XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

ELABORAÇÃO E ANÁLISE DE PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO SOBRE MAPEAMENTO SONORO URBANO UTILIZANDO O PROKNOW-C

Lorena Cachuit Cardoso Mota (1); Simone Queiroz da Silveira Hirashima (2); Rogério C. Azevedo (3)

(1) Engenheira Civil, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, lorenacmota@outlook.com

(2) PhD, Professora do Departamento de Engenharia Civil, simonehirashima@cefetmg.br, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belo Horizonte - MG, 30510-000, Tel.: (31) 3319-6722

(3) Doutor, Professor do Departamento de Engenharia Civil, rogerio@civil.cefetmg.br, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belo Horizonte–MG, 30510-000, Tel.: (31) 3319 6848

RESUMO

O mapeamento sonoro urbano é feito a partir de medições de níveis de pressão sonora em campo e simulações computacionais, podendo ser utilizado para tomada de decisões em diversas escalas (desde pequenas áreas até cidades inteiras). Este recurso representa valiosa ferramenta de análise de pontos críticos das cidades uma vez que os elevados níveis de pressão sonora podem acarretar problemas fisiológicos e, principalmente, psicológicos em seus habitantes, interferindo negativamente na qualidade de vida da população. Este estudo busca, através da metodologia ProKnow-C, fazer a seleção de um portfólio bibliométrico sobre mapeamento sonoro urbano que utilizaram os softwares SoundPLAN e Cadna-A. Esses programas computacionais são recursos que permitem a visualização dos níveis de pressão sonora no mapa da região a ser analisada e a identificação das situações com níveis excessivos. A partir da elaboração do portfólio, analisou-se os artigos com foco na resposta às seguintes perguntas: “Quais dados são utilizados para a obtenção do mapa acústico?”, “Como são utilizados os softwares citados para a obtenção dos mapas?” e “Quais informações são utilizadas a partir da elaboração dos mapeamentos sonoros?”. Seis artigos foram selecionados para comporem o portfólio bibliográfico e, a partir disso, as metodologias utilizadas em cada um deles foram analisadas. Os resultados apontaram que os autores utilizaram informações sobre as principais fontes de ruído, como o tráfego, sobre a morfologia urbana e sobre o contexto microclimático (como umidade, temperatura e vento) para a obtenção dos mapas. O software mais utilizado foi o Cadna-A com a função de simular e avaliar a propagação da energia sonora, e de calcular e apresentar os níveis de pressão sonora urbana em forma de mapa. A partir da elaboração dos mapas, informações como as áreas de conflito (onde os valores excedem instruções normativas), o número de pessoas afetadas e os planos de ações para áreas estudadas puderam ser extraídas. A relevância desta pesquisa se consubstancia no fato de informar sobre procedimentos utilizados nos estudos até hoje realizados para que, no futuro, seus resultados possam contribuir para a escolha de métodos para a realização dos mapas sonoros urbanos utilizando softwares de simulação.

Palavras-chave: mapeamento sonoro, SoundPLAN, Cadna-A, ProKnow-C.

ABSTRACT

The urban sound mapping is based on measurements of sound pressure levels in the field and computational simulations, and can be used for decision making at different scales (from small areas to whole cities). This resource represents a valuable tool for analyzing the critical points of cities since the high levels of sound pressure can cause physiological and, mainly, psychological issues in their inhabitants, interfering negatively in the quality of life of the population. This study aims, through the ProKnow-C methodology, to select a bibliometric portfolio on urban sound mapping perfomed by SoundPLAN and Cadna-A. These softwares are resources that allow the visualization of sound pressure levels in the map of the region to be analyzed and the identification of situations with excessive levels. From the portfolio elaboration, articles were analyzed focusing on the answer to the following questions: "What data are used to obtain the acoustic map?", "How

are the software used to obtain the maps used?" And " What information is used from the sound mapping? ". Six articles were selected to compose the bibliographic portfolio and, from this, the methodologies used in each of them were analyzed. The results showed that the authors used information on the main sources of noise, such as traffic, urban morphology and microclimatic context (such as humidity, temperature and wind) to obtain the maps. The most commonly software used was Cadna-A with the function of simulating and evaluating the propagation of sound energy, and calculating and presenting urban sound pressure levels in the form of a map. From the preparation of the maps, information such as conflict areas (where values exceed normative instructions), the number of people affected and the action plans for areas studied could be extracted. The relevance of this research is based on reporting the procedures used in the studies carried out so far, so that, in the future, its results may contribute to the selection of methods for the realization of urban sound maps using simulation software.
Keywords: sound mapping, SoundPLAN, Cadna-A, ProKnow-C.

1. INTRODUÇÃO

Ruído urbano pode ser definido como um som não desejado e emitido por vários tipos de fontes (tráfego automóvel, ferroviário e aéreo, construções, entre outras), com exceção daqueles gerados em áreas industriais (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1999). Os estudos sobre ruídos ambientes em centros urbanos têm demonstrado a importância de políticas incisivas que atuem para a manter os níveis de pressão sonora abaixo de limites normativos e de valores que, quando ultrapassados, podem afetar diretamente a saúde da população. Aliados a essa ideia, alguns autores identificam os danos gerados no organismo humano, dentre eles os danos fisiológicos, psicológicos (motivação e a disposição) e intelectuais, e danos sociais tais como prejuízos aos ambientes educacionais, que têm relação com baixa produtividade e dificuldades na aprendizagem. (SOUZA, 1992; ENIZ, GARAVELLI, 2006; LACERDA *et al.*, 2005)

O ruído gerado pelo trânsito de veículos é, em distintas pesquisas, considerado uma das principais fontes urbanas causadora de incômodos aos habitantes (HIRASHIMA, 2014; PAZ et *al.*, 2005). A situação dos grandes centros urbanos densamente povoados é agravada pela presença de componentes, como os edifícios, que modificam a propagação do som por funcionarem como obstáculos à sua passagem (GUEDES, 2005; GARAVELLI et *al.*, 2010).

O mapeamento dos ruídos é uma ferramenta que permite "diagnosticar a situação acústica de uma área estudada, servindo de suporte em ações de controle e redução da poluição sonora" (VIANNA, 2014). Com o uso de softwares, como o SoundPLAN e o Computer Aided Noise Abatement Cadna-A, pode-se calcular os níveis de ruídos de fontes sonoras, simular situações futuras e comparar os resultados com as diretrizes normativas (GARAVELLI et *al.*, 2010; SOUNDPLAN, 2019; CADNAA, 2019). Desta forma, esses softwares representam ferramentas importantes quando a pauta é mapeamento sonoro urbano e permitem facilmente a identificação das faixas de nível de pressão sonora por região por meio de diferenciação de cores.

Por sua vez, o ProKnow-C foi definido pelo Laboratório de Metodologia Multicritério em Apoio à Decisão (LabMCDA) vinculado ao Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina, e é uma metodologia em que procedimentos pré-estabelecidos guiam a escolha de artigos científicos para seleção do portfólio bibliográfico. A partir do interesse específico, o ProKnow-C permite ampliar o conhecimento do pesquisador para que ele possa conduzir pesquisas acadêmicas. (AFONSO et *al.,* 2011; AZEVEDO, et *al., 2014;* ENSSLIN et *al*., 2013).

Diante do exposto e da relevância de um ambiente acústico de qualidade para a vida urbana, este estudo busca a elaboração de um portfólio bibliográfico, com o amparo do ProKnow-C, sobre mapeamento sonoro urbano. Além disso, procura-se responder questões como: "Quais dados são utilizados para a obtenção do mapa acústico?", "Como são utilizados os softwares para a obtenção dos mapas?" e "Quais informações são utilizadas a partir da elaboração dos mapeamentos sonoros?". Essas informações são importantes contribuições por permitirem a identificação das metodologias que já foram utilizadas e as formas com que os softwares, como SoundPLAN e Cadna-A, são utilizados. Com isso, pretende-se uma visão mais ampla sobre o assunto, identificando as particularidades dos mapeamentos sonoros e as metodologias utilizadas a fim de nortear estudos futuros na área.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é elaborar um portfólio bibliométrico com o uso do ProKnow-C sobre mapeamento sonoro urbano com o uso dos softwares SoundPLAN e Cadna-A e o analisar.

3. MÉTODO

3.1 Seleção do Portfólio Bibliográfico através do ProKnow-C

A seleção do portfólio bibliográfico é dividida nas macro-etapas de (i) seleção de artigos brutos, (ii) filtragem dos artigos selecionados com base no alinhamento da pesquisa e (iii) teste de representatividade do portfólio bibliográfico. Para a (i) seleção de artigos brutos, define-se as palavras-chave, as bases de dados, busca-se os artigos nas bases escolhidas e é realizado o teste de aderência das palavras-chave. Para a (ii) filtragem dos artigos brutos, verifica-se a presença de artigos repetidos ou redundantes, o alinhamento dos títulos com o tema, reconhecimento científico dos artigos e o alinhamento dos resumos com o tema. E, por fim, o (iii) teste de representatividade do portfólio selecionado pode ser feito pelas referências bibliográficas citados nos artigos escolhidos ou pelo número de citações feitas aos artigos. (ENSSLIN et al., 2013)

O ponto inicial deste trabalho para a (i) seleção de artigos brutos foi a escolha das palavras-chave para, futuramente fossem inseridas nas bases de dados do Portal da Capes, que contém mais de 45 títulos com texto completo, 130 bases referenciais, 12 bases de patentes, entre outros (CAPES, 2019). Essa etapa iniciou no primeiro semestre de 2019 e, a partir do eixo de pesquisa (metodologia para mapas sonoros urbanos) e da observação de como o assunto era abordado em outros trabalhos, as palavras-chave foram selecionadas. Para isso, foram testadas várias combinações de palavras até que fossem encontradas as que apresentavam resultados com maior afinidade com o tema. As palavras-chave escolhidas foram “acoustic urban map”.

As bases de dados foram retiradas do Portal da Capes na área de conhecimento de Engenharia (subárea Engenharia Civil). Para a pesquisa, utilizou-se como filtro os artigos publicados de 2009 a 2019. Quinze bases de dados descritas como “texto completo” foram analisadas para escolha das mais representativas sobre o assunto e foram escolhidas as que continham, no mínimo, 80% do total de artigos no assunto, sendo elas: Wiley Online Library, Science Direct, SpringerLink e Taylor & Francis Online (Tabela 1). As bases Scopus (179 artigos) e Engineering Village (143 artigos) foram, posteriormente, adicionadas por apresentarem diversidade de artigos sobre o assunto e se mostraram relevantes. Com todas as bases de dados, o total de artigos a serem revisados foram 5500.

Tabela 1 – Número de artigos em cada base utilizando as palavras chaves selecionadas

Bases	Número de artigos
Wiley Online Library	**1538**
ScienceDirect (Elsevier)	**1422**
SpringerLink	**1117**
Taylor & Francis Online	**1101**
AIP Scitation - American Institute of Physics	876
American Society of Civil Engineers - ASCE	152
ICE Virtual Library	29
World Scientific	28
Science (AAAS)	19
ASME Digital Collection	14
SciELO Citation Index (Web of Science)	8
IEEE Xplore	7
PNAS - Proceedings of the National Academy of Sciences	6
SciELO.ORG	5
Maney Publishing	0

Fonte: Autora (2019)

Após a listagem dos artigos, três foram escolhidos de forma aleatória para verificação da aderência dos resultados e foram exportados para o gerenciador de referências Mendeley para início da (ii) filtragem. Nesse software os artigos repetidos foram excluídos e os títulos dos artigos foram lidos, restando 45 alinhados com o tema.

As etapas de (ii) reconhecimento científico como processo de filtragem e o (iii) teste de representatividade não foram realizados pois a quantidade de artigos foi considerada pequena, o que fez com que a última análise fosse a leitura dos resumos. Como forma complementar e visando a obtenção de artigos relevantes sobre o tema, outros artigos até então não contemplados foram analisados para a inserção no

portfólio. Seis artigos foram selecionados e, ao perceber a falta de informações quanto a metodologia, utilizou-se apenas de forma completar as dissertações ou teses de estudos que deram origem aos mesmos.

4. RESULTADOS

Os artigos escolhidos para a comporem o portfólio bibliográfico foram analisados a fim de descreverem as metodologias utilizadas na realização do mapa acústico e responderem às questões levantadas anteriormente. Em seguida discutiu-se sobre os resultados obtidos.

4.1 Artigos selecionados

A seguir os artigos tiveram suas metodologias descritas e informações relevantes foram expostas.

4.1.1 Main results of strategic noise maps and action plans in Navarre (Spain) (Arana et al., 2013)

Para o trabalho desenvolvido na Comunidade autônoma de Navarra (Espanha) foram produzidos seis mapas sonoros para um percurso de 120 km em uma estrada principal e um mapa sonoro para a aglomeração de Pamplona, que possui mais 280 mil habitantes. Trouxeram como resultados a classificação acústica e as áreas de conflito (definidas como aquelas com níveis de ruído acima pelo RD 136/2007) e as pessoas afetadas pelo ruído. Além disso, trouxeram planos de ações para as áreas estudadas.

Dados da configuração dos parâmetros de cálculo utilizados no software Cadna-A foram explicitados, entre eles: a absorção sonora das construções adotada foi de 0,21 (equivalente a 1dB) e do chão foi de 0,4. Os parâmetros utilizados foram o Ld (dia), Le (tarde), Ln (noite) e o Lden (dia, tarde e noite com majorantes). Dados descritivos quanto a metodologia para medição não foram apresentados.

Um modelo de terreno digital foi fornecido pela Serviço Cadastral do Governo de Navarra e os parâmetros foram modelados para um programa computacional com 22.272 edifícios, 7.441 linhas de tráfego, 538 edifícios industriais, uma ferrovia e um aeroporto. A simulação gerada corresponde a níveis de ruído a 4 metros de altura, assim como indicado pela Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho (2002) para fins de elaboração de mapas de ruído estratégicos referente à exposição do ruído dentro de edificações e em suas proximidades. Os autores classificaram o uso do terreno na região nas seguintes categorias: saúde-educacional-cultural; residencial; recreação e entretenimento; terciário e infraestrutura.

4.1.2 Incremento do nível de ruído no meio urbano devido às atividades turísticas: estudo de caso na cidade de Campos do Jordão (Brito, Barbosa, 2014); The use of acoustic maps as excess noise identification tool in urban áreas (Brito, 2017)

O software SoundPlan 7.3 foi utilizado para a realização de mapas acústicos com o nível do ruído ambiente em dias úteis e feriados para comparação, no bairro Capivari, na Estância de Campos de Jordão, São Paulo. O objetivo foi alcançado com o uso das medições de nível de ruído realizadas por Brito e Barbosa (2014) a partir de 8 medições (4 em dias úteis e 4 em feriados e finais de semana) em cada um dos 15 locais selecionados e com duração de 15 minutos cada. Os locais selecionados foram definidos como sensíveis (praças, escolas, hotéis e pousadas).

A primeira e a segunda medições foram coletadas durante um feriado de 8:00 às 12:00 e de 13:00 às 18:00, respectivamente; a terça e a quarta em outro feriado nos mesmo horários; a quinta e a sexta em dias úteis de 8:00 às 12:00 e de 13:00 às 18:00, respectivamente; e a sétima e a oitava em outro dia útil nos mesmo horários. A coleta de dados teve duração de 15 minutos e o medidor de pressão sonora utilizado foi do tipo II com circuito de compensação "A" e resposta rápida, posicionado em um tripé a 1,20m do solo e a, no mínimo, 1,50m de superfícies rígidas. O protetor de vento estava acoplado ao microfone. Consideraram que cada pavimento das edificações tinha 3,20m de altura.

4.1.3 Influência Da Forma Urbana Em Ambiente Sonoro: Um Estudo No Bairro Jardins Em Aracaju (Se) (Guedes, 2005); Influence of urban shapes on environmental noise: A case study in Aracaju (Guedes et al., 2011)

A pesquisa teve como objetivo analisar a influência das principais características físicas da forma urbana na propagação do ruído no bairro Jardins na cidade de Aracaju, no Brasil. Para isso, uma simulação acústica foi feita com o software SoundPlan 6.0 a partir dos seguintes dados coletados: medidas acústicas (nível de pressão contínua equivalente ponderado - LAeq), dados do tráfego (fluxo de veículos, composição e velocidade do tráfego), geometria da região (altura dos edifícios, paredes, larguras de ruas e avenidas, caminhos, divisores de faixa e canteiros centrais) e dados meteorológicos (temperatura, umidade relativa e

velocidade do vento). Na região selecionada, 11 pontos estavam localizados ao longo das avenidas que representavam as principais fontes de ruído e 8 pontos estavam nos limites do condomínio escolhido, com medição feita a 2 metros de suas fachadas frontais.

As medições foram realizadas nos dias da semana e em períodos típicos. As da avenida foram realizadas no período de 12:00 a 13:00 e de 18:00 a 19:00, com a finalidade de cobrir o período com maior quantidade de veículos. As medições realizadas no interior do condomínio aconteceram entre 12:00 e 13:00. Três níveis de pressão equivalente foram registrados para cada amostra: LAeq com 30 segundos de duração (o interesse da medição era avaliar os níveis sonoros em situações de fluxo contínuo de veículos e 30 segundos correspondia ao período de abrir e fechar os semáforos), considerando a média logarítmica dos valores medidos das três amostras obtidas em cada ponto.

Os dados do tráfego (fluxo de veículos e composição) foram coletados durante a medição acústica e como norma para esse tipo de ruído foi utilizado o padrão alemão RLS-90. Esta foi realizada com o equipamento Tipo 1 Brüel & Kjaer (2233) calibrado com o Brüel & Kjaer (4231), a 1,20 metros do chão. As medidas foram ponderadas em tempo de resposta rápido.

4.1.4 Noise mapping of densely populated neighborhoods – Example of Copacabana, Rio de Janeiro – Brazil (Pinto, Mardones, 2009); Mapeamento dos níveis de ruído em Copacabana, Rio de Janeiro, através de Simulação Computacional (Mardones, Maysa, 2009)

O estudo foi realizado no Rio de Janeiro, no bairro Copacabana, na região sul, com a finalidade de obter o mapa sonoro a partir de uma simulação com um software previamente escolhido. O software utilizado foi o Cadna-A e, segundo os autores, é uma excelente solução para simulação. Esse programa considera as diretrizes e normas existentes no cálculo e permitiu avaliar o ambiente acústico de uma região, caracterizar as fontes e seu entorno. Nessa simulação, foi utilizada a topografia da região e as alturas dos edifícios, informações que, segundo os autores, estão disponíveis para a maioria das grandes cidades. A principal fonte de ruído foi detectada, o tráfego de veículos, e vários parâmetros foram identificados para gerar o mapeamento acústico: tipo e número de veículos, tamanho dos edifícios, tipo de pavimentação e largura das ruas. A simulação gerada corresponde a níveis de ruído a 4 metros de altura, assim como indicado pela Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho (2002).

Os valores da simulação foram comparados com medições *in loco* para a validação dos dados e, para isso, escolheram uma região amostral (com muitos veículos na rua principal e também com áreas silenciosas) para aferições nos períodos da manhã, tarde e noite em diferentes dias da semana, em 14 pontos e com uma distância entre 1,2 metros a 1,5 metros do chão. O equipamento utilizado para a medição do nível de pressão sonora equivalente (LAeq) foi o Tipo 1 Brüel & Kjaer (2233) calibrado com o Larson Davis Model CAL200 (com switch selecionável de 94 e 114dB a uma frequência de 1kHz) durante, no mínimo, 5 minutos. Essa comparação foi necessária já que na simulação utilizaram a diretiva alemã RLS- 90 e não se pode presumir que os valores sejam iguais aos do Brasil.

Segundo os autores o estudo do impacto acústico em áreas urbanas envolve o conhecimento de diversos parâmetros listados na Tabela 2, mas nem todos foram descritos ou citados no artigo.

Tabela 2 – Parâmetros para o estudo do impacto do ruído

Parâmetros		
Fontes	Ruído do tráfego	Tipo de veículo
		Tipo de motores
		Velocidade média
	Ruído industrial	
	Ruído ferroviário	
	Entretenimento	
Entorno	Tipo de asfalto	
	Altura dos edifícios	
	Largura das ruas	

	Coeficiente de absorção das fachadas	
Meio Ambiente	Umidade	
	Temperatura	
	Vento	
Demográficos	Número de habitantes	
	Número de unidades por construção	

Fonte: Pinto, Mardones (2009)

4.1.5 Mapa de ruído de la Comuna de Santiago de Chile mediante modelación (Silva et al., 2011)

Através de um modelo de predição de ruído com o software de modelagem Cadna-A, o artigo apresenta o mapa de ruído da Comuna de Santiago, no Chile, nos períodos diurnos (Ld) e noturnos (Ln), em dB (A). Para tal fim, dados foram coletados quanto à altura dos edifícios em imagens de satélites e visitas em campo e quanto ao fluxo de veículos através da categorização de 364 ruas de acordo com sua função urbana, desde a Categoria 1 com a finalidade comunicar a cidade com outras cidades até a Categoria 6 para ruas com tráfego restrito.

Para comprovar os ajustes do modelo, realizaram medições com 15 minutos de duração e, de maneira concomitante, a contagem dos veículos para a comparação entre valores de LAeq e modelado. Um total de 52 pontos foram medidos com 106 medições, sendo 54 de 09:00 às 18:00 e de 20:00 às 21:00 e 52 medições de 07:00 às 09:00 e de 18:00 às 20:00, considerados horários de pico. Além disso, para a validação dos valores, duas estações fixas de monitoramento registraram dados por uma semana cada.

4.1.6 Ferramenta de apoio à decisão para o controle da poluição sonora urbana (Suriano et al., 2015)

A pesquisa foi realizada na cidade de São Carlos, São Paulo, e propôs uma adaptação da classificação acústica das quadras urbanas para quantificar a população exposta ao ruído em horário de pico de tráfego, em diversos pontos. Para isso, os autores delimitaram e caracterizaram a área de estudo, coletaram os dados para a validação e aplicação do modelo de previsão para o mapa acústico, classificaram as quadras quanto à acústica e analisaram a exposição da comunidade ao ruído.

A região escolhida engloba 3 vias de tráfego relevantes para a cidade e também apresentam residências, escolas, pontos comerciais e de serviços. O tipo de pavimento e a altura das edificações (dados da Prefeitura Municipal de São Carlos, visitas *in loco* e visualização no Google Earth®) foram determinados sendo considerado 3,0 metros de altura por pavimento e 4,5 metros para o térreo. Pontos de referência foram distribuídos na malha urbana e situados próximos ao meio das faces das quadras, evitando o cruzamento das vias. Nesses pontos o fluxo do tráfego e a composição da frota foram caracterizados, contabilizados e medidos os níveis de pressão sonora.

As coletas foram realizadas em dias de semana em horários considerados de maior fluxo de veículos na parte da manhã (7:00 às 8:00) e da tarde (17:30 às 18:30). A medida acústica considerada foram os níveis sonoros contínuos equivalentes (LAeq) através do equipamento Analyser 2270-L da Brüel & Kjaer, tipo Hand-Held com protetor de vento acoplado ao microfone para minimizar interferências. As medições foram feitas a 2,0 metros de paredes e 1,2 metros do chão.

O mapeamento acústico foi feito com auxílio do software Cadna-A v.4.1 e o método de cálculo utilizou o Novo Método de Previsão de Ruído do Tráfego, da França, e que precisava ser previamente validado por não representar as condições das cidades brasileiras. Os dados de entrada no software foram o Laeq e os dados referentes às vias. O coeficiente de absorção das fachadas adotado foi 0,37. Para o cálculo da exposição da comunidade ao ruído estimou-se através dos dados do Instituto Brasileiro e Geografia e Estatística (IBGE) e das áreas construídas das quadras e setores.

4.2 Discussão

A quantificação da exposição ao ruído urbano é feita por meio do medidor de nível de pressão sonora e de outros medidores acústicos, que existem para finalidades distintas. Os descritores mais usados são os níveis anuais de pressão sonora equivalentes ponderados em A de longo prazo que integram a variação do nível de ruído de uma fonte em determinado tempo (24 horas, parte da manhã ou noite, por exemplo) e medidas com majorantes do período da tarde e/ou da noite (por exemplo, Ldn ou Lden) (BRINK et al., 2017). A Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho (2002) estabelece que se deve escolher o Lden para avaliar o

incômodo gerado por ruídos e o Ln para avaliar as perturbações do sono mas permite que os Estados-membros utilizem outros quando ocorrer situação especial. A mesma diretiva estabelece também, em seus anexos, indicadores de ruído, métodos de avaliação dos indicadores e dos efeitos sobre a saúde, requisitos mínimos para os mapas de ruído estratégicos e requisitos mínimos para os planos de ação.

A NBR 10151:2000 regulamenta as avaliações em áreas habitadas no Brasil e determina que as medições devem envolver o nível de pressão sonora equivalente (LAeq) em decibéis ponderados em "A", referente a todo o intervalo da medição. O medidor deve atender às especificações da IEC 60651 para o tipo 0, tipo 1 ou tipo 2 e o calibrador deve ser de classe 2 ou superior. Ainda especifica que as medições externas devem ser feitas a aproximadamente 1,2 metros do piso e 2 metros do limite da propriedade ou de outras superfícies e as medições internas a 1 metro de quaisquer superfícies.

A partir da Tabela 2 pode-se responder a uma das questões sugeridas para este trabalho quanto aos dados necessários para se realizar um mapa sonoro. Em nenhum dos artigos foi citado ruídos industriais e ferroviários de forma específica, dando ênfase aos ruídos de tráfego e fazendo análises quanto ao tipo de veículo e a velocidade média dos mesmos. Brito, Barbosa (2014) e Brito (2017) consideraram os níveis de ruído de tráfego, para entrada no software, como fontes lineares e as ligadas à atividade de entretenimento como pontuais. Silva et *al*. (2011) utilizou a classificação das vias como forma de obter o fluxo de veículos. Apenas as pesquisas de Guedes (2005) e Guedes et *al.* (2011) citaram o uso de dados microclimáticos, como umidade, temperatura e vento. De forma explicita nenhum artigo informou ter inserido nos softwares os dados demográficos.

Quanto aos ruídos dos arredores, Brito, Barbosa (2014) e Brito (2017) consideraram a altura por pavimento de 3,4 metros, Suriano et *al*. (2015) considerou 3,0 metros para pavimentos diferentes do térreo e 4,5 metros para o térreo e Silva et *al*. (2011) utilizou informações disponíveis (imagens de satélite, por exemplo) com visitas ao local. Pinto, Mardones (2009) e Mardones (2009) informaram que a topografia da região e as alturas dos edifícios foram utilizadas e Guedes (2005) e Guedes et al. (2011) utilizaram a altura dos edifícios, paredes, larguras de ruas e avenidas, caminhos, divisores de faixa e canteiros centrais.

Dos seis artigos, nenhum deles tiveram os mesmos horários de medição do nível de pressão sonora, sendo que o de Arana et *al.* (2013) não especificou os períodos de medição e o de Pinto, Mardones (2009) e Mardones (2009) apenas informou que foram aferidas na parte da manhã, tarde e noite. Os dias utilizados para medição também tiveram resultados diversificados como dias da semana, dias úteis e feriados. A diferença dos horários e dos dias de medição podem ser influenciados pelo objetivo principal de cada artigo uma vez que cada um tinha intenções diferentes. Apesar disso, a questão sobre a influência na falta de padronização ou critério a ser seguido pode ser futuramente contestada.

Mais de 50% das pesquisas utilizou como medida acústica o nível de pressão sonora equivalente contínuo definido pela ISO 1996/1 (1982), e essa escolha depende dos resultados esperados. Como exemplo pode-se citar Silva et *al.* (2011) que expos a diferença dos mapas de ruído no período noturno e diurno e, portanto, as medidas acústicas utilizadas foram Ld e Ln. Outra informação extraída do portfólio foi a diversidade na quantidade de dados coletados, variando de 14 a 90 pontos, o que pode ser influenciado pelo tamanho da região que se busca analisar e pelo objetivo esperado com os dados.

Suriano et *al*. (2015) utilizou como norma para ruído do tráfego o Novo Método de Previsão de Ruído do Tráfego da França, enquanto Guedes (2005) e Guedes et *al*. (2011), Silva et *al*. (2011) e Pinto, Mardones (2009) e Mardones (2009) utilizaram o RLS-90, da Alemanha. De forma geral, para a medição dos níveis sonoros, utilizaram a distância de 1,2 metros do solo e entre 1,5 e 2,0 metros de distância de paredes ou superfícies rígidas. Os equipamentos, quando citados, mais utilizados foram da Brüel & Kjaer nos modelos: Analyses 2270, Mediator Class 1, 2233 e 2236 Class 1. O tipo de resposta configurado no equipamento foi rápida para os artigos de Guedes (2005), Guedes et *al.* (2011) e Brito, Barbosa (2014) e Brito (2017) e lenta no de Suriano et *al*. (2015).

Dos artigos selecionados, 67% utilizaram o software Cadna-A. Não houve justificavas quanto a escolha mas Pinto et *al.* concluiu que o Cadna-A é uma boa solução para simulação e que permitiu avaliar o ambiente acústico de um setor, caracterizando as fontes do entorno. Ainda afirmou que as diferenças entre estes softwares estão relacionados à interface do usuário, ao tipo de geometria e dados topográficos que podem ser importados e que o cálculo da propagação do ruído pode ser diferente de um para outro. Os softwares foram utilizados, de forma geral, para calcular e apresentar os níveis de pressão sonora urbana em forma de mapa, simular e avaliar a propagação da energia sonora.

O artigo de Arana et *al.*(2013) trouxe como resultado, a partir dos mapas de ruído, as áreas de conflito, as pessoas afetadas pelo ruído e planos de ações para as áreas estudadas. Guedes (2005), Guedes et *al.* (2011) os utilizou para comparar com cenários hipotéticos, Suriano et *al.* (2015) classificou as quadras urbanas quanto à acústica e quantificou a população exposta por quadra, Brito, Barbosa (2014) e Brito (2017)

permitiram uma análise da diferença da exposição ao ruído em relação aos dias úteis e feriados. Com exceção do trabalho de Arana et *al.* (2013), pôde-se ter acesso aos mapas de ruídos urbanos das regiões analisadas e, a partir de ação conjunta com a sociedade e órgãos públicos, tratar as áreas críticas e garantir os níveis de regiões com poucos ruídos.

5. CONCLUSÕES

A partir dos artigos selecionados, pode-se perceber a importância do mapeamento sonoro urbano através de estudos na Europa e na América Latina em que a visualização dos níveis sonoros nas cidades e a estimativa da população afetada permitem a tomada de decisões do poder público com a finalidade de manter níveis adequados à saúde humana. Alguns desses artigos não descreverem todos os pontos importantes para a realização da medição ou simulação dos níveis de pressão sonora, mas, de maneira geral, foi possível exibir um panorama do assunto. Desta forma, o presente artigo cumpriu a finalidade esperada ao apresentar as metodologias utilizadas em trabalhos de mapeamento sonoro e os resultados que obtiveram com as análises, contribuindo para acadêmicos interessados na área e para futuros estudos.

Algumas dessas pesquisas realizadas em outros países também foram analisadas mas, por não especificarem os Softwares desejados ou não apresentarem informações sobre a metodologia utilizada, não foram incluídos no portfólio. Ainda acrescenta-se que não foram selecionados dissertações e teses, preliminarmente, para comporem o portfólio bibliográfico apesar de, em alguns casos, terem sido utilizadas de forma complementar às informações dos artigos.

As pesquisas apresentadas demonstram a ampla utilização da Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho (2002) nos estudos para o mapeamento sonoro para distintas finalidades, inclusive no Brasil. Além disso, percebeu-se ampla utilização do RLS-90 da Alemanha. Porém é essencial um estudo específico para cada região uma vez que o tipo de emissor de ruído, o tipo de atividade comercial, a paisagem sonora local, entre outros fatores, interferem na forma de interpretar o incômodo dos moradores, turistas e de quem utiliza a região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, M. H. F.; SOUZA, J. V. de; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L. Como Construir Conhecimento Sobre O Tema De Pesquisa? Aplicação Do Processo Proknow-C Na Busca De Literatura Sobre Avaliação Do Desenvolvimento Sustentável**. Rev. de Gestão Social e Ambiental** [online]. 2011, v. 5, n. 2, p. 47-62. ISSN:1981-982X. DOI: 10.5773/rgsa.v5i2.424

ARANA, M.; MARTIN, R. S.; PÉREZ, D. Main results of strategic noise maps and action plans in Navarre (Spain). ***Environ Monit Assess***, 2013.

AZEVEDO, R. C. de; ENSSLIN, L.; JUNGLES, A. E. A. Review of Risk Management in Construction: Opportunities for Improvement. **Modern Economy**, 2014. http://dx.doi.org/10.4236/me.2014.54036

BRINK, M.; PIEREN, R.; SCHÄFFER, B.; WUNDERLI, J. M. Conversation between noise exposure indicators Leq24h, LDay, LEvening, LNight, Ldn and Lden: Principles and practical guidance. **International Journal of Hygiene and Environmental Health,** 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/320364896_Conversion_between_noise_exposure_indicators_Leq24h_LDay_LEvening_LNight_Ldn_and_Lden_Principles_and_practical_guidance>. Acessado em: 26 abr. 2019

BRITO, L. A. P. F. de. The use of acoustic maps as excess noise identification tool in urban areas. **Eng. Sanit. Ambiental**, v. 22, n. 6, 2017.

BRITO, L. A. P. F. de; BARBOSA, A. C. dos S. Incremento do nível de ruído no meio urbano devido às atividades turísticas: estudo de caso na cidade de Campos do Jordão. **Rev. do departamento de Química e Física, do departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias e do Mestrado de Tecnologia Ambiental**, 2014. Disponível em: https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/4714. Acessado em: 28 abr. 2019

CADNAA. **Computer Aided Noise Abatement**. Disponível em: https://www.datakustik.com/products/cadnaa/cadnaa. Acessado em: 07 abr. 2019

CAPES. **Portal de Periódicos da CAPES**. Disponível em: <http://www.periodicos.capes.gov.br/>. Acessado em: 28 mar. 2019

DIRETIVA DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. **Jornal Oficial das Comunidades Europeias.** [online]. 2012. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:189:0012:0025:PT:PDF. Acessado em: 25 abr. 2019

ENIZ, A.; GARAVELLI, L. A contaminação acústica de ambientes escolas devido aos ruídos urbanos no Distrito Federal, Brasil. **Holos Environment**, v.6, n.2, 2006.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; PINTO, H. de M. Processo de investigação e análise bibliométrica: avaliação da qualidade dos serviços bancários. **Rev. adm. contemp**. [online]. 2013, vol.17, n.3, pp.325-349. ISSN 1982-7849. http://dx.doi.org/10.1590/S1415-65552013000300005.

GUEDES, I. C. M. **Influência Da Forma Urbana Em Ambiente Sonoro: Um Estudo No Bairro Jardins Em Aracaju (Se).** Dissertação de Mestrado; Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil; Arquitetura e Urbanismo. Campinas, 2005.

GUEDES, I. C. M; BERTOLI, S. R.; ZANNIN, P. H. T. Influence of urban shapes on environmental noise: A case study in Aracaju – Brazil**. Science of the total Environmental**, 2011.

GARAVELLI, S. L.; MORAES, A. C. M.; NASCIMENTO, J. R. R.; NASCIMENTO, P. H.D. P.; MAROJA, A. M. Mapa De Ruído Como Ferramenta De Gestão Da Poluição Sonora: Estudo De Caso De Águas Claras –Df. **Pluris**, 2010. Disponível em: http://pluris2010.civil.uminho.pt/Actas/PDF/Paper377.pdf. Aceso em: 02 abr. 2019.

HIRASHIMA, S. Q. da S**. Percepção sonora e térmica e avaliação de conforto em espaços urbanos abertos no município de Belo Horizonte – MG, Brasil**. Tese de Doutorado; Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. São Paulo, 2014.

LACERDA, A. B. M. de; MAGNI, C; MORATA, T. C.; MARQUES, J. M.; ZANNIN, P. H. T. Ambiente Urbano e Percepção da Poluição Sonora. **Ambiente & Sociedade** – Vol. VIII nº. 2, 2005. [online]. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/asoc/v8n2/28606>. Acesso em: 07 abr. 2019

MARDONES, MAYSA D. **Mapeamento dos níveis de ruído em Copacabana, Rio de Janeiro, através de Simulação Computacional.** Dissertação de Mestrado; Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009.

PAZ, E. C. da; FERREIRA, A. M. C.; ZANNIN, P. H. T. Estudo comparativo da percepção do ruído urbano. **Rev Saúde Pública**, 2005. [online]. Disponível em: < https://www.redalyc.org/pdf/672/67240147019.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2019

PINTO, F. A. de N. C; MARDONES, M. D. M. Noise mapping of densely populated neighborhoods – Example of Copacabana, Rio de Janeiro – Brazil**. Environ Monit Asses**, 2009.

SILVA, E. S.; ROJAS, J. L. B.; MONTENEGRO, A. B.; CASTRO, J. S.; GAJARDO, R. R.; RODENBEEK, J.P. A.; RIVERA, C. G.; GOZALO, G. R. Mapa de ruído de la Comuna de Santiago de Chile mediante modelación. **Congreso Internacional de Acústica y Audio profesional**, 2011.

SOUNDPLAN. **SoundPLAN Acoustics**. Disponível em: <https://www.soundplan.eu/english/soundplan-acoustics/>. Acessado em: 07 abr. 2019

SOUZA, F. P. Efeitos da Poluição Sonora no Sono e na Saúde em Geral - Ênfase Urbana. Documento técnico. [online**]. Revista Brasileira de Acústica e Vibrações**, 1992. Disponível em: http://www.isegnet.com.br/siteEdit/arquivos/Efeito%20da%20Poluicao%20Sonora.pdf. Acesso em: 07 abr. 2019

SURIANO, M. T.; SOUZA, L. C. L. de; SILVA, A. N. R. da. Ferramenta de apoio à decisão para o controle da poluição sonora urbana**. Ciência & Saúde Coletiva**, 2015.

VIANNA, K. M. de P. **Poluição Sonora No Município De São Paulo: Avaliação Do Ruído E O Impacto Da Exposição Na Saúde Da População.** Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Departamento de Epidemiologia. São Paulo, 2014.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for community noise**. Geneva, 1999.