

X-006 - CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR – ELABORAÇÃO DE CARTA DE RUÍDO COM AUXÍLIO DE GEOTECNOLOGIAS LIVRES

Jairo Pereira de Oliveira Junior⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Ambiental

Carina Doffinger da Silva⁽²⁾

Engenheira Ambiental

Thayne Danieli Schmidt Zolin⁽³⁾

Tecnóloga em Gestão Ambiental

Vinícius de Oliveira Ribeiro⁽⁴⁾

Engenheiro Ambiental.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Cidade Universitária de Dourados, Jardim América – Dourados – MS, CEP: 79804-970 - Brasil - Tel: +55 (67) 3411 -9500 - e-mail: jairopoliveira2@gmail.com.

RESUMO

A carta de ruído é uma ferramenta para, dentre outros usos, auxiliar no parecer técnico que subsidie a elaboração de políticas públicas de zoneamento das áreas urbanas, que visam benefícios para todo o município. Objetivou-se com este estudo analisar o nível sonoro presente no centro da cidade de Dourados (MS). Foram realizadas coletas em vários pontos da área de interesse, em horários considerados de grande movimento e gerados mapas utilizando o método de interpolação do Inverso Quadrático da Distância (IQD), no inglês *Inverse Distance Weight* (IDW) no software QGIS 2.14.0. As cartas de ruído elaboradas permitiram identificar as regiões mais críticas, as principais fontes e suas respectivas áreas de influência, além de verificar onde são ultrapassados os limites normativos de pressão sonora nas zonas estudadas.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição Sonora, Geotecnologias, IDW.

INTRODUÇÃO

No meio dos diversos incômodos existentes na vida urbana, como trânsito, poluição atmosférica e visual, encontra-se também a poluição sonora. Presente nas ruas e causada principalmente por fontes de ruídos como meios de transporte, indústrias e canteiros de obras, esta poluição pode causar alterações comportamentais e orgânicas nos seres humanos (Cantineri *et al.* 2010). Segundo a World Health Organization (2003), a poluição sonora é hoje, depois da poluição do ar e da água, o problema ambiental que afeta o maior número de pessoas, o que consequentemente altera os sentidos e a forma de se relacionar com o mundo e com as outras pessoas, já que os sujeitos incorporam as experiências que são vivenciadas diariamente.

Neste contexto, fatores como o advento da industrialização, crescimento das cidades e a ampliação da frota de veículos, contribuíram para o aumento da exposição a barulhos desagradáveis e de intensidades elevadas, que podem provocar desde um pequeno desconforto até a perda auditiva. Para o ser humano o aumento dos ruídos, podem provocar alterações nas reações psíquicas como, por exemplo, a motivação, nervosismo, a agressividade, a capacidade de aprendizagem e de concentração; influenciando diretamente na qualidade de vida dos indivíduos moradores de zonas urbanas. Isso gerou a necessidade da criação de normas, voltadas a empresas e à comunidade, com a finalidade de minimizar ou eliminar os problemas e conflitos causados pela emissão de ruídos (Scariot *et al.* 2012).

Moraes e Regazzi (2002) relatam que o som consiste em um agente físico causado por qualquer vibração ou onda mecânica que se propague em meio elástico, produzindo excitações auditivas ao homem. Ruído é uma mistura de sons cujas frequências não seguem quaisquer leis precisas e que diferem entre si por valores imperceptíveis ao ouvido humano, considerando como um som indesejado.

A elaboração de cartas de ruídos em locais de altos níveis sonoros por meio de modelação computacional é uma ferramenta importante para gestão ambiental, pois permite evidenciar o cumprimento ou não de determinados níveis de ruído previsto pela lei municipal, para efeitos de certificação ambiental e propor planos para redução dos níveis sonoros. (Santos; Valério, 2004). Os resultados são normalmente apresentados sob a forma de linhas isofônicas e/ou manchas coloridas, representando as áreas cujo nível de ruído se situa numa dada gama de valores (Santos; Valado, 2004).

O emprego das geotecnologias combinados com métodos de análise espacial na quantificação de visualização dos efeitos do ruído tem sido bastante positivo, uma vez que essa ferramenta possui um vasto conjunto de recursos para análise de dados espaciais, com destaque em construção de mapas.

Ante o exposto, este trabalho tem como objetivo a elaboração de uma carta de ruído para a Zona Central de Dourados-MS, para análise dos níveis de ruído a que estão expostos os cidadãos e trabalhadores locais e confrontar os níveis sonoros encontrados com os valores estabelecidos pelas normas regulamentadoras.

MATERIAL E MÉTODOS

Dourados é um município brasileiro da região Centro-Oeste, localizado no estado do Mato Grosso do Sul. O município é parte integrante da Mesorregião do Sudoeste do estado e da Microrregião de Dourados. Situada no centro-sul do estado, tem população de aproximadamente 213.000 habitantes (IBGE, 2015).

A área de estudo mostrado na Figura 1 selecionada situa-se nas regiões denominadas através da Lei Complementar Nº 205, De 19 De Outubro de 2012 como: Área Especial de Centro (AEC); Área Central Principal I (ACP I); Área Central Principal II (ACP II), do município de Dourados/MS. Estas foram escolhidas por abrigarem o centro comercial da cidade, bem como áreas denominadas de especial de centro, central principal e áreas residenciais, onde se concentram os de comércio e também, escolas e residências.

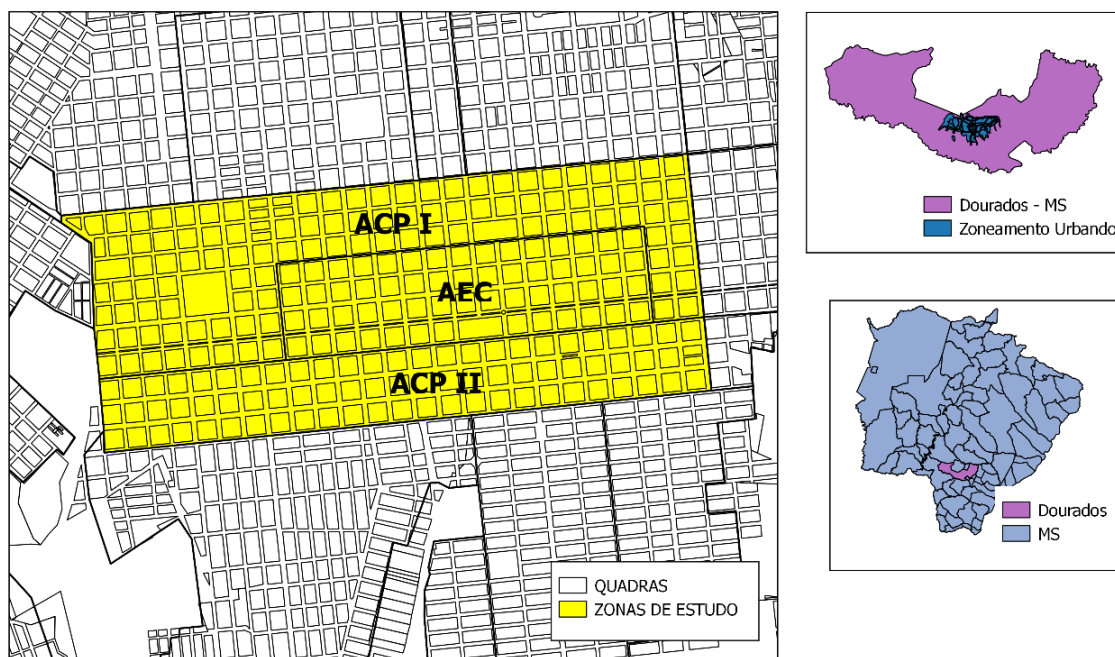


Figura 1 – Localização da área para estudo, apresentando a localização das zonas em análise de pressão sonora, Dourados 28 maio a 18 junho, 2015.

Para verificação da distribuição espacial dos sons locais, foram realizadas avaliações de ruído em diversos pontos do espaço estudado. Os critérios observados na seleção dos pontos foram: existência de uma fonte de ruído (carros, som de lojas, etc.), delimitação da área de estudo por meio de pontos mais distantes das fontes, e

criação de uma malha de pontos representativa. As coordenadas de cada ponto amostrado foram obtidas através do GPS Garmin Color 76 CSX, em Datum Sirgas 2000, projeção UTM. As medições de ruído seguiram os procedimentos estabelecidos na NBR 10.151/2000 (ABNT, 2000) e foram feitas com um medidor integrador de nível sonoro, modelo digital portátil com *data logger* - ITDEC4010. O mesmo e seu calibrador possuem certificados de calibração da Rede Brasileira de Calibração (RBC), acreditados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

Os horários das medições e coletas dos pontos principais foram definidos tendo em vista o maior movimento nas vias públicas, entre 11h e 13h. Este se refere ao horário de almoço dos trabalhadores locais e término das aulas do período matutino dos alunos. As coletas de dados foram realizadas entre os dias 28 de maio a 18 de junho de 2016. As datas foram determinadas em vista da disponibilidade dos equipamentos. Aos fins de semana e feriados não foram efetuadas coletas.

Para a obtenção dos dados, o tempo necessário de apontamento do medidor para a fonte de ruído foi de 30 segundos em cada ponto, obedecendo as instruções da NBR 10.151/2000. As medições foram realizadas aproximadamente 1,2 metros do piso (asfalto e calçadas) e pelo menos 2 metros do limite das barreiras físicas, como árvores e muros.

Foram utilizados valores de L_{Aeq} (nível sonoro equivalente) nível obtido a partir do valor médio quadrático da pressão sonora, expresso em dB(A), que corresponde ao nível sonoro médio integrado durante o período de cada medição.

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \quad (1)$$

Onde:

L_{Aeq} = Nível pressão sonora equivalente em dB

L_i = Nível de pressão sonora em dB

n = Número total de leituras

O nível de critério de avaliação (NCA) para ambientes externos estão indicados pela NBR 10.151/2000 (ABNT, 2000) na Tabela 1.

Quadro 1 - Nível de critério de avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB(A). Fonte NBR 10.151/2000

Tipos de áreas	Diurno
Áreas de sítios e fazendas	40
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50
Área mista, predominantemente residencial	55
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60
Área mista, com vocação recreacional	65
Área predominantemente industrial	70

De acordo com a NBR 10.151/2000 (ABNT, 2000), os limites de horário para o período diurno e noturno indicados pelo Quadro 1 devem ser definidos pelas autoridades de acordo com os hábitos da população. Porém, o período noturno não deve começar depois das 22 h e não deve terminar antes das 7 h do dia seguinte. Estes valores são adotados pelo Instituto de Meio Ambiente (IMAM), para fiscalização no município de Dourados – MS.

Os dados de campo foram tabulados e convertidos em banco de dados para inserção no QGIS 2.14.0, em formato csv, e adicionados à camada de texto delimitado. Os resultados das análises da distribuição espacial dos níveis de pressão sonora foram obtidos por meio de geoestatística.

Com base nos resultados e na comparação com a realidade percebida em campo, selecionou-se como modelo que melhor representa a distribuição espacial do ruído na área de estudo, o *Inverse Distance Weight* (IDW). Fato é que o som ao se propagar ao ar livre de forma esférica por ter a área de propagação aumentada, a transferência de energia da fonte para as moléculas de ar adjacentes processa-se segundo uma propagação radial. A fonte é caracterizada por diminuir a pressão proporcional com o aumento da distância da fonte, ou seja, ocorre a dissipação dessa energia causando a atenuação na intensidade, sendo de maior intensidade quanto mais próximo da fonte geradora (Fernandes, 2002).

O método IDW estima o valor da variável ao longo do espaço, considerando valores para cada ponto mais próximo para distância que variável está sendo calculada. Assim, o peso de cada valor é função do inverso de uma potência da distância, ou seja, quanto mais próximo do ponto calculado, maior será o peso do valor amostrado (Silva; *et al.*, 2013).

Para maximizar a modelagem da carta de ruído, foram desconsiderados os efeitos atenuantes das construções e áreas verdes sobre as fontes de ruído, efetuando-se a modelagem sem existência das barreiras físicas na obtenção da carta.

Assim, o produto da modelagem sugere a construção de um novo conjunto de dados através da distribuição espacial que apresenta adequadamente a malha a ser amostrada com os resultados obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 2, há uma representação dos pontos amostrados no trabalho. Para avaliação dos resultados foi utilizado como padrão os limites estabelecidos pela ABNT NBR 10151/2000 para ambientes externos em período diurno. Os mesmos estão representados na tabela 2.



Figura 2 – Distribuição dos pontos coletados na área de estudo que serviram de base à geoestatística.

Tabela 2 – Enquadramento das Zonas de estudo em consonância com os NCA da NBR 10151/2000.

Tipos de áreas	Diurno (dB)	Zonas
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	ACP I
Área mista, predominantemente residencial	55	ACP II
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	AEC

Os níveis de ruídos na Área Especial de Centro estão representados na figura 3, onde são observado os pontos com limites excedidos ao longo da área.

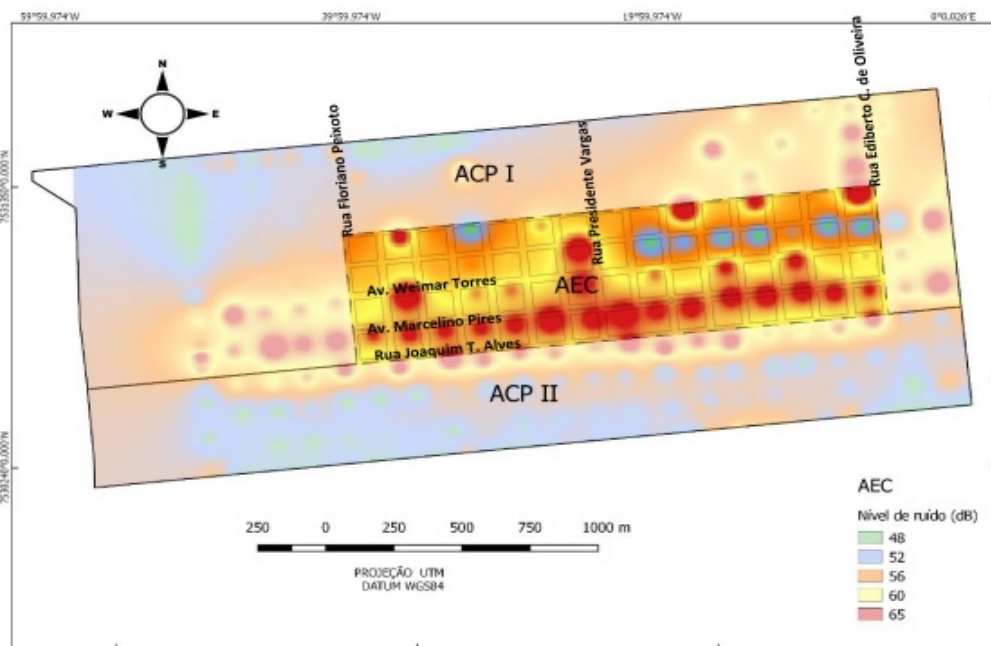


Figura 3 – Níveis mais intensos de pressão sonora na Área Especial de Centro (AEC).

Na ACP I, os pontos de maior intensidade sonora se concentram próximo ao limite com a AEC, na Avenida Marcelino pires que vai da Av. Aziz Rasselem até a Rua Aquidauana (Figura 4).

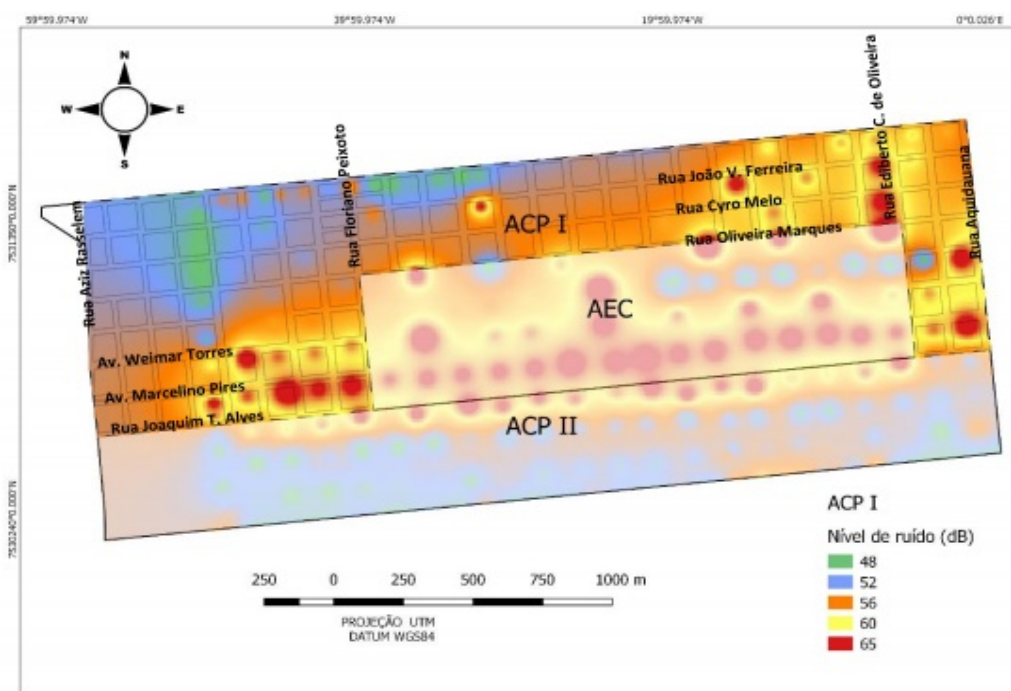


Figura 4 – Níveis de ruídos na Área Central Principal I (ACP I).

Os níveis de ruídos obtidos na Área Central Principal II estão apresentados na figura 5.

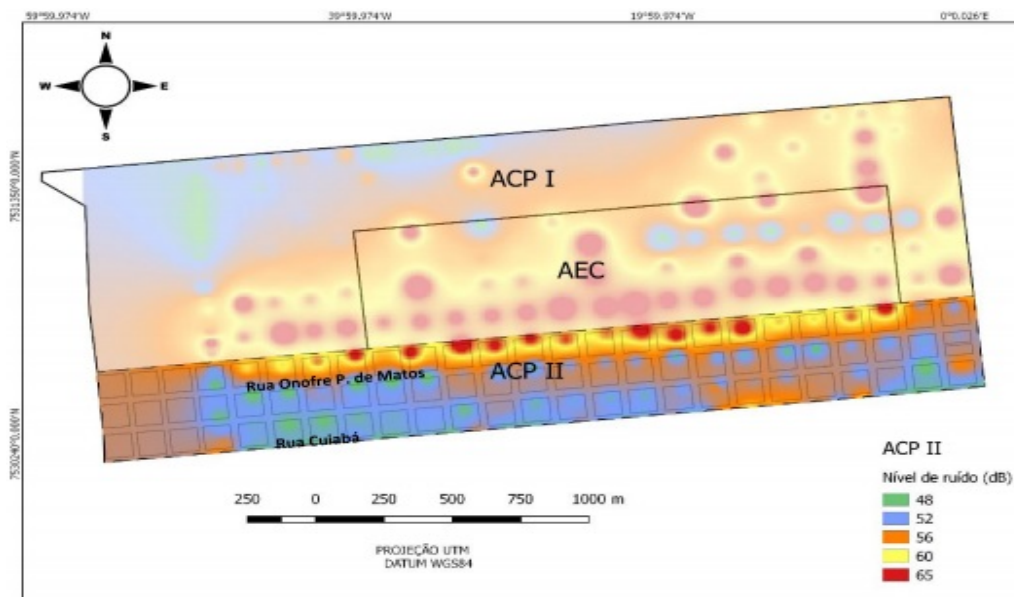


Figura 5 – Níveis de ruídos ideais na Área Central Principal II (ACP II).

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Analisando a Área Especial de Centro (AEC) a partir da Figura 3, é possível observar que o valor do nível permitido pela norma é excedido nas principais vias do centro do município, Avenida Marcelino Pires, Av. Weimar Gonçalves Torres e na rua Joaquim Teixeira Alves nos horários observados. As manchas avermelhadas que indicam nível de ruído elevado (acima de 60 dB) se estendem ao longo das vias citadas, entre as ruas Floriano Peixoto e Ediberto Celestino de Oliveira. As prováveis causas da existência dessa situação podem ser decorrentes da elevada concentração de comércio varejistas, concentração de carros de som, agências bancárias e outros equipamentos públicos, além da densa sinalização semafórica, que incrementa a pressão sonora por conta da aceleração constante dos automóveis. Nos pontos ao entorno da área mais crítica, em sua maioria, temos níveis médios de ruído entre 52 e 56 dB, estando enquadrados dentro dos níveis permitidos, porém em alguns pontos específicos da AEC, os níveis de ruídos são elevados nos cruzamentos de vias que apresentam sinalização semafórica.

A incidência maior de ruído na ACP I no limite com a AEC (Figura 4), se dá em poucos pontos por conta da semaforização e cruzamentos de ruas bastante movimentadas. Têm-se como exemplo o cruzamento das ruas Ediberto Celestino de Oliveira com a Oliveira Marques, Cyro Melo e João Vicente Ferreira, que possuem concentração de escolas, academias, que em horário de almoço, aglomeram automóveis e pessoas, e consequentemente elevam os níveis de pressão sonora apenas na região. Algumas áreas entre as ruas Floriano Peixoto e a Aziz Rasselem, o nível sonoro ultrapassa o nível considerado adequado (até 50 dB) para localidade que se concentram clínicas médicas, hospitais, escolas e residências. Atribui-se a consequência do ruído, por ser horário de visitas em hospitais, pela sinalização semafórica da região e horário de entrada/saída das escolas.

Na Figura 5, observa-se que praticamente a totalidade desta zona urbana encontra-se em níveis abaixo aos níveis considerados críticos pela média da norma NBR 10.151 (ABNT, 2000) que é acima de 55 dB. Estes níveis predominam entre as ruas Onofre Pereira de Matos e Cuiabá, que são áreas que tem maior adensamento residencial. Nas áreas próximas ao limite com a AEC, a propagação do ruído alcança a ACP II com níveis críticos para região concentrada de residências, tais resultados são consideravelmente semelhantes aos conhecidos na literatura para o município de Santa Maria/RS (PAIXÃO et al., 2006). As áreas analisadas que se encontraram em níveis elevados de ruído foram as regiões onde se concentram as áreas comerciais, agências bancárias e, principalmente, a sinalização semafórica, que consequentemente aglomeram pessoas e automóveis.

Ante o exposto, é necessária a adoção de medidas preventivas para redução de ruído nessas áreas do município. Para tal, sugere-se, primordialmente, a reavaliação da temporização da sinalização semafórica, bem como, a criação de canais de circulação preferencial, redistribuindo o tráfego das ruas mais congestionadas para essas vias circundantes. Pode-se complementarmente reduzir o número de vias que atravessam zonas sensíveis e avaliar a implantação estratégica de áreas verdes, para amenizar os efeitos do ruído, assim também contribuindo para melhoria da imagem e qualidade do ambiente urbano.

CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou a aplicabilidade da carta de pressão sonora para auxílio nos processos de planejamento e parecer técnico do zoneamento urbano, sendo uma ferramenta útil para suporte de decisão à políticas voltadas a este fim.

As cartas desenvolvidas em escala municipal, se devidamente elaboradas e aproveitadas, para que numa perspectiva de médio e longo prazo, podem representar ganhos significativos na melhoria dos ambientes sonoros com impactos relevantes na vida da população. Sugere-se, em trabalhos futuros a ampliação a perspectiva da análise aqui desenvolvida para o município como um todo, avaliando também a carta de ruído por outros algoritmos de interpolação.

Por fim, o uso das geotecnologias na elaboração do trabalho proporcionou uma melhor visualização e entendimento da distribuição e intensidade nos níveis de pressão sonora na área estudada, além de tornar possível a correlação do comportamento espacial do som com sua localização e fontes, com custos reduzidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – procedimento. Rio de Janeiro, 2000.
2. ARORA, M.L., BARTH, E., UMPHRES, M.B. *Technology evaluation of sequencing batch reactors. Journal Water Pollution Control Federation*, v.57, n.8, p. 867-875, ago. 1985.
3. CANTINERI, E.; CATAI, R. E.; AGNOLETTI, R. A.; ZANQUETA, H. F. B.; CORDEIRO, A. D.; ROMANO, C. A. Elaboração de um mapa de ruído para a região central da cidade de Curitiba – PR. *Revista de Produção Online*, vol. 10, n.2, p.1676-1901, 2010.
4. DATAR, M.T., BHARGAVA, D.S. *Effects of environmental factors on nitrification during aerobic digestion of activated sludge. Journal of the Institution of Engineering (India), Part EN: Environmental Engineering Division*, v.68, n.2, p.29-35, Feb. 1988.
5. DOURADOS. Lei Complementar Nº 205, de 19 de Outubro de 2012. Dispõe sobre o Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo e o Sistema Viário no Município de Dourados e dá outras providências. Dourados, 2012.
6. FADINI, P.S. Quantificação de carbono dissolvido em sistemas aquáticos, através da análise por injeção em fluxo. Campinas, 1995. Dissertação de mestrado-Faculdade de Engenharia Civil-Universidade Estadual de Campinas, 1995.
7. FERNANDES, J. C. Acústica e Ruídos. Bauru: UNESP/DEP, 2002. 51 p. Apostila.
8. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2015/estimativa_2015_TCU_20160712.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2016.
9. MORAES, A. G.; REGAZZONI, R. D. Perícia e avaliação de ruído e calor passo a passo – Teoria e prática. Rio de Janeiro. 2002.
10. SANTOS, L.C.; VALADO, F. (2004) O mapa de ruído municipal como ferramenta de planejamento. Acústica 2004. Portugal.
11. SCARIOT, E. M.; PARANHOS FILHO, A. C.; TORRES, T. G.; BUDIB VICTÓRIO, A. C. 2012. O uso de geotecnologias na elaboração de mapas de ruído. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 17, 51-60.
12. SILVA, J. C., CAIADO, E. S., CAIADO, M. A. C. Escolha de Parâmetro para Interpolação de Precipitação Diária Utilizando o Interpolador Inverse Distance Weight (IDW). XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves. 2013.



13. SILVA, K. R.; PAIVA, Y. G.; CECÍLIO, R. A.; PEZZOPANE, J. E. M. Avaliação de interpoladores para a espacialização de variáveis climáticas na bacia do rio Itapemirim-ES. *In: Anais do 13 Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2007, Florianópolis, NPE, 2007. p. 3141-3146.
14. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Résumé D'orientation Des Directives De l'oms Relatives Au Bruit Dans l'environnemental. 2003. Disponível em <<http://www.who.int/homepage/primers>>. Acesso em: 27 abr. 2015.