que a Legislação é mais rigorosa para esses ambientes que demandam um maior conforto acústico. Desses 103 pontos, 49 são instituições de ensino e 10 são hospitais. Os mesmos tiveram especial atenção, pois a NBR 10.151/2000 (ABNT, 2000) estabelece que, em área estritamente residencial urbana, de hospitais ou de escolas, possuam o máximo de 50 dB diurno e 45 dB noturno.

Nesse sentido, alguns pontos contemplados no estudo extrapolaram os limites da zona central (Figura 2) por serem considerados pontos de interesse, tais como as escolas e hospitais públicos e privados. Ainda, estes foram selecionados por apresentarem uma malha regular de distribuição no processo de interpolação, visto que, a utilização de uma malha distribuída de forma esparsa, segundo Landim (2000), poderia produzir distorções nos processos de interpolação, interferindo nos resultados e reduzindo sua acurácia.

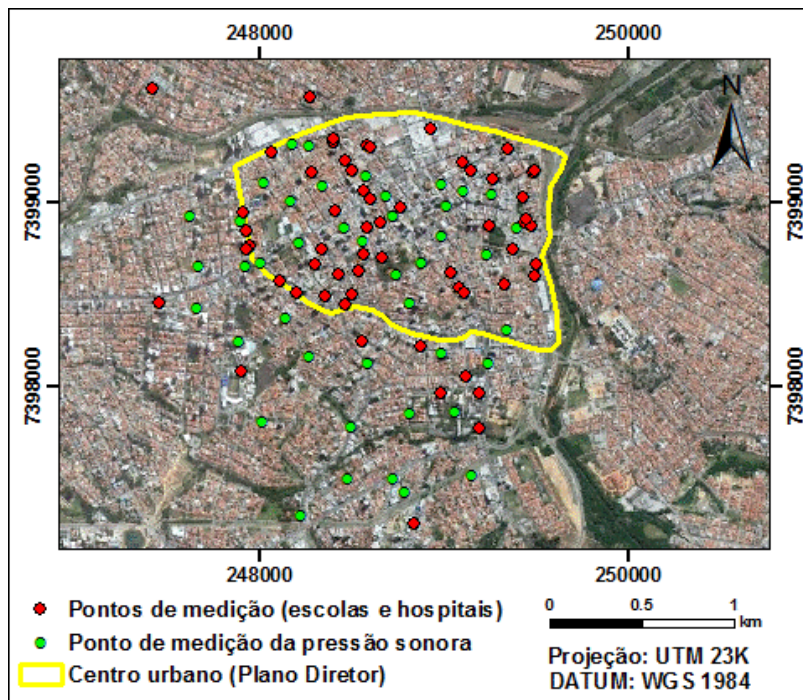


Figura 2. Pontos de medição de ruído no centro urbano de Sorocaba-SP, com destaque para escolas e hospitais públicos e privados. Fonte: Sandin et al. (2021).

Os pontos amostrados (Figura 2) foram relevância, pois são locais que não devem apresentar incômodo acústico para seus frequentadores.

Os valores obtidos nas medições foram confrontados com a Lei Municipal 11.367, de 12 de julho de 2016 (Sorocaba, 2016), que leva em

consideração o valor estabelecido pela NBR 10.151/2000 (ABNT, 2000).

Resultados e Discussão

Considerando os valores de ruído obtidos em campo, os resultados da distribuição espacial do ruído podem ser observados na Figura 3.

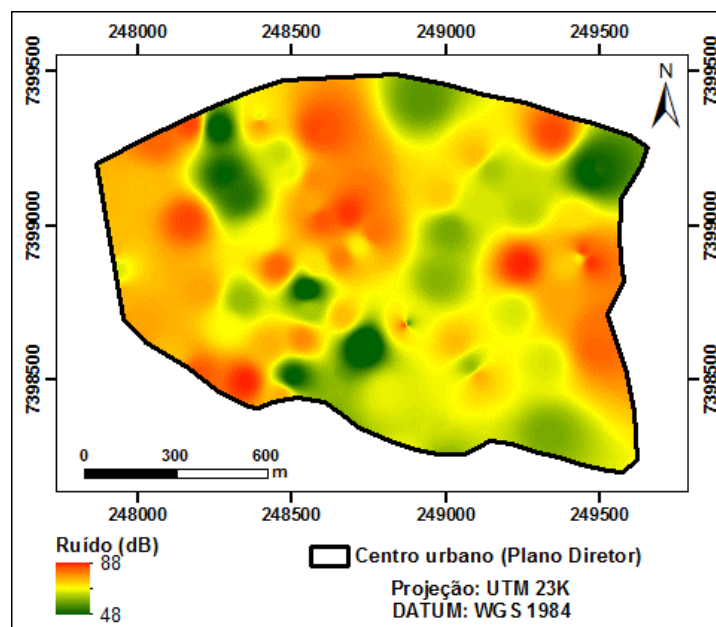


Figura 3. Distribuição espacial do ruído no centro urbano de Sorocaba-SP. Fonte: Sandin et al. (2021).

Os dados do ruído distribuídos espacialmente (Figura 3) foram classificados em quatro zonas distintas, sendo distribuídas em Zona Livre, com medições de 45 dB até 50 dB; Zona

Controlada, com medições de 51 dB até 60 dB; Zona de Risco, com medições de 61 dB até 85 dB e Zona Crítica para medições acima de 85 dB, conforme apresentado na Figura 4.

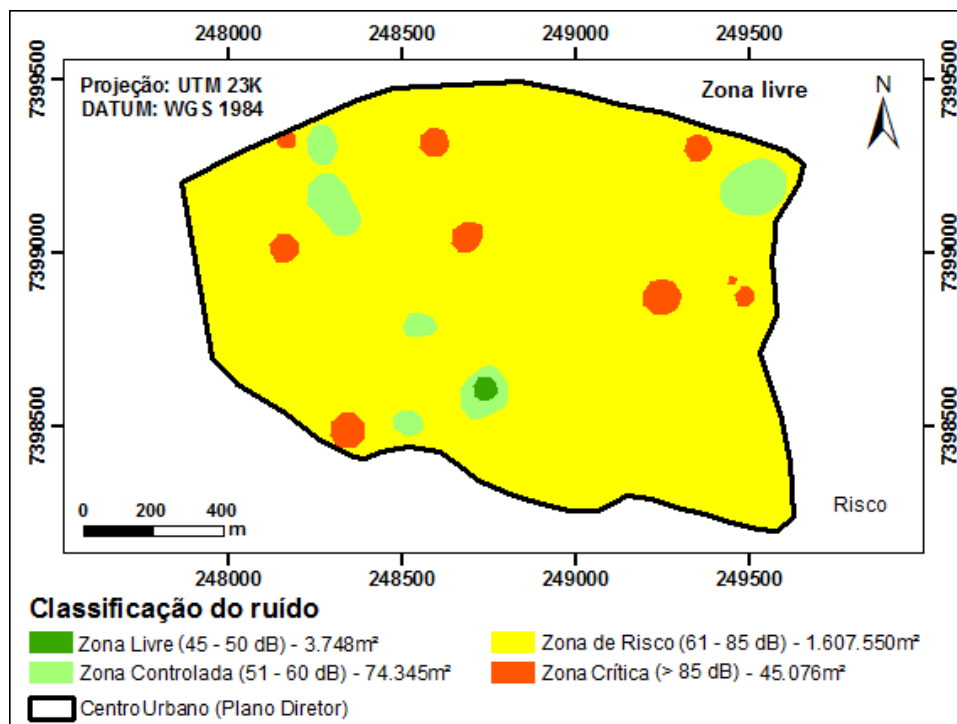


Figura 4. Distribuição espacial do ruído em classes de risco para saúde humana no centro urbano de Sorocaba-SP. Fonte: Sandin et al. (2021).

A partir dos dados coletados foi possível observar que das 49 instituições de ensino (escolas e faculdades), 98% encontram-se acima do limite de 50 dB estabelecido pela legislação para o período diurno, e apresentam média aritmética de 74,65 dB. Dos 10 hospitais analisados, 100% das amostras estão acima do máximo permitido pela NBR 10.151/2000 (ABNT, 2000) e apresentam média aritmética de 70,6 dB.

Assim, foi possível inferir sobre as diferentes classes de ruído e o quanto estas são representativas do estudo. Para tanto, a classe designada Zona Livre, corresponde apenas a 0,2% do estudo, ou seja, é um valor extremamente baixo e um importante indicativo da poluição sonora presente na zona central, visto que a Zona Livre e a Zona Controlada correspondem a 4,5% da área de estudo. As Zonas de Risco e Zona Crítica, computam juntas 95,5% da área de estudo, possuindo assim, valores bastante preocupantes.

Dos 44 locais abrangendo praças, clubes e calçadas em frente aos comércios e residências, 84% estão acima do limite máximo permitido pela NBR 10.151/2000 (ABNT, 2000) de 60 dB (A) diurno para a zona central, apresentando uma média aritmética de 72,52 dB.

O estudo encontrou locais com níveis críticos, podendo ser altamente prejudiciais à saúde humana, ou seja, com valores iguais ou acima de 85 dB. Sendo assim, as pessoas que permanecem diariamente nestes locais por um período entre 5 a 8 horas de exposição estão sujeitas a degradação da sua saúde ao longo dos anos, conforme a Norma Regulamentadora - NR 15, do Ministério do

Trabalho e Emprego, que dispõe sobre as Atividades e Operações Insalubres em seu Anexo I (Brasil, 1978). Diversos estudos apontam a poluição sonora a efeitos deletérios à saúde humana, tais como o realizado por Sorensen et al. (2017), que avaliaram a exposição ao ruído do tráfego rodoviário e ao dióxido de nitrogênio e o associaram ao aumento de insuficiência cardíaca à população exposta; enquanto os estudos de Basner & McGuire (2018) associaram o ruído a distúrbios do sono. Os estudos realizados por Paiva et al. (2019) identificaram uma elevada sensibilidade da população adulta exposta ao ruído do tráfego, causando aborrecimentos, interferindo nas atividades diárias e no descanso, e resultando em fadiga e estresse.

Todavia, os resultados encontrados no presente estudo revelaram diversas áreas críticas no município de Sorocaba, sendo 16% de instituições de ensino (escolas e faculdades), 10% dos hospitais e 11% de praças, clubes e calçadas (Outros). Também foi verificado que apenas 2% das Instituições de Ensino (Escolas e Faculdades) estão dentro dos limites estabelecidos, ou seja, apenas a Faculdade de Direito de Sorocaba (FADI) com 45 dB, atende a Legislação. No ambiente escolar a poluição sonora pode trazer diversos problemas, podendo prejudicar o desempenho cognitivo dos estudantes, além de acarretar problemas de estresse e relacionados à voz dos professores (Chetoni et al., 2016).

Com relação aos Hospitais analisados, o Hospital Samaritano, Hospital Evangélico de Sorocaba, Hospital Leonor, Hospital Santa

Lucinda, Hospital Modelo, Hospital Psiquiátrico Vale das Hortências, Instituto do Coração, o Banco de Olhos de Sorocaba, Hospital Regional e o Centro Médico, todos se encontram acima do limite estabelecido pela Legislação. Estudos alertam sobre os problemas desses locais estarem expostos à poluição sonora. De acordo com Montes-González et al. (2019) e Loupa (2020), o ruído pode causar problemas associados ao sono dos pacientes, prejudicando o descanso e até mesmo a recuperação destes. Ainda, de acordo com os autores, o ruído pode aumentar a incidência de erros médicos e causar desconforto ao hospital em sua totalidade. Andrade et al. (2021) analisaram a influência da pandemia de COVID-19 no ruído ambiental externo de um hospital pediátrico situado em ambiente urbano no centro de Sorocaba, constatando uma significativa redução da poluição sonora no período da quarentena adotada no país (em abril de 2020), resultante da diminuição na circulação de veículos leves e pesados no período noturno.

Quanto às praças, clubes e calçadas, 2,27% estão dentro do limite, ou seja, apenas os locais como o Clube UCENS, Praça Frei Baraúna, Rua 13 de Maio, Rua Saldanha Marinho, Rua Dr. Seme Stéfano e Rua dos Andradas, atendem a Legislação.

Por meio das ferramentas utilizadas no presente estudo, verificou-se que o Centro de Sorocaba possui inúmeros fatores geradores de ruído, tais como casas noturnas, clubes, terminais de ônibus, shoppings, lojas com propaganda de produtos utilizando microfones e caixas de som, além de ruas estreitas com grande concentração de pessoas.

No entanto, os veículos pesados para carga e descarga de alimentos para abastecimento de comércios (mesmo que em horários pré-programados), caminhões, ônibus, motocicletas, bem como a falta de manutenção de grande parte desses automóveis, agravam ainda mais o ruído, principalmente ao que tange o ruído dos escapamentos e da frenagem dos veículos pesados, cabendo salientar que o tráfego de veículos foi o maior causador da poluição sonora no Centro de Sorocaba.

Os resultados obtidos neste estudo foram bem similares ao estudo realizado por Prudencio, Soares & Oliveira (2014) em Maringá (PR), bem como o estudo de Almeida et al. (2016) em Laranjal do Jari (AP), onde ambos encontraram valores de dB acima do limite permitido pela legislação para o Centro da cidade, Instituições de Ensino ou Hospitais. O estudo realizado por Zannin et al. (2002), no município de Curitiba (PR), através de questionários direcionados à

comunidade, revelou que a fonte de ruído que mais gerava incômodo era advinda do trânsito. Ainda, 60% da população entrevistada afirmaram que o ruído na rua onde morava havia aumentado nos últimos anos; portanto, o tráfego de veículos foi a principal causa do desconforto relacionado à poluição sonora.

Estudos realizados por Han et al. (2018) investigaram os efeitos da morfologia urbana no ruído ambiental urbano da Região Metropolitana de Shenzhen (China), e constataram que o trânsito possuiu a maior contribuição na geração do ruído urbano, seguido de imóveis comerciais e residenciais. Nesse sentido, os estudos supracitados corroboram com os resultados encontrados no presente estudo, principalmente no centro da cidade.

Conclusão

A metodologia utilizada para verificação da dispersão do ruído a partir de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), possibilitou averiguar como os níveis de ruído estão espacializados no centro urbano, sendo possível identificar as áreas que estão com pressão sonora acima do estabelecido pela legislação. Nesse sentido, foi constatado que o ruído se manteve acima do limite permitido em quase toda sua totalidade, evidenciando que o centro de Sorocaba possui inúmeros fatores geradores de ruído.

O fato de praticamente todos os pontos amostrados terem apresentado ruídos sonoros acima dos limites preconizados pelas normas vigentes demonstra a necessidade de fomentação de medidas educativas, bem como uma efetiva fiscalização por parte dos órgãos competentes. Portanto, recomenda-se um amplo mapeamento acústico juntamente com o poder público, para que essas informações estejam em consonância com o Plano Diretor da cidade e sirvam como subsídios para estratégias de intervenção e formulação de leis contra a poluição sonora.

Aos gestores municipais, sugere-se uma ampla fiscalização quanto ao ruído proveniente do tráfego de veículos, com destaque para as motocicletas que, durante a pandemia do COVID-19, cresceram consideravelmente diante das entregas via *delivery*, dentre outros fatores. Também, recomenda-se a implantação de medidas que visem diminuir a velocidade permitida das vias de maior circulação de veículos identificadas no estudo como Zonas Críticas.

Todavia, este estudo funciona como um instrumento para a tomada de decisão e um ponto de partida para a elaboração de ações fiscalizatórias do ruído.

Referências

- Almeida, W. L.; Campos, V. B.; Rolim Neto, R. M.; Sampaio, P. F. H.; Ribeiro, E. D.; Cunha, J. F. R. 2016. Avaliação do nível de ruído nas proximidades do hospital estadual de Laranjal do Jari (Amapá). *Saúde e Meio Ambiente: Revista Interdisciplinar*, 5, 43-53. <https://doi.org/10.24302/sma.v5i1.796>
- Andrade, E. L.; Lima, E. A.; Simonetti, V. C.; Oliveira, R. A.; Zannin, P. H. T.; Silva, D. C. C.; Martins, A. C. G. 2021. Influence of the COVID-19 pandemic on the external environmental noise of a public hospital in Sorocaba, Brazil. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, 9, 69, 44-51. <http://dx.doi.org/10.17271/2318847296920212790>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. 2000. NBR 10.151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro.
- Barbosa, V. L.; Nascimento Júnior, A. F. 2009. Paisagem, ecologia urbana e planejamento ambiental. *Geografia (Londrina)*, 18, 21-36. <http://dx.doi.org/10.5433/2447-1747.2009v18n2p21>
- Basner, M.; Mcguire, S., 2018. Who environmental noise guidelines for the European region: A systematic review on environmental noise and effects on sleep. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 519. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030519>
- Bistafa, S. R. 2011. Acústica aplicada ao controle de ruído. São Paulo, Blucher.
- Brasil. Constituição. 1978. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora nº 15, de 08 de junho de 1978. Atividades e Operações Insalubres. Brasília, DF.
- Caiado, A. S. C.; Santos, S. M. M. 2003. Fim da dicotomia rural-urbano? Um olhar sobre os processos socioespaciais. *São Paulo em perspectiva*, 17, 115-124. <https://doi.org/10.1590/S0102-88392003000300012>
- Chetoni, M.; Ascari, E.; Bianco, F.; Fredianelli, L.; Licitra, G.; Cori, L. 2016. Global noise score indicator for classroom evaluation of acoustic performances in LIFE GIOCONDA project. *Noise Mapping*, 3, 157-171. <https://doi.org/10.1515/noise-2016-0012>
- Costa, S. S.; Cruz, O. L. M.; Oliveira, J. A. A. 2006. *Otorrinolaringologia - Princípios e Prática*. Porto Alegre, Ed. Artes Médicas.
- Esri. 2016. “ArcGis Desktop: Release 10.4.1” Redlands: Environmental Systems Research Institute.
- Google Earth. Disponível em: <https://earth.google.com/web/l>. Acesso em: 30 julho, 2019.
- Gozalo, G. R.; Morillas, J. M. B.; Carmona, J. T.; González, D. M.; Moraga, P. A.; Escobar, V. G.; Vílchez-Gómez, R.; Sierra, J. A. M.; Pietro-Gajardo, C. 2016. Study on the relation between urban planning and noise level. *Applied Acoustics*, 111, 143-147. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.04.018>
- Han, X.; Huang, X.; Liang, H.; Ma, S.; Gong, J. 2018. Analysis of the relationships between environmental noise and urban morphology. *Environmental Pollution*, 233, 755-763. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.10.126>
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. Disponível em: cidades.ibge.gov.br/. Acesso em: 11 janeiro, 2021.
- Lacerda, A. B. M.; Magni, C.; Morata, T. C.; Marques, J. M.; Zannin, P. H. T. 2005. Ambiente urbano e percepção da poluição sonora. *Revista Ambiente e Sociedade*, 8, 85-98. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2005000200005>
- Landim, P. M. B. Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 02, 20 pp. 2000. Disponível em http://www.ufpa.br/larhima/Material_Didatico/Mapas_e_Modelos/Surfer8/interpo.pdf. Acesso em: 15, setembro, 2019.
- Loupa, G. 2020. Influence of Noise on Patient Recovery. *Current Pollution Reports*, 6, 1-7. <https://doi.org/10.1007/s40726-019-00134-3>
- Lourenço, R. W.; Silva, D. C. C.; Sales, J. C. A.; Medeiros, G. A.; Otero, R. A. P. 2015. Metodologia para seleção de áreas aptas à instalação de aterros sanitários consorciados utilizando SIG. *Ciência e Natura*, 37, 122-140. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4675/467546194012>
- Manfredini, F. N.; Guandique, M. H. G.; Rosa, A. H. 2015. A história ambiental de Sorocaba. Sorocaba: Unesp - Campus Experimental de Sorocaba. 180p.
- Montes-González, D.; Barrigón-Morillas, J. M.; Escobar, V. G.; Vílchez-Gómez, R.; Rey-Gozalo, G.; Atanasio-Moraga, P.; Méndez-Sierra, J. A. 2019. Environmental noise around hospital areas: A case study. *Environments*, 6, 41.

- <https://doi.org/10.3390/environments6040041>
- Nery, L. M.; Simonetti, V. C.; Machado, L. P.; Silva, D. C. C. 2020. Geotecnologias aplicadas na análise do risco de contaminação de poços de água no município de Sorocaba, SP. *Holos Environment*, 20, 214-230. <https://doi.org/10.14295/holos.v20i2.12376>
- Oliveira, R. A.; Silva, D. C. C.; Simonetti, V. C.; Stroka, E. A. B.; Sabonaro, D. Z. 2016. Proposição de Corredor Ecológico entre duas Unidades de Conservação na Região Metropolitana de Sorocaba. *Revista do Departamento de Geografia*, 32, 61-71. <https://doi.org/10.11606/rdg.v32i0.116467>
- Paiva, K. M.; Cardoso, M. R. A.; Zannin, P. H. T. 2019. Exposure to road traffic noise: Annoyance, perception and associated factors among Brazil's adult population. *Science of the Total Environment*, 650, 978-986. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.041>
- Prudencio, E. A.; Soares, P. F., Oliveira, R. B.; Janeiro, V. 2014. Sistema de informação geográfica como meio de identificação dos níveis de ruído locais no centro urbano de Maringá/PR. *Revista do Departamento de Geografia*, 27, 233-247. <https://doi.org/10.11606/rdg.v27i0.488>
- Russo, I. C. P. 1999. *Acústica e Psicoacústica Aplicadas à Fonoaudiologia*. 2.ed. Revisada & Ampliada. São Paulo, Ed. Lovise Ltda.
- Santoro, P. F.; Cymbalista, R.; Nakahima, R. 2007. Plano Diretor de Sorocaba: um olhar sobre os atores e a auto-aplicabilidade dos instrumentos urbanísticos. *Urbana*, 264, 485-520.
- São Paulo. 2014. Lei Complementar nº 1.241, de 8 de maio de 2014. Cria a Região Metropolitana de Sorocaba e dá outras providências correlatas. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*, Seção I - p. 1.
- Sapata, A. M.; Soares, P. F.; Lisot, A. 2011. Aspectos da modelagem computacional para análise dos impactos do ruído de tráfego na Avenida Horácio Racanello da cidade de Maringá - PR (Brasil). *Anais VIII Seminário Internacional de Arquitetura, Urbanismo e Design- Nutau*, São Paulo, USP.
- Silva, D. M.; Grandine, G.; Simonetti, V. C.; Silva, D. C. C. 2018. Análise espacial da cobertura vegetal no centro urbano do município de Salto de Pirapora (SP). *Caminhos de Geografia*, 19, 361-371. <https://doi.org/10.14393/RCG196824>
- Silva, D. C. C.; Oliveira, R. A.; Simonetti, V. C.; Andrade, E. L.; Sousa, J. A. P.; Sales, J. C. A.; Lourenço, R. W. 2021a. Application of fuzzy systems to support the development of a socioenvironmental sustainability index applied to river basins, *International Journal of River Basin Management*, 19, 1-39. <https://doi.org/10.1080/15715124.2021.1938093>
- Silva, D. C. C.; Simonetti, V. C.; Oliveira, R. A.; Sales, J. C. A.; Lourenço, R. W. 2021b. Spatial autocorrelation proposal of the relationship between the socioeconomic conditions in Metropolitan Region of Sorocaba, SP, Brazil. *Ciência e Natura*, 43, 42. <https://doi.org/10.5902/2179460X39332>
- Simonetti, V. C.; Silva, D. C.; Rosa, A. H. 2019. Análise da influência das atividades antrópicas sobre a qualidade da água da APA Itupararanga (SP), Brasil. *Geosul*, 34, 72, 01-27. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n72p01>
- Simonetti, V. C.; Malheiros, I.; Nery, L. M.; Andrade, E. L.; Silva, D. C. C. 2021. Análise da relação espacial entre o descarte irregular de resíduos sólidos urbanos e a vulnerabilidade social. *Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia*, 20, 61-76. <https://doi.org/10.5016/estgeo.v19i2.15829>
- Simonetti, V. C.; Frascareli, D.; Gontijo, E. S.; Melo, D. S.; Friese, K.; Silva, D. C.; Rosa, A. H. 2019. Water quality indices as a tool for evaluating water quality and effects of land use in a tropical catchment. *International Journal of River Basin Management*, 19, 2, 157-168. <https://doi.org/10.1080/15715124.2019.1672706>
- Sorensen, M.; Nielsen, O. W.; Sajadieh, A.; Ketznel, M.; Tjonneland, A.; Overvad, K.; Raaschou-Nielsen, O. 2017. Long-Term Exposure to Road Traffic Noise and Nitrogen Dioxide and Risk of Heart Failure: A Cohort Study. *Environmental Health Perspectives*, 125, 9, 097021. <https://doi.org/10.1289/EHP1272>
- Sorocaba. 2014. Plano Diretor. Lei nº 11.022, de 16 de dezembro de 2014. Dispõe Sobre A Revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento Físico Territorial do Município de Sorocaba e dá outras providências. Sorocaba, SP.
- Sorocaba. 2016. Lei nº 11.367, de 12 de julho de 2016. Dispõe Sobre O Controle e A Fiscalização das Atividades Que Gerem Poluição Sonora; Impõe Penalidades e Dá Outras Providências. Sorocaba, SP.
- Spinelli, M. V. P.; Carvalho, R. M. C. M. O.; Silva, H. P.; Brandão, S. S. F.; Frutuoso, M. N. M. A. 2016. Estudo Sustentável da Capacidade de Carga Antrópica e a sua Influência no Ponto

de Equilíbrio da Resiliência Ambiental.
Revista Brasileira de Geografia Física, 9, 185-
199.

Zannin, P. H. T.; Calixto, A.; Diniz, F. B.; Ferreira,
J. A.; Schuhli, R. B. 2002. Annoyance caused

by urban noise to the citizens of Curitiba,
Brazil, PR. Revista de Saúde Pública, 36, 521-
524. [https://doi.org/10.1590/S0034-
89102002000400020](https://doi.org/10.1590/S0034-89102002000400020)