

DIAGNÓSTICO DE RUÍDO AEROPORTUÁRIO VERSUS ZONEAMENTO URBANO: CASO DO AEROPORTO SANTOS DUMONT-RJ

*Airport noise diagnosis versus urban zoning: case of Santos Dumont-RJ
airport*

Deivid Reis Viana

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Escola Politécnica – Programa de Engenharia Urbana
deivid.rviana@gmail.com

Leonardo Vieira Barbalho

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Escola Politécnica – Programa de Engenharia Urbana
leonardovb@poli.ufrj.br

Filipe Lemos Maia Santos

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Escola Politécnica – Programa de Engenharia Urbana
filipe.santos@poli.ufrj.br

Jules Ghislain Slama

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Escola Politécnica – Programa de Engenharia Urbana
jules@mecanica.coppe.ufrj.br

Resumo:

O transporte aéreo se tornou indispensável nos últimos anos, devido a um mundo cada vez mais integrado. Esse fator ocasionou um considerável aumento no tráfego aéreo, já que esse meio de transporte estimula a economia e as relações entre as pessoas. No Brasil, o transporte aéreo está em constante evolução desde 1927 e atualmente, devido ao turismo, que se apresenta como um dos pilares da economia, ganhou um grande impulso, possuindo um crescimento superior ao do Produto Interno Bruto (PIB) e ao da população, segundo a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Porém, alguns efeitos adversos podem ser sentidos pela população, sendo o ruído aeroportuário um dos mais sérios, devido à sua complexidade e difícil mitigação (INFRAERO, 2004). Isso interfere nas atividades aeroportuárias e na qualidade de vida da população do entorno. Este trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema de diagnóstico do ruído aeroportuário, a partir de dados levantados em uma planilha da ANAC denominada Horário de Transportes (Hotran), contendo os movimentos de cada aeronave da aviação regular (linhas aéreas), gerando mapas de conflitos diurno e noturno a partir do zoneamento da cidade, utilizando como estudo de caso o aeroporto Santos Dumont.

Palavras-chave: Ruído Aeroportuário. Análise Espacial. Mapa de Conflito Urbano. Aeroporto Santos Dumont

Abstract:

Air transport has become indispensable in recent years due to an increasingly integrated world. This factor has caused a considerable increase in air traffic, since this means of transport stimulates the economy and relationships between people. In Brazil, air transport has been in constant evolution since 1927 and today, due to tourism, which is one of the pillars of the economy, it has gained a great impulse, having a growth superior to

that of the Gross Domestic Product (GDP) and the population, according to the National Civil Aviation Agency (ANAC). However, some adverse effects can be felt by the population, with airport noise being one of the most serious due to its complexity and difficult mitigation (INFRAERO, 2004). This interferes with airport activities and the quality of life of the surrounding population. This work aims to develop a system for the diagnosis of airport noise, based on data collected in an ANAC worksheet called Hotran, which contains the movements of each regular aviation aircraft (airlines), generating conflict maps day and night from the zoning of the city, using as a case study Santos Dumont airport.

Keywords: Airport Noise, Spatial Analysis, Urban Conflict Map, Santos Dumont Airport

1. INTRODUÇÃO

A Organização Internacional da Aviação Civil (ICAO), em sua resolução A33/7 de 2001, apresenta uma abordagem para o problema do controle de ruído aeroportuário. Nessa abordagem são consideradas quatro linhas de ação: redução na fonte do ruído gerado por aeronaves, medidas de ordenamento e gestão do território, procedimentos operacionais de redução do ruído, restrições de operação. Desses quatro aspectos, o que apresenta mais dificuldade e complexidade na implementação está relacionado com a gestão do uso do solo.

A dificuldade está relacionada com uma abordagem diferente da parte das autoridades aeroportuárias e das autoridades urbanas. O zoneamento urbano, que tem por objetivo assegurar o conforto da população, consiste em subdividir a cidade em zonas e para cada zona definir um nível critério diurno e um nível de critério noturno, onde a métrica utilizada é o Nível Sonoro Equivalente Ponderado em A (LAeq). O Zoneamento aeroportuário tem por objetivo limitar a invasão das regiões próximas do aeroporto por atividades sensíveis ao ruído. A métrica utilizada para o zoneamento é o *Day Night Level* (DNL). O ruído provoca diferentes reações nos seres humanos, causando conforto ou incômodo em diferentes indivíduos. Portanto, é difícil avaliar uma resposta comunitária e impossível prever a resposta individual à exposição sonora, segundo a FAA (1985).

O Nível de Pressão Sonora Equivalente (LAeq) é obtido a partir do valor médio quadrático da pressão sonora (com ponderação A) referente a todo intervalo de medição. O ruído aeronáutico é aquele gerado pela movimentação das aeronaves em operação, ou seja, está relacionado diretamente às operações de pouso, decolagem e sobrevoos de aeronaves. Geralmente, subdivide-se o ruído aeroportuário em ruído das fontes no ar (movimentação das aeronaves durante as operações de pouso, decolagem, e sobrevoos) e ruído das fontes no solo (aeronaves taxiando, APU - *Auxiliary Power Unit*, testes de motores, equipamentos de apoio no solo).

No ruído aeroportuário utilizam-se, no Brasil, as métricas derivadas para os períodos diurno e noturno (LAeqD e LAeqN, respectivamente). O Nível de Pressão Sonora Equivalente Diurno (LAeqD) é calculado para o intervalo de tempo de 15 horas, entre 7h e 22h, enquanto o Nível de Pressão Sonora Equivalente Noturno (LAeqN) é calculado para o intervalo de tempo de 9 horas, entre 22h e 7h. A métrica DNL, muito utilizada para representar a exposição do ruído aeronáutico em uma comunidade, é calculado para um período de 24 horas. No período noturno (22h a 7h) é adicionado uma ponderação de 10 dB(A), devido à maior sensibilidade ao incômodo nesse intervalo de tempo. O Plano de Zoneamento de Ruído (PZR) orienta o uso do solo em função dos níveis de ruído e a norma ABNT NBR 10.151 limita o nível de ruído em função do tipo de ocupação do solo. O PZR é elaborado levando-se em conta a métrica DNL. Já os NCAs estipulados na NBR 10.151

encontram-se nas métricas LAeqD, para valores diurnos, e LAeqN, para valores noturnos, para o caso do ruído aeroportuário.

No intuito de avaliar os impactos deste importante equipamento público de transporte, elaborou-se um estudo da emissão de ruídos no Aeroporto Santos Dumont (SDU) para confrontar os mapas gerados com o mapa de zoneamento urbano do município do Rio de Janeiro, determinando-se possíveis zonas de conflito.

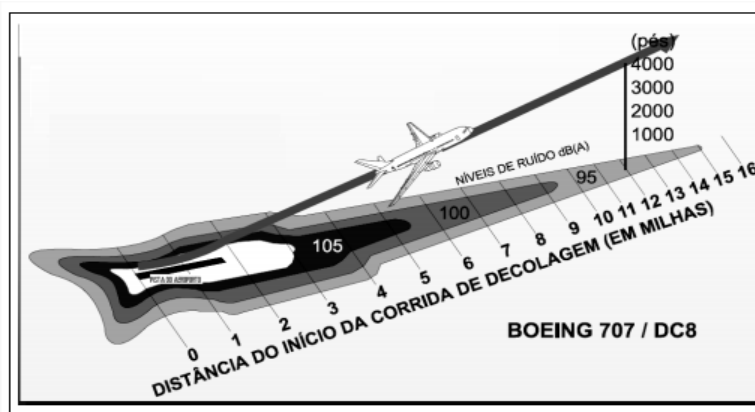
2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia considerou uma nova família de curvas baseadas nas métricas LAeqD (Nível Sonoro Equivalente Diurno) e LAeqN (Nível Sonoro Equivalente Noturno), uma vez que a métrica DNL apresenta inconvenientes para aeroportos com restrições de uso noturno.

Foi utilizado o programa *Integrated Noise Model* (INM), desenvolvido pela *Federal Aviation Administration* (FAA), para gerar as curvas de ruído com os dados do Aeroporto Santos Dumont, a partir dessas curvas, foram realizadas as análises. O software foi utilizado para produzir os contornos da exposição sonora gerados pelas operações de voo, a partir de uma base de dados sobre o desempenho de voo de cada modelo de aeronave, além de dados acústicos associados a padrões e perfis definidos por cada aeroporto. Ele calcula também níveis de ruído para diversas métricas em locais específicos.

Os contornos permitem a comparação entre os níveis sonoros gerados por tipos diferentes de avião e procedimentos de voo. A forma irregular em tons de cinza (figura 1), representa o alcance no solo dos níveis de ruído, produzidos durante o procedimento de decolagem de uma aeronave.

Figura 1 - Representação da projeção (área) em níveis de ruído na decolagem de aeronaves.



Fonte: SCATOLINI, 2006.

Em seguida são apresentados os resultados para o estudo de impacto ambiental através de análises espaciais num Sistema de Informação Geográfica (SIG), Quantum Gis, entre elas as Áreas de Influência Acústica Direta (AIAD), as Áreas de Estudos Complementares (AEC) e os Mapas de Conflito Acústico. As aquisições destas informações são elaboradas no ambiente SIG, a partir da interposição dos dados de emissão de ruídos ao mapa de zoneamento urbano, numa relação de interseção entre eles. Os mapas de conflito são gerados baseados em regras definidas por normas técnicas. Adicionalmente, a partir dos dados do

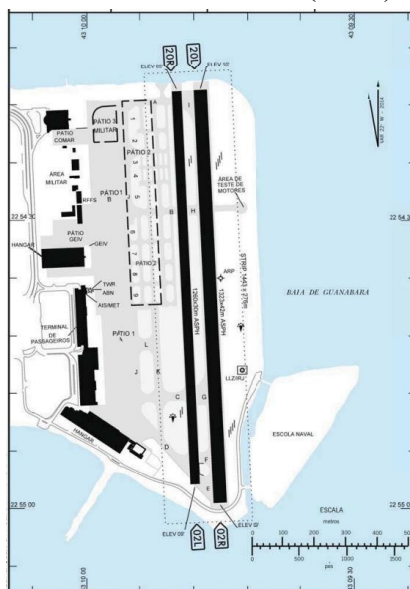
Censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2010, são extraídos os quantitativos de pessoas impactadas nas zonas definidas pela Prefeitura do Município do Rio de Janeiro como residenciais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Aeroporto Santos Dumont, localizado na cidade do Rio de Janeiro, foi inaugurado oficialmente no dia 30 de novembro de 1936. O sítio aeroportuário possui uma área de 833.703 m² e um pátio das aeronaves de 95.800 m². Existem 20 posições para estacionamento de aeronaves comerciais, e estas utilizam duas pistas para operações de pouso e decolagem. A pista principal possui extensão de 1323 m e 42m de largura, enquanto a auxiliar um comprimento de 1260 m e 30 m de largura. A área do terminal de passageiros é de 61.000 m² com capacidade operacional de mais de 9 milhões de passageiros por ano. O Aeroporto opera basicamente voos da ponte aérea, voos oriundos de dentro do Estado do Rio de Janeiro e voos regionais ligando as principais capitais do país.

Na figura 2 é observada a disposição das pistas no Aeroporto Santos Dumont. A pista maior possui as cabeceiras 20L e 02R, enquanto a menor possui as cabeceiras 20R e 02L.

Figura 2 - Carta de aeródromo (ADC) do SDU



Fonte: AIS (2019)

Neste projeto, foram utilizados os dados do Hotran, que consiste em um documento com diversas informações sobre os voos da aviação regular, tais como o dia e a hora da operação de pouso ou decolagem, a aeronave, o aeroporto de origem ou de destino e informações da cabeceira utilizada, entre outras. Os dados extraídos deste documento correspondem ao ano de 2012 e foram inseridos no INM para as simulações. Na Tabela 2, são apresentadas as porcentagens de movimentação de cada aeronave no mês de referência.

Tabela 2 - Distribuição de voos por aeronave

AERONAVE	%	AERONAVE	%	AERONAVE	%
A319-131	26,6%	BEC400	0,6%	CNA650	0,2%
737800	21,5%	LEAR31	0,5%	AC50	0,2%
EMB190	13,8%	CNA500	0,4%	PA31	0,2%
737700	7,5%	LEAR45	0,3%	MD81	0,1%
737300	4,5%	EMB110	0,3%	ATR72	0,1%
ATR42	3,2%	LEAR60	0,3%	BEC58	0,1%
CNA172	2,6%	BEC300	0,3%	LEAR35	0,1%
EMB170	2,0%	PC6	0,3%	FAL20A	0,1%
CNA525	1,8%	EMB120	0,3%	F90	0,1%
PA34	1,5%	EMB145	0,2%	CNA206	0,1%
EMB135	1,3%	IA1125	0,2%	727100	0,1%
F10065	1,2%	CNA208	0,2%	BEC33	0,1%
GASEPV	1,2%	CNA550	0,2%	BEC9F	0,1%
BEC90	1,1%	GIV	0,2%	PA46	0,1%
CNA560	1,1%	CNA152	0,2%	CNA310	0,1%
HS1258	0,9%	BEC200	0,2%	CNA501	0,1%
CNA750	0,8%	PA28AR	0,2%	MD9025	0,1%

Fonte: ANAC (2012)

Nas simulações feitas neste trabalho, foram analisadas novas rotas, que entraram em vigor no ano de 2011, após uma série de reclamações de pessoas incomodadas com o ruído das aeronaves, em especial moradores dos bairros de Santa Teresa, Laranjeiras, Flamengo e Urca. Na Tabela 3 são mostradas as descrições das rotas das aeronaves de acordo com a cabeceira e a operação.

Tabela 3 - Descrição das rotas das aeronaves.

Cabeceira	Operação	Segmento	Descrição	Distância (nmi)	Turn Angle (deg)
20L	Pouso	1	Straight	3,4000	-
		2	Right-Turn	0,9400	85
		3	Straight	1,2200	-
	Decolagem	1	Straight	1,0000	-
		2	Left-Turn	1,0000	30
		3	Straight	2,0000	-
20R	Pouso	1	Straight	5,4000	-
	Decolagem	1	Straight	1,0000	-
		2	Left-Turn	1,0000	30
		3	Straight	2,0000	-
02L	Pouso	1	Straight	6,0000	-
		2	Right-Turn	0,5400	32
		3	Straight	5,5000	-
		4	Left-Turn	0,5400	125
		5	Straight	0,6400	-

	Decolagem	1	Straight	1,0000	-
		2	Right-Turn	0,9400	200
		3	Straight	2,0000	-
02R	Pouso	1	Straight	6,0000	-
		2	Right-Turn	0,5400	32
		3	Straight	5,5000	-
		4	Left-Turn	0,5400	125
	5	Straight	0,6400	-	
	Decolagem	1	Straight	1,0000	-
		2	Right-Turn	0,9400	200
3		Straight	2,0000	-	

Legenda:

Straight: Trecho em linha reta

TurnAngle: Ângulo da curva

Right-Turn: Curva para a direita

Nmi: Milhas náuticas

Left-Turn: Curva para a esquerda

Deg: Graus

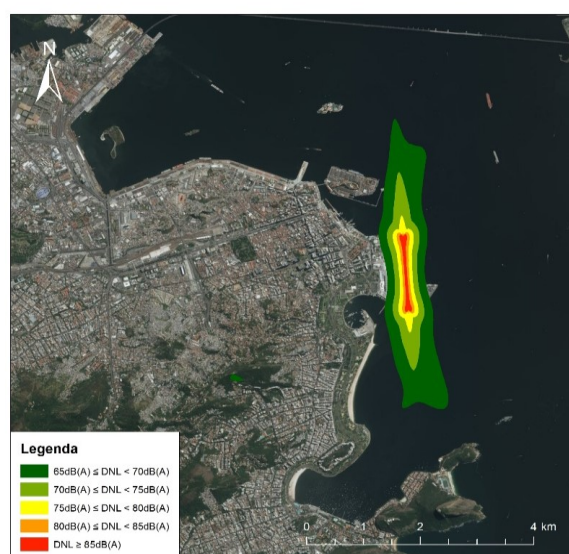
Foram modeladas curvas isofônicas no software INM 7.0d para avaliar o nível de ruído aeronáutico, considerando rotas antigas e novas na região e no seu entorno com base nos dados físicos e operacionais do Aeroporto Santos Dumont descritos acima. Foram calculadas as curvas na métrica DNL, expostas na figura 3 e 4, considerando os níveis de ruído de 65 dB(A) a 85 dB(A), com intervalos de 5 dB(A), compatíveis com o Plano Específico de Zoneamento de Ruído definido pelo Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) nº 161.

Figura 3 - Curva de ruído na métrica DNL rota antiga para o SDU

Figura 4 - Curva de ruído na métrica DNL rota nova para o SDU



Fonte: Autor, 2019



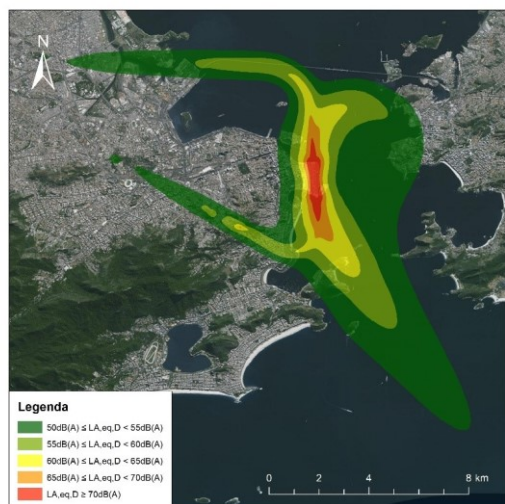
Fonte: Autor, 2019

Já as curvas de ruído nas métricas LAeqD e LAeqN, rotas novas, são compatíveis com a norma ABNT NBR 10151. Para a métrica LAeqD, as curvas de ruído são expostas na Figura 5, considerando os níveis de 50 dB(A) a 70 dB(A). Para a métrica LAeqN, as curvas de ruído são expostas nas Figura 6, considerando os níveis de 45 a 65 dB(A). As duas métricas consideram um intervalo de 5 dB(A).

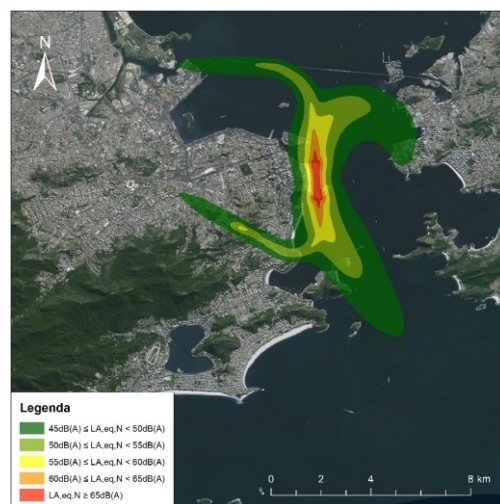
A partir dessas curvas pôde-se calcular o número de pessoas atingidas pelo ruído em cada faixa, utilizando-se um sistema de informações Geográficas (SIG) e os dados populacionais dos setores censitários do IBGE (2010). Embora os dados populacionais sejam referentes ao Censo Demográfico realizado em 2010, obtém-se um valor aproximado de impactados visto o lapso de tempo decorrido entre o censo e a formulação deste trabalho. A tabela 4 mostra os resultados para as métricas LAeqD e LAeqN, que se mostraram mais adequadas para esta finalidade.

Figura 5 - Curva de ruído na métrica LAeqD

Figura 6 - Curva de ruído na métrica LAeqN



Fonte: Autor, 2019



Fonte: Autor, 2019

Tabela 4 - Quantificação do número de pessoas afetadas nas métricas LAeqD e LAeqN

LAeqD			LAeqN		
Faixa	Área (km ²)	População (mil habit)	Faixa	Área (km ²)	População (mil habit)
LAeqD > 70dB(A)	0,55	29	LAeqN > 65dB(A)	0,40	21
65dB(A) ≤ LAeqD < 70dB(A)	0,21	12	60dB(A) ≤ LAeqN < 65dB(A)	0,21	11
60dB(A) LAeqD < 65dB(A)	0,54	168	55dB(A) ≤ LAeqN < 60dB(A)	0,27	73
55dB(A) LAeqD < 60dB(A)	2,57	37.498	50dB(A) LAeqN < 55dB(A)	1,33	19.630
50dB(A) ≤ LAeqD < 55dB(A)	11,95	151.484	45dB(A) LAeqN < 50dB(A)	4,91	61.711

Total	15,82	189.191	Total	7,13	81.446
--------------	-------	---------	--------------	------	--------

Fonte: Autor (2019)

Posteriormente, foram elaboradas a AIAD e a AEC, ilustradas nas figuras 7 e 8, respectivamente, considerando a expressão 1. A tabela 5 quantifica o número aproximado de pessoas atingidas dentro da AEC.

$$\{x \in \text{AIAD} \mid x \in ((L_{AeqD} > 50\text{dB(A)}) \cap (L_{AeqN} > 45\text{dB(A)}))\} \quad (1)$$

Figura 7 - AIAD para o Aeroporto Santos

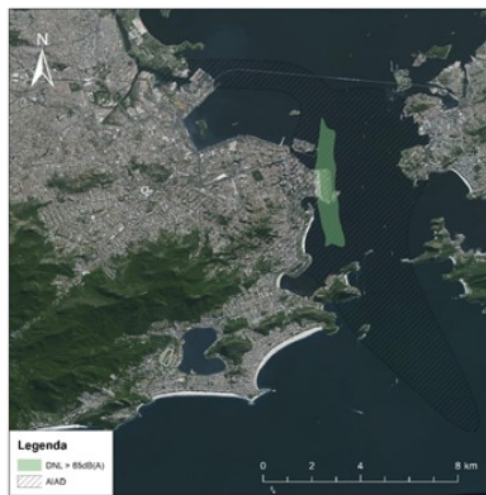
Figura 8 - AEC para o Aeroporto Santos



Fonte: Autor, 2019

Dum

ont



Dumont

Fonte: Autor, 2019

Tabela 5 - Quantificação do número de pessoas afetadas dentro da AEC.

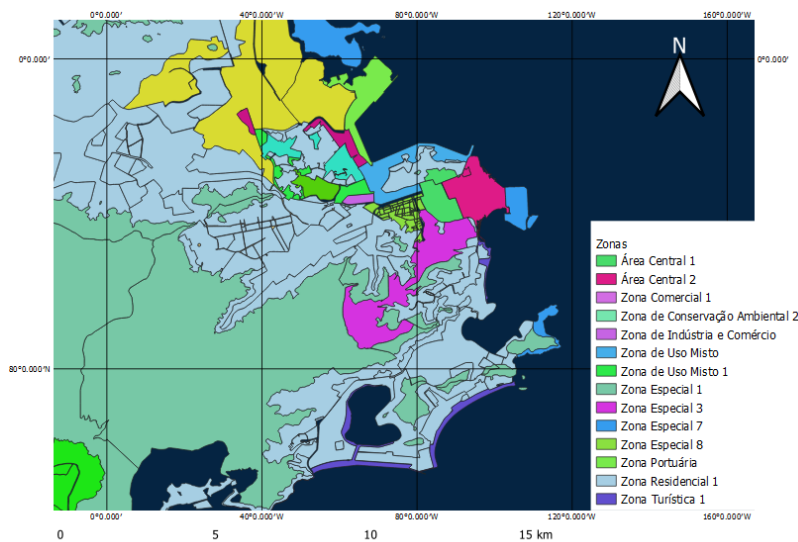
Área (Km ²)	15,01
População (habitantes)	189.135

Fonte: IBGE (2010)

Em seguida, utilizando-se os dados do zoneamento urbano do município do Rio de Janeiro (figura 9), confeccionou-se mapas de conflito diurno e noturno para as novas rotas

(figuras 10 e 11), que apresentam incompatibilidade com o zoneamento aeroportuário, considerando o critério de avaliação LAeqD e LAeqN, dentro da zona estritamente residencial.

Figura 9 – Mapa do zoneamento do Município do Rio de Janeiro



Fonte: Instituto Pereira Passos, 2020

Figura 10 - Mapa de Conflito Diurno

Figura 11 - Mapa de Conflito Noturno



Fonte: Autor, 2019



Fonte: Autor, 2019

4. CONCLUSÕES

O trabalho cumpriu o objetivo de contribuir, a partir da determinação das curvas de ruído do Aeroporto Santos Dumont e o mapa de zoneamento urbano, na detecção de áreas de

conflito utilizando-se das métricas DNL, LAeqD e LAeqN, além da quantificação de pessoas afetadas em seu entorno. Foi apresentada uma análise da interação entre aeroportos e áreas urbanas residenciais. Esta proposta ajuda a resolver a questão do controle do ruído aeroportuário considerando a componente da abordagem equilibrada relativa ao planejamento e gestão do uso do solo.

Pôde-se perceber uma discordância entre os valores numéricos dos níveis sonoros estabelecidos pela NBR 10.151 e utilizados pelo Plano de Zoneamento de Ruidos de Aeródromos (PZR) para elaboração das curvas. O primeiro recomenda que áreas residenciais não se exponham a níveis sonoros acima de LAeqD 50dB(A) durante o dia e LAeqN 45dB(A) durante a noite. Já o segundo, não proíbe a ocupação residencial em áreas com nível de ruído abaixo de DNL 65dB(A).

Embora os resultados comprovem a existência de áreas de conflito com o equipamento urbano, cumpre ressaltar que as características físicas da forma urbana como densidade construtiva, existência de áreas livres, forma e disposição das edificações influenciam na propagação sonora ao ar livre e, portanto, no ambiente sonoro de uma região, necessitando o aprofundamento do estudo considerando estes quesitos.

Assim, produz-se resultados que auxiliarão os administradores dos aeroportos e órgãos ambientais e desta forma, os administradores poderão ter dados necessários para a avaliação e propostas de soluções adequadas de forma ativa junto aos órgãos de planejamento urbano na gestão de integração do aeroporto.

Como sugestão para abordagens futuras, pode-se utilizar a definição de desigualdades lógicas para a delimitação das áreas de conflito. A utilização de uma base cartográfica do zoneamento do município conforme o plano diretor atualizado e a atualização do Censo Demográfico, também pode dar uma maior precisão às análises.

Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10151 – Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade**. Rio de Janeiro, 2000.

AIS - SERVIÇO DE AVIAÇÃO AERONÁUTICA. **Cartas Aeronáuticas**. Disponível em: <<http://www.aisweb.aer.mil.br/?i=cartas>>. Acesso em 30 maio de 2019.

ANAC - AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil nº 161 - Planos de Zoneamento de Ruidos de Aeródromos - PZR**. Disponível em <http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-161-emd-01/@@display-file/arquivo_norma/RBAC161EMD01.pdf>. Acesso em 30 maio 2019.

FAA – Federal Aviation Administration. **Aviation Noise Effects**. Washington, DC, 1985

FAA - Federal Aviation Administration. **Integrated Noise Model Version 7.0 User's Guide**. Washington, DC, 2007.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**, 2010.

ICAO - International Civil Aviation Organization. **Assembly Resolutions in Force (A33-7)**. Disponível em <https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/STATEMENTS/A33-7.pdf>

INFRAERO - Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. **Relatório Ambiental 2003/2004**. Brasília, 2004.

RIO DE JANEIRO (Cidade). INSTITUTO PEREIRA PASSOS – IPP. **Zoneamento urbano, bens protegidos e áreas de proteção ambiental**. Disponível em <https://www.data.rio/app/zoneamento-urbano-bens-protegidos-e-%C3%A1reas-de-prote%C3%A7%C3%A3o-ambiental>. Acessado em Outubro, 2020.