

AVALIAÇÃO DO IMPACTO SONORO DO TRÁFEGO
DE HELICÓPTEROS EM ÁREAS URBANAS.

Ana Paula Gama

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA MECÂNICA.

Examinada por:

Prof. Jules Ghislain Slama, DSc.

Prof. Webe João Mansur, Ph.D.

Prof. Fernando Augusto de Noronha Castro Pinto, Dr.-Ing

Prof. Max Suell Dutra, Dr.-Ing.

Prof. Arcanjo Lenzi, Ph.D.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL.

OUTUBRO DE 2012

Gama, Ana Paula

Avaliação do Impacto Sonoro do Tráfego de Helicópteros em Áreas Urbana. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2012.

XVIII, 224 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Jules Ghislain Slama

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Mecânica, 2012.

Referências Bibliográficas: p. 193-199.

1. Controle de ruído aeroportuário. 2. Helicópteros. 3. Abordagem Equilibrada. 4. Acústica Ambiental I. Slama, Jules Ghislain. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Mecânica. III. Título.

*A DEUS,
Que tornou tudo possível,*

À minha filha Laura.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Jules, por suas orientações, paciência e pelas oportunidades de crescimento acadêmico e profissional.

À minha amiga Marta Ribeiro, pelo estímulo dado para o desenvolvimento desta Tese e por ter acreditado em mim.

À minha mãe Alice, pelo amor, força e apoio em todos os momentos da minha vida.

Ao meu marido e companheiro de toda uma vida, Marcos, pela compreensão e amor que me fortalece.

À minha amiga Denise Sousa pela ajuda durante as fases de elaboração da Tese.

Aos colegas do Grupo de Estudos em Ruído Aeroportuário – GERA pelo apoio e carinho com que atenderam às minhas solicitações.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (DSc.)

AValiação DO IMPACTO SONORO DO TRáfEGO DE HELICóPTEROS EM ÁREAS URBANAS.

Ana Paula Gama

Outubro /2012

Orientador: Jules Ghislain Slama

Programa: Engenharia Mecânica

Este trabalho apresenta uma nova abordagem para a avaliação do impacto sonoro do tráfego de helicópteros em áreas urbanas, com base no mapeamento de ruído em receptores críticos e análise de dados através de um Sistema de Informações Geográficas .

Considerando as diferenças operacionais desta modalidade de transporte, a metodologia foi desenvolvida para lidar com a interação de dados de diversas naturezas, tais como, aqueles obtidos nas simulações acústicas em diferentes métricas (DNL, LAeqD, LAeqN, LAeq,1h, SEL, TALA), e parâmetros de controle de ruído aeronáutico estabelecidos pela ICAO (Organização de Aviação Civil Internacional) .

Esta metodologia, concebida visando atender as vertentes da Abordagem Equilibrada (controle de ruído na fonte, na gestão de uso do solo, nos procedimentos e restrições operacionais), permite caracterizar globalmente as áreas vizinhas do aeródromo do ponto de vista da poluição sonora, e permite analisar os dados individuais dos receptores críticos estudados ao nível de qualidade acústica das fachadas.

Abstract of thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for degree of Doctor of Science (D.Sc.)

NOISE IMPACT ASSESSMENT OF HELICOPTER TRAFFIC IN URBANS AREAS

Ana Paula Gama

October /2012

Advisor: Jules Ghislain Slama

Department: Mechanical Engineering

This paper presents a new approach for evaluation the noise impact of helicopter traffic in urban areas, based on the noise mapping of critical receptors and analysis of data via a Geographical Information System.

Considering the operational differences of this mode of transport, the methodology was developed to deal with the interaction of various types of data such as those obtained in the simulations in different acoustic metrics (DNL, LAeqD, LAeqN, LAeq,1h, SEL, TALA), and aircraft noise control parameters set out by ICAO - International Civil Aviation Organization.

This methodology, designed to meet the concepts of Balanced Approach (noise control at source, in the management of land use, procedures and operational restrictions), allows characterize the noise pollution in the in the surrounding areas, and at the same time, allows to analyze individual data of critical receptors at the level of acoustic quality of the facades.

Sumário

INTRODUÇÃO.....	1
1 RUÍDO AEROPORTUÁRIO.....	10
1.1 Fontes de ruído em aeronaves a jato.....	10
1.2 Fontes de ruído nas aeronaves a hélice convencionais.....	12
1.3 Fontes de ruído nos helicópteros	13
1.4 O programa Fly Neighborly	17
1.5 Orientações do FAA para voos próximos de áreas sensíveis ao ruído.....	18
1.6 Regras especiais de tráfego aéreo para helicópteros no Brasil.....	19
1.7 Efeitos do ruído	21
1.8 Métricas de avaliação	25
1.8.1 As métricas da família “A”	25
1.8.2 As métricas da família “C”	25
1.8.3 As métricas da família “PNL”	26
1.8.4 As métricas mais utilizadas na avaliação do ruído aeronáutico	27
2 O PLANEJAMENTO E GESTÃO DO RUÍDO AERONÁUTICO NO MUNDO	32
2.1 Abordagem Equilibrada na gestão do ruído	32
2.1.1 A certificação acústica das aeronaves	33
2.1.2 Restrições operacionais	43
2.1.3 Controle de ruído nos procedimentos operacionais.....	45
2.1.4 Planejamento e gestão do uso do solo	46
2.2 Acústica previsional : O programa INM	47
2.2.1 O banco de dados NPD.....	48
2.3 O planejamento e gestão do ruído aeroportuário nos Estados Unidos	51
2.4 O planejamento e gestão do ruído aeroportuário na União Europeia.....	53
3 O PLANEJAMENTO E GESTÃO DO RUÍDO AERONÁUTICO NO BRASIL	55
3.1 O aeródromo e sua vizinhança.....	55
3.1.1 Requisitos legais para a construção de helipontos.....	59
3.2 As diferenças entre aeródromos públicos e privados.	60
3.2.1 Aspectos do licenciamento ambiental	63
3.3 Normas e legislações	65
3.3.1 Legislação aeronáutica: Os Planos de Zoneamento de Ruído.....	65
3.3.2 O Plano Básico de Zoneamento de Ruído	67

3.3.3 O Plano Específico de Zoneamento de Ruído	73
3.3.4 Critério de avaliação do ruído de acordo com o PZR.....	77
3.3.5 Legislação brasileira sobre ruído em comunidade: A Norma NBR 10.151 ..	79
3.3.6 As divergências entre as Legislações e as consequências na cidade.....	81
4. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO E CONTROLE DO RUÍDO DE HELICÓPTEROS.....	83
4.1 Diagnóstico ambiental sonoro (1ªetapa).....	85
4.1.1 Levantamentos de dados operacionais:	85
4.1.2 Cálculo das curvas de ruído.....	86
4.1.3 Levantamentos de bases cartográficas.....	87
4.1.4 Identificação e georreferenciamento dos receptores críticos.....	87
4.1.5 Simulações para determinação dos níveis de ruído nos receptores críticos ..	87
4.1.6 Definição de critérios para avaliação do ruído no ponto receptor.....	88
4.1.7 Exemplo de aplicação.....	90
4.3. Uso do SIG na avaliação ambiental sonora.....	91
4.5 Dimensionamento de medidas de controle de ruído (2ª etapa)	94
4.5.1 Método de cálculo da Matriz de Exposição Sonora	95
4.5.2 Procedimentos para elaboração da Matriz de Exposição Sonora.....	98
5 – ESTUDOS DE CASO	101
5.1 O “Heliponto” de Jacarepaguá	101
5.1.1 O zoneamento urbano na vizinhança do aeroporto SBJR	104
5.1.2. Características operacionais	107
5.1.3 Avaliação de acordo com o PZR	116
5.1.4 Diagnóstico ambiental sonoro no aeroporto SBJR.....	120
5.1.6 Análise das curvas de ruído	129
5.1.7 Aplicação da Matriz de Exposição Sonora no SBJR.....	135
5.1.8 Caracterização das contribuições ao ruído no Ponto 2.....	136
5.1.9 Caracterização das contribuições ao ruído Ponto 8.....	142
5.1.8 Resultados obtidos na Matriz de exposição Sonora	147
5.2 Os helipontos e a cidade	147
5.3 O Heliponto Hotel Glória	149
5.3.1 O zoneamento urbano na vizinhança do Heliponto SIPF.....	152
5.3.2 Características operacionais	152

5.3.3 Avaliação de acordo com o PZR	159
5.3.4 Diagnóstico ambiental sonoro no Heliponto SIPF	162
5.3.5 Aplicação da Matriz de Exposição Sonora no SIPF	168
5.3.6 Análise dos resultados da Matriz	170
5.3.7 Medições de ruído	175
5.5 O Heliponto Lagoa	176
5.4.1 O zoneamento urbano na vizinhança do Heliponto SDRJ	178
5.4.2 Características operacionais	178
5.4.3 Seleção dos pontos de receptores	183
5.4.4 Aplicação da Matriz de Exposição Sonora no SDRJ	183
5.4.5 Resultados.....	184
6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	188
6.1 Estudos futuros	192
7 - BIBLIOGRAFIA.....	193
8 - APÊNDICES.....	200
A1: Levantamento da composição da frota de aeronaves de asa fixa do Aeroporto de Jacarepaguá.....	200
A2: Levantamento dos helipontos registrados no município do Rio de Janeiro.	202
A3: Levantamento dos helipontos com áreas residências no PBZR.....	203

Lista de Figuras

Figura 1.1: Exemplos de helicópteros equipados com motor a turbina (à esquerda) e motor à pistão (à direita).....	13
Figura 1.2: Condições de voo onde o ruído do rotor é mais acentuado, em helicópteros de pequeno porte (Fonte: HAI, 1993).....	15
Figura 1.3: Condições de voo onde o ruído rotor é mais acentuado, em helicópteros de médio e grande porte (Fonte: HAI,1993).	15
Figura 1.4: Helicóptero modelo EC120 Colibri equipado com Fenestron à esquerda, e o modelo MD600N com a tecnologia NOTAR, à direita.....	17
Figura 1.5: Corredores Aéreos de São Paulo. Fonte: Associação de Pilotos de Helicópteros do Estado de São Paulo –ASPHESP (2003)	20
Figura 1.6: Relação entre o Nível de Exposição Sonora em áreas internas e a possibilidade de acordar (FICAN, 1997).....	30
Figura 2.1: Localização dos pontos de medição de ruído das aeronaves de asa fixa no processo de certificação acústica.....	38
Figura 2.2: Pontos de medição localizado diretamente abaixo do trajeto do pouso, na distância de 1.140m do fim do procedimento e, outros 2 pontos simétricos a este, na distância de 150 m.	39
Figura 2.3: Sobrevoos: 1 ponto de medição de referência localizado no trajeto da aeronave, a 150m de distância vertical do helicóptero e, outros 2 pontos simétricos ao ponto de referência, na distância de 150 m.	40
Figura 2.4: Geometria de cálculo do programa INM	50
Figura 2.5: Plano de Compatibilização ao Ruído do Aeroporto Internacional de San Antonio, nos Estados Unidos (Fonte: WHILE, 2009).....	53
Figura 3.1:Curvas de ruído 75 e 65 do PBZR de aeroportos (Curvas de ruído 1 e 2 da antiga Portaria N°1.141/GM5).	69
Figura 3.3: Curvas de ruído 75 e 65 do PBZR de helipontos (Curvas 1 e 2 da antiga Portaria N°1.141/GM5).	71
Figura 3.4: PEZR em vigor no Aeroporto Pinto Martins – Fortaleza, aprovado pela Portaria DAC nº 1053/DGAC de 31 de dezembro de 1997.	74
Figura 3.5: Quadro de usos do solo do PEZR em vigor no Aeroporto Pinto Martins – Fortaleza.	75

Figura 3.6: Relação entre percentual de pessoas altamente incomodadas e níveis sonoros em DNL.....	78
Figura 4.1: Diagrama sonoro do Colégio Vicente Januzzy.....	90
Figura 4. 2: Resultados do mapeamento de receptores críticos no entorno do aeroporto de Jacarepaguá.....	93
Figura 5.1: Mapa da vizinhança do Aeroporto SBJR.(Fonte: Google Earth).....	104
Figura 5.2: Identificação do Zoneamento Municipal e níveis máximos permitidos para cada Zona no entorno do Aeroporto de Jacarepaguá.(Elaboração própria)	106
Figura 5.3: Levantamento das rotas de aproximação e saída de helicópteros e aviões, e rotas de toques-e-arremetidas utilizadas pela escola de pilotagem no Aeroporto de Jacarepaguá, base outubro de 2010.	109
Figura 5.4: Aeronaves a pistão mais utilizadas no aeroporto SBJR, o modelo AMT-600 Guri (à esquerda) e Embraer EMB-712 (à direita). (Fonte: < http://cdn-www.airliners.net >, 26/07/2012).....	113
Figura 5.5: Modelos de aviões mais utilizados no SBJR, aeronave turboélice BEECH AIRCRAFT C90A (à esquerda) e aeronave a jato CESSNA 525 (à direita). (Fonte: < http://cdn-www.airliners.net >, 26/07/2012).....	113
Figura 5.6: Helicópteros de pequeno porte mais utilizados no SBJR depois do modelo R22, o monomotor a turbina AS350 Esquilo (à direita) e o modelo R44 (à esquerda).114	
Figura 5.7: Helicópteros de grande porte com 19 assentos que operam no transporte offshore no SBJR, modelo S-92 (à esquerda) e EC225 (à direita) da BHS Taxi Aéreo.	115
Figura 5.8:- Helicópteros com 13 assentos que operam no transporte offshore no SBJR, modelo S-76 (à esquerda) da empresa Emar Taxi Aéreo e o A139 (à direita) da empresa Senior Taxi Aéreo.....	115
Figura 5.9: PEZR em vigor no Aeroporto de Jacarepaguá. Fonte: ANAC.	117
Figura 5.10: Cenário atual: Comparação das curvas DNL 75dB(A) e 65dB(A) elaboradas para a situação atual do aeroporto (274 movimentos diários), com as curvas de ruído previstas no PEZR em vigor (816 movimentos diários).	118
Figura 5.11: Comparação das curvas DNL 75dB(A) e 65dB(A) elaboradas para a situação futura do aeroporto (816 movimentos diários sendo 80% de helicópteros), com as curvas de ruído previstas no PEZR em vigor.	119

Figura 5.12: Contagem da população residente na área de estudo e distribuição dos residentes por setor censitário.	121
Figura 5.13: Delimitação da área de estudo. Curvas de ruído na métrica LAeq Dia elaboradas com base no movimento diário de aviões e helicópteros de 2010.	123
Figura 5.14: Localização dos 27 pontos receptores no entorno do SBJR no mapa de uso do solo do Zoneamento Municipal, (Elaboração própria).	124
Figura 5.15: Levantamento dos dados acústicos e hora crítica de ruído no Ponto 2 – Condomínio Barra Deck, no SIG.	128
Figura 5.16: Levantamento dos dados acústicos e hora crítica de ruído no Ponto 13 – condomínios construindo, no SIG.	128
Figura 5.17: Curvas de ruído na métrica LAeq Dia, elaboradas para somente o movimento de aviões no SBJR. (ano base 2010).	132
Figura 5.18: Curvas de ruído na métrica LAeq Dia, elaboradas para somente o movimento de helicópteros no SBJR, na altitude de 500 pés (ano base 2010).	133
Figura 5.19: Curvas de ruído na métrica LAeq Dia, elaboradas para somente o movimento de helicópteros no SBJR, na altitude de 1000 pés (ano base 2010).	134
Tabela 5.11: Contribuição sonora por rota no Ponto 2.	140
Figura 5.20: Mapa de localização das áreas tombadas do entorno do Outeiro da Glória na vizinhança do Heliponto SIPF (Fonte: Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, Decretos 25.693/05 e 28.222/07).	151
Figura 5.21: Determinação do maior comprimento do helicóptero de projeto (Fonte: Portaria 18GM5/1974).	153
Figura 5.22: Dimensionamentos da área de pouso e decolagem e da área de toque do heliponto em função do helicóptero de projeto (Fonte: Portaria 18GM5/1974).	154
Figura 5.23: Área de Aproximação e Saída, Área de Transição e Área de Segurança do heliponto (Fonte: antiga Portaria 1.141 GM5/1987).	157
Figura 5.24: Curvas de ruído na métrica DNL elaboradas com base na média diária do movimento de aeronaves (base 2007) no Heliponto SIPF.	161
Figura 5.25: – Localização dos 11 pontos receptores no entorno do Heliponto SIPF.	163
Figura 5.26: Quantificação da população residente nas áreas do Plano de Zoneamento de Ruído do Heliponto Hotel Glória.	164
Figura 5.27: Curvas de ruído LAeq DIA para análise segundo a Norma NBR10151 (2 operações do BELL407 e 2 operações do AS50 Esquilo).	166

Figura 5.28: Curvas de ruído LAeq Noite para análise segundo a Norma NBR10151 (2 operações do AS50 Esquilo).	166
Figura 5.29: Curvas de ruído DNL para análise segundo o PBZR (2 operações diurnas do BELL407, 2 operações diurnas e 2 operações noturnas do AS50 Esquilo).	167
Figura 5.30: Sobreposição das curvas de ruído LAeq Dia 55 e LAeq Noite 50 para avaliação segundo a norma ABNT NBR10151 (2 operações dia e 2 operações noite do AS50 Esquilo).	172
Figura 5.31: Sobreposição das curvas LAeq Noite 50 , SEL 95 e SEL 90 para quantificação do impacto do ruído de 2 operações do AS50 Esquilo no período noturno.	173
Figura 5.32: Sobreposição da curva LAeq Dia 55 e da curva TALA70 (1,2 minutos) para quantificação do impacto do ruído de 2 operações do AS50 Esquilo no período diurno.....	174
Figura 5.33: Mapa da vizinhança do Heliponto SDRJ (Fonte: Google Earth).....	177
Figura 5.34: Trajetórias de pouso e decolagem no Heliponto SDRJ sobre a Lagoa Rodrigues de Freitas (à esquerda) e rota Jardim de Alah (à direita).	180
Figura 5.35: Rota do passeio de helicóptero sobre a Zona Sul da cidade.	180
Figura 5.36: Rota do passeio de helicóptero sobre a Zona Sul da cidade e rota da conexão com o Aeroporto de Jacarepaguá.	181
Tabela 5.31: Número de movimentos registrados na conexão com Jacarepaguá em janeiro de 2012	182
Figura 5.37: Curvas de ruído geradas para 50 movimentos por dia, considerando os modelos H500D, R44 e B206L.	186
Figura 5.38: Curvas de ruído sobre a foto de satélite, considerando 50 movimentos por dia, dos modelos H500D, R44 e B206L.....	186
Figura 5.39: Curvas de ruído sobre a foto de satélite do Bairro da Urca, considerando 50 movimentos por dia, dos modelos H500D, R44 e B206L.....	187
Figura 5.40: Curvas de ruído sobre a foto de satélite do Bairro de Botafogo, considerando 50 movimentos por dia, dos modelos H500D, R44 e B206L.	187
Figura 5.41: Curvas de ruído sobre o Bairro de Botafogo. O trajeto de retorno ao heliponto foi considerado sobre a Rua Voluntários da Pátria.	188

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Limites de emissão sonora da certificação acústica de aeronaves.....	33
Tabela 2.3: Cálculo dos níveis sonoros em função do peso máximo de decolagem de helicópteros- Requisitos de ruído do Capítulo 8.	41
Tabela 2.4: Cálculo dos níveis sonoros em função do peso máximo de decolagem de helicópteros- Requisitos de ruído do Capítulo 11.	41
Tabela 2.5: Níveis de ruído da certificação acústica de helicópteros com até 3175kg – Indicação dos modelos mais silenciosos.	42
Tabela 2.6: Tabela NPD da aeronave Boeing 737-300 na métrica SEL	49
Tabela 2.7: Tabela NPD do helicóptero S76	49
Tabela 3.1: Planos da Legislação Aeronáutica.....	66
Tabela 3.2: Dimensões (em metros) das Curvas de Ruído de 75 e 65	69
Tabela 3.3: Códigos de pista do aeroporto.	69
Tabela 3.4: Restrições ao uso do solo no PBZR.	72
Tabela 3.5: Restrições ao uso do solo no PEZR.....	75
Tabela 3.6: - Valores NCA (Nível de critério de avaliação) da NBR 10151 para ambientes externos, em dB(A).	80
Tabela 4.1: Níveis de conforto e aceitabilidade, em dB (A), da NBR 10152 para ambientes internos	89
Tabela 4.2: Matriz de Exposição Sonora do Condomínio Nova Ipanema.	100
Tabela 5.1: Níveis máximos permitidos pelo Zoneamento Municipal no entorno do Aeroporto SBJR.....	105
Tabela 5.2: Média mensal do movimento de aeronaves no SBJR.....	110
Tabela 5.3: Média do movimento de aeronaves por dia da semana no SBJR.....	111
Tabela 5.4: Média dos movimentos por hora no SBJR.....	112
Tabela 5.5: Levantamento da composição da frota de helicópteros do SBJR.....	114
Tabela 5.6–Níveis sonoros obtidos nos 27 pontos receptores identificados na área de estudo do Aeroporto SBJR.	125
Tabela 5.7: Níveis sonoros nos 27 pontos receptores identificados na área de estudo do Aeroporto SBJR, com altitude de voo à 500 pés e a 1000 pés.....	131
Tabela 5.8: Matriz de Exposição Sonora do Ponto 2 – Cond. Barra Deck	137
Tabela 5.9: Identificação e frequência dos eventos críticos no Ponto 2.....	139

Tabela 5.10: Identificação e frequência dos eventos na rota crítica A- H02-PR.....	140
Tabela 5.12: Identificação e quantificação da contribuição da sonora por modelo de aeronave no Ponto 2.	141
Tabela 5.13: Matriz de Exposição Sonora do ponto receptor 8 – Cond. N Ipanema. ...	143
Tabela 5.14: Identificação e frequência dos eventos críticos no Ponto 8.....	144
Tabela 5.15: Identificação e frequência dos eventos na rota crítica A- H02-MC.	145
Tabela 5.16: Contribuição sonora por rota no Ponto 8.....	145
Tabela 5.17: Identificação e quantificação da contribuição da sonora por modelo de aeronave no Ponto 8.	146
Tabela 5.18 -Síntese dos resultados da Matriz nos pontos 2 e 8.	147
Tabela 5.20: Classificação da conformidade dos helipontos do Município do Rio de Janeiro com o seu PBZR.	148
Tabela 5.21: Levantamento dos modelos de helicópteros que podem operar no Heliponto SIPF.	155
Tabela 5.22: Número de operações registrados por mês no Heliponto SIPF, no período de 2003 à 2008.....	158
Tabela 5.23: Número de movimentos (pousos e decolagens) registrados no heliponto SIPF, de janeiro à dezembro de 2007.....	160
Tabela 5.24: Dados de localização dos pontos receptores no entorno do Heliponto SIPF	163
Tabela 5.25: Número de operações registrados em 25/02/2007 no Heliponto SIPF...	165
Tabela 5.27: Níveis sonoros obtidos nos pontos receptores para o dia crítico de movimento.....	167
Tabela 5.28 - Matriz de Exposição Sonora do ponto receptor R1.....	169
Tabela 5.29: Níveis sonoros nos pontos receptores com 2 operações dia e 2 operações noite do modelo AS50.	171
Tabela 5.30: Levantamento da composição da frota de helicópteros que opera no Heliponto SDRJ.....	179
Tabela 5.31: Número de movimentos registrados na conexão com Jacarepaguá em janeiro de 2012.	182
Tabela 5.32: Pontos de cálculo selecionados para o Heliponto SIPF.....	183
Tabela 5.33: Matriz de Exposição Sonora do Ponto P4 – Lagoa.	184

Tabela 5.33A: Número máximo de movimentos por dia com os modelos H500D e R44 no Heliponto SDRJ.....	185
Tabela 5.33B: Número máximo de movimentos por dia com os modelos B206L, H500D e R44 no Heliponto SDRJ.	185

Lista de abreviaturas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
BRP	By-Pass Ratio
CBA	Código Brasileiro de Aeronáutica
CH	Corredores Aéreos de Circulação de Helicópteros
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DTA	Dados de Tráfego Aéreo
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
EIV	Estudo de Impacto de Vizinhança
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
HAI	Associação Internacional de Helicópteros
HNM	<i>Heliport Noise Model</i>
ICAO	<i>Internacional Civil Aviation Organization</i>
INM	<i>Integrated Noise Model</i>
INFRAERO	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
NCA	Nível de Critério de Avaliação
NOTAR	<i>No Tail Rotor</i>
OMS	Organização Mundial de Saúde
PBZR	Plano Básico de Zoneamento de Ruído
PDIR	Plano Diretor Aeroportuário
PEZR	Plano Específico de Zoneamento de Ruído
PZR	Plano de Zoneamento de Ruído
RBAC 161	Regulamento Brasileiro de Aviação Civil nº 161
SAC	Sistema de Aviação Civil
SIG	Sistema de Informações Geográficas
TMA	Área de Controle Terminal

INTRODUÇÃO

As cidades são o principal mercado do transporte por helicóptero e o Brasil possui uma maiores frotas mundo. Além de ser o meio de transporte indispensável para a atividade offshore, atualmente, os serviços relacionados com este equipamento não é mais restrito ao transporte para executivos. Uma gama de outros serviços como remoção aeromédica, operação policial, reportagem, escolta, turismo, transporte de valores para bancos, dentre outros, fazem com que o helicóptero se integre, de forma efetiva, ao cotidiano das grandes metrópoles. (BENTO,2009).

Contudo convivem com estes aspectos positivos do transporte por helicóptero, outros nem tanto como o desconforto gerado pela ruído emitido por suas operações. Apesar dos avanços tecnológicos, que tem conseguido melhorar cada vez mais o desempenho acústico e operacional destes equipamentos, o ruído ainda é o principal fator de limitação a expansão desta modalidade de transporte.

Tendo a engenharia alcançado diversos progressos na atenuação do ruído na fonte, alguns países como o Estados Unidos por exemplo, atribuíram ao piloto do helicóptero a responsabilidade pela execução de manobras e procedimentos operacionais mais adequados para a redução do ruído. Contudo, apesar dos esforços da engenharia e dos pilotos, as reclamações da população, devido ao ruído das atividades com os helicópteros, não tem diminuído.

Internacionalmente, a política de gestão da poluição sonora gerada pelo transporte aéreo, é definida pela ICAO – *Organização Internacional de Aviação Civil* na Resolução A33/7 – Abordagem Equilibrada, a qual serve como referência para o desenvolvimento da metodologia proposta.

O conceito de Abordagem Equilibrada consiste em tratar os problemas de ruído identificados em um aeroporto de acordo com quatro vertentes:

- Atenuação do ruído na fonte (aeronave mais silenciosa);
- Planejamento e gestão do uso do solo no entorno dos aeroportos;
- Adoção de procedimentos operacionais com redução de ruído;

- Restrições operacionais.

Este documento não tem caráter regulamentar e sim de orientação aos países membros da ICAO. Apenas a certificação acústica das aeronaves estabelecida para controle do ruído na fonte é obrigatória.

A ICAO considera que melhor modo de pôr em prática as diretrizes da Abordagem Equilibrada deve ficar a cargo de cada país, tendo em consideração as distinções e peculiaridades existentes em cada aeroporto e sua região de entorno.

O principal documento que orienta os países no trato dos problemas de ruído gerado pelo transporte aéreo tem ênfase no controle de ruído de aviões no entorno de aeroportos, e não menciona questões específicas relacionadas ao ruído de helicópteros.

Contudo, a ICAO reconhece que a redução da poluição sonora causada pelo tráfego de helicópteros é especialmente problemática, pois o ruído gerado por suas operações não é restrito aos aeroportos, e incentiva aos países membros a contribuir neste sentido.

No Brasil, os critérios de controle de ruído em comunidades sob o ponto de vista da legislação aeronáutica e da legislação urbana são estabelecidos, respectivamente, através de:

- RBAC 161 – Regulamento Brasileiro de Aviação Civil nº 161: Planos de Zoneamento de Ruído de Aeródromos;
- NBR 10.151ABNT – Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade, remetida pela Resolução CONAMA Nº 1 de 08 de março de 1990.

O PZR – Plano de Zoneamento de Ruído é um instrumento proposto para reduzir a possibilidade de invasão das regiões próximas do aeródromo por atividades sensíveis ao ruído (encroachment).

O PZR, pode ser básico ou específico. Os planos básicos são aplicados em aeródromos de pequeno porte, com capacidade de processar em média cerca de 20 movimentos diários de pouso e decolagem de aeronaves. Trata-se de um plano que não exige

elaboração de estudos detalhados, sendo utilizadas curvas de ruído com geometria pré-estabelecidas.

Para o caso de helipontos, as curvas de ruído são círculos com raios de 100m e 300m, traçadas a partir do centro da área de toque e que correspondem às curvas DNL 75 dB(A) e 65 dB(A), respectivamente. A curva de 300m é o separador no interior da qual é proibido a instalação de atividades sensíveis ao ruído como escolas hospitais e residências.

O PEZR – Plano Específico de Zoneamento de Ruído é obrigatoriamente aplicado em aeródromos cujo número de movimentos é superior a 7.000 por ano. O PEZR é composto das curvas de ruído DNL 85, 80, 75, 70 e 65dB (A) que delimitam seis áreas de planejamento. Do mesmo modo que no plano básico, o contorno da curva DNL 65 dB(A) é o separador entre áreas residenciais e áreas onde é proibido o uso residencial.

As curvas de ruído do PEZR são elaboradas obrigatoriamente por meio de um programa computacional. São utilizados como dados de entrada, a média diária dos movimentos anuais, os tipos de aeronaves que irão operar, suas rotas e procedimentos, a distribuição dos movimentos por cabeceira e o percentual de voos noturnos, particularidades do uso do solo de cada região, dentre outros aspectos, resultando deste modo, configurações de curva de ruído e restrições de uso do solo distintas para cada aeródromo.

Na atual regulação RBAC161 aprovada recentemente, o PBZR não é mais obrigatório, sendo facultado ao administrador do aeródromo a escolha do tipo de plano a ser elaborado, PBZR ou PEZR. Contudo, não há distinções entre aeroportos e helipontos em relação aos procedimentos para elaboração do PEZR.

Segundo ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil – base 2009, o Brasil possui 721 aeródromos públicos e 2843 aeródromos privados (1325 são helipontos) e somente 92 PEZR aprovados (2004). Assim, a maioria dos aeroportos brasileiros e a totalidade de helipontos privados estão sujeitos as regras estabelecidas pelo PBZR.

É importante mencionar que os PEZR's em vigor foram todos elaborados com base no movimento de aviões. O impacto do ruído gerado por helicópteros não foi considerado no planejamento ambiental de nenhum dos aeroportos brasileiros. Contudo, esta é uma situação comum em muitos países, pois o progresso no desenvolvimento de uma metodologia prática e confiável para modelagem do ruído de helicópteros não avançou no mesmo passo que o das aeronaves de asa fixa. Uma das razões para este fato, é que o mecanismo de geração de ruído do helicóptero e sua propagação são mais complexos que o de aviões.

Apenas em 2007, o método de cálculo do ruído de helicópteros foi incorporado ao programa computacional INM – *Integrated Noise Model*. Anteriormente, as simulações com helicópteros eram elaboradas no HNM – *Heliport Noise Model*, um programa MS-DOS, com interfaces limitadas e poucos recursos gráficos. Somente, a partir da versão 7.0 do INM foi possível aperfeiçoar as simulações de ruído dos helicópteros em conjunto com a de aviões.

Embora o tráfego de aviões e helicópteros apresente diferentes características que acarretam um quadro diferenciado de exposição sonora, já que o mecanismo de geração de ruído do helicóptero e sua propagação são bem mais complexos, atualmente, na avaliação do impacto sonoro do tráfego de helicópteros é utilizada a mesma metodologia adotada para os aviões, sem qualquer distinção (FAA, 2004).

Nos métodos convencionais de avaliação de impacto sonoro e gerenciamento do ruído no entorno de aeroportos, o foco dos estudos se concentra nas áreas delimitadas pela curva de ruído DNL 65 dB(A), região exposta aos mais elevados níveis sonoros.

Contudo, é crescente o número de pessoas que reside nas áreas externas da curva de ruído DNL 65 dB(A), que fazem pressões para impor restrições operacionais ou que se opõem ao crescimento do aeroporto. Normalmente, estes reclamantes residem sob rotas de voo ou na área entre as curva de ruído DNL=65dB(A) e DNL=55dB(A).

Nestes locais, de acordo com as autoridades, os reclamantes não são expostos a níveis sonoros suficientemente elevados para ter o direito a um tratamento acústico ou

qualquer das outras medidas compensatórias dispensadas pela aeronáutica em seus programas de controle de ruído (ICAO, 2007).

Frequentemente, os métodos de avaliação de impacto sonoro desenvolvidos para aviões quando aplicado a helicópteros resultam em valores subestimados ou apontam para a inexistência de problemas com o ruído, sendo mencionado como impacto não “significativo”.

Na atual regulação aeronáutica, cabe ao proprietário do heliponto escolher o tipo de PZR a ser elaborado. É importante destacar que, muitos consideram as áreas de restrição de uso do solo do PBZR muito abrangentes e que estas podem inviabilizar o empreendimento. Por outro lado, a adoção de um PEZR para o heliponto elaborado com base na metodologia desenvolvida para aviões, pode resultar em áreas de restrição de uso solo subestimadas, e resultar em conflitos com a população residente devido ao incômodo sonoro.

Além disso, ao contrário dos aeroportos, os helipontos são construídos preferencialmente, em áreas urbanas consolidadas e densamente povoadas, e os locais mais propícios para sua implantação são as áreas próximas de aeroportos, hotéis e centro de negócios. Neste novo contexto o PZR deixa de cumprir sua principal finalidade.

A regulação aeronáutica atribui ao administrador do aeródromo a responsabilidade pela implantação e preservação das restrições de uso do solo na vizinhança aeroportuária. As prefeituras normalmente colaboram, nos casos dos aeroportos, compatibilizando as leis de uso do solo com os requisitos aeronáuticos. Contudo, esta prática não prevalece nos casos dos aeródromos privados (Couto, C.M.F., 2008), e os riscos de conflito das atividades do heliponto com a população devido ao incômodo sonoro, são elevados.

Neste contexto, o uso unicamente do PZR como instrumento de gestão do ruído aeronáutico não garante a proteção das áreas de entorno do heliponto, sendo necessário buscar novos meios de adequar o ruído gerado por esta atividade com a sua vizinhança.

Ao longo das últimas décadas foram desenvolvidas várias estratégias para lidar com os problemas causados pelo ruído aeronáutico nas áreas vizinhas do aeroporto, especialmente com relação ao ruído dos movimentos das aeronaves de asa fixa.

Um dos métodos de avaliação do impacto do ruído aeronáutico mais utilizado em todo mundo, inclusive o Brasil, é fundamentado nas pesquisas de Shultz (1978), que fornece a estimativa da reação das pessoas ao ruído veicular e aéreo, correlacionando o nível sonoro em DNL com o percentual de pessoas altamente incomodadas. Na aviação civil, os estudos tem foco nas áreas delimitadas pela curva de ruído DNL 65dB(A) e que correspondente às áreas mais próximas do aeroporto.

Contudo, é preciso ter em conta que a poluição sonora causada pelo tráfego de helicópteros não é restrito às áreas próximas dos aeroportos. A circulação dos helicópteros ocorre sobre toda a cidade e com altitudes muito mais baixas que aviões. Assim, mesmo estamos longe do aeroporto, ainda tem-se a influência sonora proveniente deste modal.

Portanto, nas avaliações do ruído gerado pelo transporte por helicóptero, deve ser levado em consideração que os problemas com o ruído podem ocorrer ao longo das rotas, e estes podem ser bem maiores e importantes do que no local de implantação do heliponto.

No Brasil, em termos de legislação aeronáutica, não há distinções entre aeroportos e helipontos no que se refere as formas de compatibilizar o ruído produzido pela atividade, com as regiões onde eles são implantados. Esta é uma situação que ocorre também em muitos outros países: os métodos de avaliação de incômodo sonoro desenvolvidos para aviões são os mesmos aplicados para os helicópteros, com nenhuma distinção. (FAA, 2004).

É consenso entre os planejadores que o critério DNL 65 dB(A) não é suficiente para prever a reação das pessoas ao ruído dos helicópteros (FAA, 2004).

O DNL é uma métrica que não leva em conta o período de funcionamento da atividade. O tempo de referência para cálculo do DNL é o período de 24 horas, enquanto que operações com helicópteros ocorrem em períodos de menor duração, e preferencialmente no horário diurno, de 7 às 22hs. Neste caso, as métricas LAeq Dia, LAeq Noite e LAeq 1 hora mostram-se mais apropriados para caracterizar o ruído desta atividade

Esta tese partiu da hipótese de que há necessidade de um novo conceito para o estudo do impacto do sonoro do transporte por helicóptero, pois o modelo atualmente utilizado é insatisfatório.

Inserida neste contexto, a tese tem por objetivo a proposição de instrumentos de avaliação e controle do ruído gerado pelo tráfego de helicópteros, em áreas urbanas, para auxiliar em processos decisórios no âmbito da gestão do ruído aeronáutico, de acordo com os conceitos da Abordagem Equilibrada.

A tese propõe ainda uma metodologia para elaboração do PEZR do heliponto visando auxiliar às prefeituras e os administradores do heliponto na definição dos limites operacionais do empreendimento, de modo a compatibilizar os níveis de ruído gerados pela atividade com as características da região do seu entorno.

Para atingir tais objetivos propõe-se uma abordagem metodológica com base no mapeamento de ruído de receptores críticos. O estudo é empreendido através de simulações acústicas de ruído aeronáutico com auxílio do programa INM 7.0, e quantificações do impacto sonoro com o Sistema de Informações Geográficas Tracad 5.0.

A metodologia proposta compreende duas etapas:

- 1ª Etapa – Diagnóstico ambiental sonoro com o emprego do INM;
- 2ª Etapa – Dimensionamento de medidas de controle de ruído.

Procedimentos adotados:

1ª Etapa:

- Levantamentos de dados operacionais, urbanos e ambientais do aeródromo;

- Levantamentos de bases cartográficas;
- Cálculo das curvas de ruído para delimitação da área de estudo;
- Identificação e georreferenciamento dos receptores críticos;
- Simulações para determinação dos níveis de ruído nos receptores críticos, em várias métricas;
- Avaliação multicritério dos níveis de ruído nos receptores críticos.

2ª Etapa:

1- Escolha do ponto de interesse

- Considera-se como base de cálculo o ponto receptor onde é importante reduzir o impacto;

2- Simulações dos níveis de ruído no INM;

- Análise detalhada dos níveis de exposição sonora por modelo de aeronave, e seus efeitos nos locais identificados como os mais afetados pelo ruído aeronáutico.

3- Aplicação da Matriz de Exposição Sonora para o dimensionamento de limites operacionais

- Esta ferramenta elaborada a partir de simulações no INM pode ser comparada a um monitoramento de ruído no ponto de interesse e possibilita obter os dados como, aeronave crítica (mais ruidosa), rota crítica (maior impacto no local), rota e modelos de aeronave com maior contribuição ao ruído no receptor.

ESTRUTURA DA TESE:

O Capítulo 1 introduz os conceitos de ruído aeronáutico e descreve as principais características do ruído gerado por aeronaves de asa móvel (helicópteros). Descreve também os efeitos adversos do ruído aeronáutico nas atividades humanas, relacionando as métricas mais utilizadas para a avaliação destes efeitos.

O Capítulo 2 apresenta os conceitos da Abordagem Equilibrada – política mundial definida pela ICAO para a gestão do ruído aeronáutico, e comenta sobre as políticas de controle de poluição sonora em aeroportos adotadas nos Estados Unidos e Comunidade Europeia. Descreve também o procedimento da modelagem dos níveis de ruído com o

INM 7.0, programa utilizado nesta pesquisa para a elaboração das curvas de ruído e mapeamento dos níveis sonoros nos receptores.

Criado originalmente para o cálculo de ruído apenas de aeronaves de asa fixa, a nova versão 7.0 do INM, integra a metodologia de cálculo de ruído de helicópteros. Atualmente, esta é a única ferramenta disponível para prever o impacto sonoro do tráfego de helicópteros em conjunto com o de aviões.

O Capítulo 3 retrata sucintamente as políticas de controle de poluição sonora em aeroportos e helipontos adotadas atualmente pelo Brasil, descrevendo inclusive, como é realizado um zoneamento em função do ruído aeronáutico.

O Capítulo 4 descreve os procedimentos e critérios adotados para a elaboração da metodologia proposta, e o Capítulo 5 descreve o estudo de três casos reais : Aeroporto de Jacarepaguá cuja frota de helicópteros é maioria , e os helipontos Hotel Glória e Lagoa.

1 RUÍDO AEROPORTUÁRIO

As fontes de ruído aeroportuário com maior impacto sobre a população são decorrentes das operações de pouso, decolagem e sobrevoos com baixa altitude das aeronaves.

Os níveis de ruído nas vizinhanças dos aeroportos são usualmente tratados através de dois enfoques principais: substituição de aeronaves ruidosas por outras mais modernas e silenciosas, pelas companhias aéreas, e a regulamentação do uso do solo nas áreas de entorno implementada pela autoridade aeronáutica e prefeituras municipais.

Em menor escala, mas igualmente importantes são as medidas operacionais de redução de ruído através de procedimentos específicos de pouso e decolagem, restrições ao horário de funcionamento do aeroporto e de operações com aeronaves ruidosas.

O ruído produzido pelas aeronaves depende da sua tipologia e das operações realizadas. Este capítulo aborda as principais características e distinções do ruído gerado pelas aeronaves de asa móvel e asa fixa. Discute também a resposta da população ao ruído proveniente das operações com as aeronaves e descreve as métricas mais utilizadas para a avaliação dos efeitos adversos do ruído aeronáutico.

1.1 Fontes de ruído em aeronaves a jato

As fontes de ruído nas aeronaves a jato são provenientes dos motores e do ruído aerodinâmico gerado pelo atrito do fluxo de ar nos vários componentes da fuselagem. Este efeito também é conhecido como ruído de *Airframe*. Outros aspectos que influenciam a produção de ruído deste tipo de aeronave são:

- Tipo e número de motores;
- Peso máximo de decolagem da aeronave.

A fonte de ruído que predomina nas aeronaves a jato é gerada pelos motores. O ruído de jato é devido ao choque térmico da mistura dos gases de exaustão com a atmosfera (estrondos). As pesquisas em controle de ruído de jato conduziram à concepção do motor com divisão do fluxo de ar, denominado *by-pass*. Neste sistema, parte do fluxo de

ar admitido passa por fora do núcleo do motor e ao sair se junta aos gases de escapamento reduzindo sua temperatura e proporcionando, desta forma, um menor choque térmico entre os gases de combustão e o ar frio da atmosfera, que é uma grande fonte de ruído. Quanto maior os valores de BPR – *by-pass ratio* – do motor, mais silenciosas são as operações das aeronaves.

A geração mais antiga de aviões comerciais (1960 a 1970) é equipada com motor a jato puro ou turbojato. O motor jato puro não possui *by-pass* e o motor turbojato possui BPR menor que 3. Ambos são extremamente ruidosos. Um exemplo é o motor *Pratt & Whitney* JT8D equipado nas aeronaves B727, B737-100/200, DC9 e MD80.

A maioria dos motores possuem valores de BPR entre 3 e 6. São exemplos, os seguintes motores abaixo relacionados:

- *Pratt & Whitney* JT9D ou PW4000 equipado nas aeronaves B747, B767, DC10, e A310;
- *Rolls-Royce* RB211 equipado nas aeronaves B747, B757 e L1011;
- *CFM International* CFM56 equipado nas aeronaves B737-300/400/500, A320 e A340;
- *General Electric* CF6-50/80 equipado nas aeronaves B747, B767, DC10 e A310.

Os motores *turbofan* da recente geração são ainda mais silenciosos e econômicos no consumo de combustível, sendo o valor do BPR maior que 8. Os motores *General Electric* GE90, *Pratt & Whitney* PW4168/ PW4084, e o *Rolls-Royce* Trent 700/800 equipado nas aeronaves B777 e A330 são alguns exemplos.

Por definição, o ruído aerodinâmico é a soma de todas as pressões sonoras produzidas pelas fontes de ruído da aeronave, com exceção do ruído gerado pelos motores (IAC,2000). As principais fontes do ruído aerodinâmico são provenientes do escoamento do ar sobre diversos elementos da fuselagem, trem de pouso, *Flaps* e *Slats* (seções móveis localizados nas asas do avião).

Flaps e *Slats* têm funções semelhantes, isto é, mudam temporariamente o perfil da asa do avião a fim de obter a sustentação adequada da aeronave durante o voo. *Slats* são

fixados na frente da asa e os *Flaps* atrás, e ambos são especialmente importantes em operações de pouso e decolagem.

O ruído aerodinâmico é menor quando o avião opera em modo de cruzeiro (cerca de 560 milhas por hora, correspondente a 901 km/h para um Boeing 747-400), pois neste regime de voo normalmente, trem de pouso, *Flaps* e *Slats* estão recolhidos (configuração limpa). Nesta situação, o ruído aerodinâmico somente pode afetar o interior da aeronave.

Na fase de pouso e decolagem o ruído aerodinâmico é mais relevante, pois é necessário que o avião mude a configuração do trem de pouso, *Flaps* e *Slats*. Quando acionado, o trem de pouso constitui o elemento principal na produção de ruído aerodinâmico.

1.2 Fontes de ruído nas aeronaves a hélice convencionais

As aeronaves a hélice podem ser equipadas com motor a turbina ou motor a pistão. Atualmente, as aeronaves a hélice compreendem a maior parte da frota que opera em aeroportos de menor porte. Com dimensões reduzidas e bem mais leves e econômicas que as aeronaves a jato, as aeronaves a hélice se apresentam como a melhor opção para quem deseja ter um avião próprio ou para pequenas companhias de transporte de passageiros e cargas.

A fonte de ruído dominante nesta categoria de aeronave provém da própria hélice, sejam elas acionadas por motor a turbina (turbohélice) ou motor a pistão. Outros aspectos que influenciam a produção de ruído deste tipo de aeronave são:

- Tipo e número de motores;
- Velocidade angular (RPM) , diâmetro e número de pás das hélices,
- Peso máximo de decolagem da aeronave.

1.3 Fontes de ruído nos helicópteros

Os helicópteros possuem um ou mais rotores horizontais (propulsores) que quando acionados pelo motor, criam sustentação e propulsão necessárias para o voo. As principais fontes sonoras deste aparelho são provenientes do seu rotor principal, rotor de cauda, motor e sistema de transmissão (*gearboxes*). Contudo, a fonte de ruído que predomina é proveniente dos rotores. O ruído produzido pelo motor e sistema de transmissão (*gearboxes*) é relevante em operações realizadas próximas ao solo (HAI, 1993).

A produção de ruído de um helicóptero é complexa e depende dentre outros fatores, dos seguintes aspectos:

- Número de pás e diâmetro do rotor principal e de cauda;
- Número e tipo de motores: motor a turbina ou motor a pistão;
- Peso máximo de decolagem do helicóptero.

Os helicópteros podem ser classificados em duas categorias: equipados com motor a turbina ou motor a pistão. Os motores a turbina são acoplados na parte superior do helicóptero gerando interações de ruído de exaustão com a fuselagem e com o ruído gerado pelo próprio rotor de cauda. O motor a pistão tende a ser mais ruidoso que o motor a turbina em operações com máxima potência. Os motores a pistão são usualmente instalados na parte inferior do helicóptero e o ruído da exaustão do motor é direcionado para o solo (HAI,1993). A Figura 1.1 ilustra os tipos de helicópteros em relação ao tipo de motor.



Figura 1.1: Exemplos de helicópteros equipados com motor a turbina (à esquerda) e motor à pistão (à direita).

- **Geração de ruído nos rotores**

Ambos os rotores, principal e de cauda, apresentam importantes contribuições ao ruído emitido pelas operações com os helicópteros. O ruído gerado pelo rotor principal e suas diversas interações, principalmente, com o ruído do rotor de cauda é conhecido como *blade slap* ou ruído impulsivo do rotor. O *blade slap* quando ocorre é a principal causa do incômodo sonoro gerado pelas operações com helicópteros e tem sido combatido com os avanços tecnológicos de engenharia, que alcançam hoje bons resultados.

O *blade slap* é altamente direcional e se propaga por extensas áreas a frente do helicóptero, sendo percebido no solo muito antes da passagem do helicóptero. Esta fonte de ruído apresenta as seguintes características:

- BVI – *Blade Vortex Interaction Noise* – O BVI ocorre em baixas e médias velocidades, especialmente em operações de aproximação ou pouso e durante manobras.
- TRI – *Tail Rotor Interaction Noise* – As interações do ruído do rotor de cauda com o rotor principal são mais evidentes em velocidade de cruzeiro, nas operações de voo em rota.
- HSI – *High-Speed Impulsive Noise* – O HSI ocorre em operações de voo em alta velocidade.

Segundo HAI (1993), as Figuras 1.2 e 1.3 mostram as condições de pilotagem nas quais o ruído impulsivo do rotor pode ser mais proeminente.

A análise da Figura 1.2 indica que nas operações com helicópteros de pequeno porte, o ruído impulsivo do rotor ocorre nas descidas com alta velocidade. O ruído é mais acentuado na altitude de 500 pés (150m) e velocidade da ordem de 80 nós (148 km/h), velocidade considerada elevada para operações de pouso de helicópteros de pequeno porte, que usualmente é 53 a 63 nós.

Por outro lado, em helicópteros de médio e grande porte, o ruído impulsivo do rotor ocorre nas descidas com baixa velocidade. Analisando a Figura 1.3, observa-se que o ruído é mais acentuado na altitude menor que 500 pés (150m) e velocidade da ordem de 60 a 80 nós, velocidade usualmente utilizada nas operações de pouso dos helicópteros de médio e grande porte.

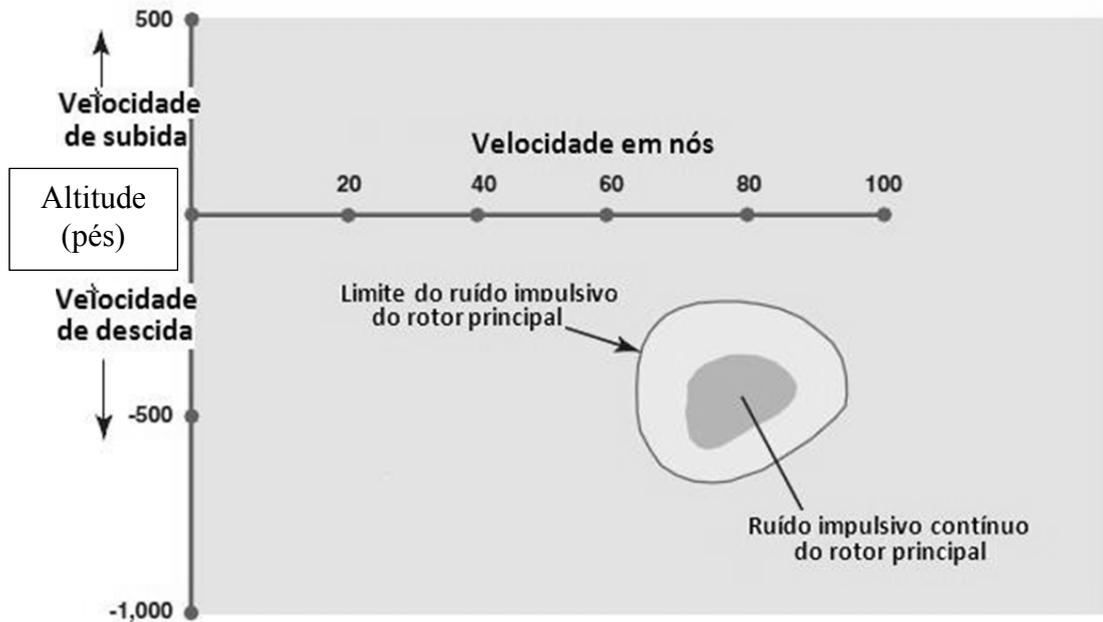


Figura 1.2: Condições de voo onde o ruído do rotor é mais acentuado, em helicópteros de pequeno porte (Fonte: HAI, 1993).

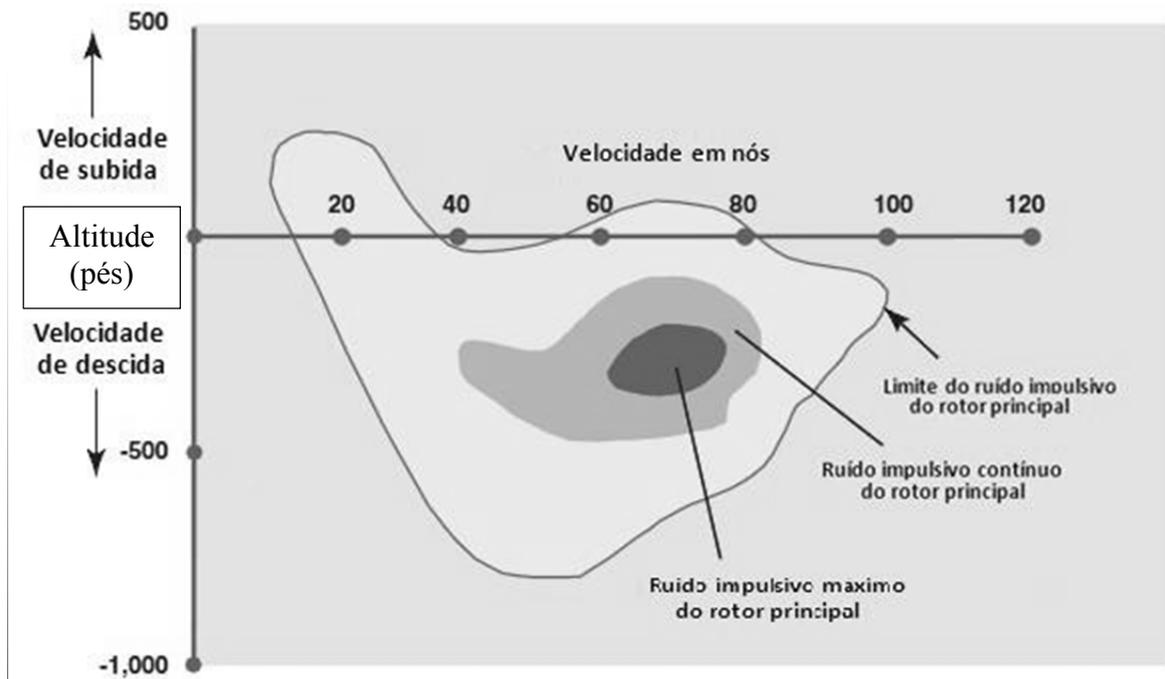


Figura 1.3: Condições de voo onde o ruído do rotor é mais acentuado, em helicópteros de médio e grande porte (Fonte: HAI, 1993).

Segundo HAI (1993) a ocorrência do ruído impulsivo do rotor pode ser mais abrangente que os limites dos contornos ilustrados nas Figuras 1.2 e 1.3. Isto porque, pode ocorrer também durante manobras bruscas, na presença de rajadas de vento repentinas ou durante transições de uma condição de voo para outra. Embora este tipo de ruído não seja muito percebido no interior do helicóptero, na maioria das vezes, é possível ao piloto reconhecer e evitar sua ocorrência redefinindo as condições de voo visando reduzir o incômodo sonoro.

Cabe destacar que o rotor de cauda é também uma importante fonte de ruído do helicóptero. Responsável pela estabilidade e controle direcional da aeronave, o rotor de cauda é muitas vezes mencionado como o mal necessário do projeto de helicóptero, visto que é a fonte de ruído dominante na maioria das operações, especialmente quando o helicóptero está se aproximando do observador. (HAI, 1993).

Uma das inovações criadas para redução do ruído do rotor de cauda foi o dispositivo denominado Fenestron, que pode ser encontrado em vários modelos de helicópteros, principalmente, nos do fabricante *Eurocopter*. Na frota brasileira os modelos que utilizam o Fenestron são EC120 Colibri, EC130, EC135, AS365 *Dolphin*, e EC155 *Super Dolphin*.

Outra inovação tecnológica é o NOTAR – *No Tail Rotor* – que dispensa a necessidade do rotor de cauda. A desvantagem é que apenas podem ser encontrados nos modelos do fabricante MD *Helicopters*, e na frota brasileira pode ser encontrado no modelo MD600N (HAI,1993). A Figura 1.4 mostra exemplos de helicópteros equipados com os sistemas Fenestro e NOTAR.



Figura 1.4: Helicóptero modelo EC120 Colibri equipado com Fenestron à esquerda, e o modelo MD600N com a tecnologia NOTAR, à direita.

1.4 O programa Fly Neighborly

O Programa *Fly Neighborly* desenvolvido pela HAI – Associação Internacional de Helicópteros – apresenta orientações gerais para redução do ruído nos procedimentos operacionais a serem adotadas voluntariamente por pilotos de helicópteros.

Criado em 1982, nos Estados Unidos, o programa conta com o apoio e cooperação das companhias de táxi aéreo, fabricantes, pilotos, agências governamentais, e do público em geral, sendo também bem aceito internacionalmente. Países como Alemanha, França e Inglaterra adotam suas recomendações.

O programa tem como estratégia a conscientização de pilotos e companhias de taxi aéreo sobre a importância das questões relativas ao impacto do ruído das operações. O programa inclui treinamento e educação dos pilotos e orientações para ampliar comunicação com a população, para obter maior aceitação em relação às atividades com helicópteros.

As recomendações são para utilizar rotas de mínimo incômodo, sempre que possível, evitando áreas sensíveis a ruído. As rotas preferenciais devem ser sobre áreas não habitadas ou com ruído ambiente elevado, como autoestradas, por exemplo.

Voos conduzidos sobre estradas, ferrovias e rios são menos prováveis de serem alvos de reclamações. Contudo, caso seja necessário voar próximo de áreas sensíveis a ruído, os seguintes procedimentos devem ser adotados:

- Manter a altitude a mais elevada possível. Adotar sempre a altitude máxima permitida. Neste caso, a redução do nível de ruído em função do aumento da altitude depende também do peso do helicóptero;
- Adotar a velocidade de cruzeiro normal ou menor;
- Observar a velocidade que gera menor ruído em trajetórias de descida;
- Voar suave, evitar manobras drásticas e repentinas;
- Usar perfis de pouso e decolagem com máxima inclinação;
- Alternar o uso de rotas, tendo em vista que o uso frequente das mesmas rotas é um dos fatores que contribuem para o aumento do incômodo sonoro.

Considera-se que velocidade do helicóptero tem um efeito importante tanto na exposição sonora quanto no caráter impulsivo do ruído do rotor principal. O HAI recomenda sobrevoar áreas sensíveis ao ruído com a velocidade um pouco menor que a velocidade de cruzeiro. A velocidade mais elevada que a de cruzeiro normal pode aumentar drasticamente o nível do ruído e o caráter impulsivo, em proporções que, mesmo mantendo a altitude o mais elevada possível, os níveis de ruído gerados não serão mais compatíveis com os critérios aceitáveis de exposição sonora.

1.5 Orientações do FAA para voos próximos de áreas sensíveis ao ruído

As orientações básicas do Programa *Fly Neighborly* são consideradas no documento *Advisory Circular AC91.36D – Orientações para voos em VFR próximo de áreas sensíveis ao ruído – publicado em 2004 pelo FAA – Federal Aviation Administration*. Cabe lembrar que ambos os documentos, orientações do HAI (1993) e do FAA (2004), tratam a questão da redução do ruído dos helicópteros em termos de recomendações práticas e as técnicas descritas são todas voluntárias.

Segundo FAA (2004), as áreas sensíveis ao ruído não se resumem nas áreas residenciais, escolas e hospitais. O FAA considera como sensível ao ruído, todo o local onde o ruído dos helicópteros possa interferir nas atividades normais associadas ao uso do solo. Assim deste modo, são incluídos também as áreas de parque nacionais,

incluindo florestas, áreas primitivas ou selvagens, monumentos, lagos nacionais, áreas de recreação, sítios culturais e históricos, e todo o local onde um ambiente calmo é uma característica reconhecida ou um atributo.

A altitude mínima para voo de helicópteros nos Estados Unidos é de 1000 pés (300m). Contudo, o FAA recomenda a altitude de 2000 pés (609,6m) para voos sobre áreas sensíveis ao ruído, sempre que possível. Por outro lado, o Programa *Fly Neighborly* recomenda diferentes altitudes em função do porte do helicóptero. Para helicópteros médios recomenda-se 2000 pés, 4000 pés (1.219,2m) para helicópteros de grande porte, e 1000 pés (304,8m) para helicópteros pequenos.

1.6 Regras especiais de tráfego aéreo para helicópteros no Brasil

Como todos os países signatários da ICAO, o Brasil adota para fins dos serviços de tráfego aéreo, as normas e métodos recomendados por essa organização.

A Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC – é responsável pela regulamentação e fiscalização do SAC – Sistema de Aviação Civil – desenvolvendo suas atividades de estudo, orientação, planejamento, coordenação, controle, incentivo e apoio às atividades da aviação civil, pública e privada.

Porém, compete ao DECEA – Departamento de Controle do Espaço Aéreo – o estabelecimento das chamadas “regras do ar” que se aplicam a todos os tipos de aeronaves que operam dentro do espaço aéreo brasileiro.

A altitude mínima para voo de helicópteros no Brasil é de 150m (500pés), contudo a Portaria 18/GM5 recomenda que a altitude mínima para voos de helicópteros sobre cidades, povoados, lugares habitados ou sobre grupos de pessoas ao ar livre, seja de 300 m (1000 pés) acima do mais alto obstáculo existente num raio de 600m ao redor da aeronave. Exceções podem ocorrer somente em operações de pouso e decolagem ou quando expressamente autorizado.

1.1.6.1 Corredores Aéreos de Circulação

Em função do volume e da complexidade do tráfego, o DECEA pode determinar a implantação de CH – Corredores Aéreos de Circulação de Helicópteros – a fim de disciplinar o fluxo de tráfego de helicópteros dentro de uma TMA – Área de Controle Terminal – ou seja, na proximidade do aeroporto (Portaria 18/GM5).

Este foi o caso da Cidade São Paulo, onde corredores específicos foram criados a fim de disciplinar a circulação de helicópteros e minimizar as interferências com o tráfego de aviões, durante as operações de aproximações e saídas do Aeroporto de Guarulhos e, principalmente, de Congonhas (COUTO,2008).

Quando implantados os CH, os voos dos helicópteros devem, em princípio, ser realizados dentro dos mesmos, utilizando as altitudes estabelecidas de acordo com o sentido do voo. No processo de implantação, os CH devem ser divulgados e incluídos nas publicações de informações aeronáuticas correspondentes (Portaria 18/GM5). A Figura 1.5 mostra os corredores criados no município de São Paulo.

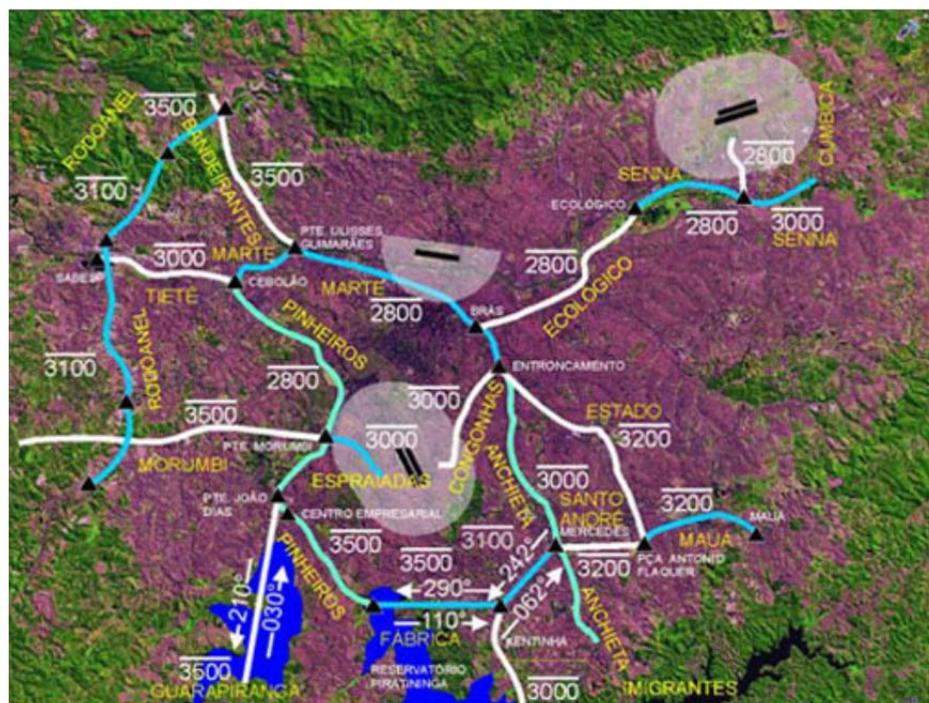


Figura 1.5: Corredores Aéreos de São Paulo. Fonte: Associação de Pilotos de Helicópteros do Estado de São Paulo –ASPHESP (2003)

1.7 Efeitos do ruído

O desenvolvimento das atividades humanas está ligado à produção de sons, alguns dos quais são considerados de interesse, outros não tem essa função (MACEDO, 2004). As reações individuais ao ruído apresentam uma grande e natural variabilidade. O som que é agradável para um pode ser considerado completamente inaceitável para outros.

Outra questão importante é que a sensibilidade auditiva das pessoas pode variar de 20 dB de uma pessoa para a outra. Segundo FAA (1985), essa variação na resposta é que torna a ciência de avaliar a resposta comunitária um assunto difícil, sendo praticamente impossível prever a resposta individual a uma determinada exposição sonora. Nesse caso, em geral, é mais adequado avaliar a tendência de uma população a uma determinada resposta.

Em geral, os efeitos do ruído aeronáutico desencadeado no homem são os mesmos que aqueles causados por outros tipos de estruturas de transporte, como se segue.

Sensação de incômodo:

O incômodo, noção difícil de se definir, representa uma reação subjetiva negativa global ao ruído, ainda que os efeitos imediatos consistam na perturbação de diversas atividades.

A resposta das pessoas ao ruído é função de uma série de variáveis objetivas e subjetivas. Entre as variáveis objetivas podemos citar a acuidade auditiva do indivíduo exposto, a sua idade, sexo, o tempo de exposição sonora (dose de ruído), o tipo de ruído (aéreo ou de impacto), a proporção de flutuações do som, o número de eventos ruidosos, o espectro do ruído (distribuição da energia sonora em função da frequência) e o nível sonoro (MACEDO, 2004).

As pesquisas no campo da psico-acústica tem revelado que as atitudes, crenças e valores de cada indivíduo ou grupos de pessoas, influenciam fortemente o grau de tolerância que estes apresentam com relação ao ruído. O conhecimento destas variáveis

emocionais ajuda a entender porque não é possível afirmar simplesmente, que os níveis de ruído de determinada fonte, não irão provocar nenhum tipo de reação ou impacto ambiental por parte da população (IAC, 2000).

Basicamente, os fatores não-acústicos que contribuem com o incômodo ao ruído aeronáutico são relacionadas com as condições do próprio ambiente, tais como, tipo de clima, topografia, a forma urbana (alinhamento das edificações), e aspectos sócio-econômicos (BANGJUN, 2003). Outras variáveis afetivas que parecem intervir no incômodo individual são as seguintes:

- Sentimento de poder ou não controlar a fonte de ruído;
- Julgamento sobre a importância e o valor da atividade que produz o ruído;
- Atividade desempenhada pelo indivíduo no momento em que ele escuta o ruído;
- Atitudes face ao meio ambiente em geral;
- Sensibilidade ao ruído (muito, média ou pouco sensível);
- Convicção que o ruído das aeronaves pode afetar a saúde;
- Medo associado à relação entre o evento sonoro e a possibilidade de ocorrência de acidente (temor da queda acidental de uma aeronave).

Ao longo dos anos vêm sendo realizadas diversas pesquisas sociais, na Europa e nos Estados Unidos a fim de retratar, tanto quanto possível, as respostas da população ao ruído ambiental e os efeitos do ruído em seres humanos. Dessas pesquisas foi possível concluir que o incômodo representa a síntese de uma variedade de efeitos do ruído sobre a população exposta (MACEDO, 2004).

Distúrbios do sono:

Um dos efeitos mais importantes do ruído é a alteração da qualidade do sono. As principais manifestações da perturbação do sono pelo ruído aeroportuário são: dificuldades em adormecer, diminuição da duração de certos estágios do sono e despertar repentino.

Torna-se importante observar que os distúrbios no sono possuem efeitos secundários (baixa da qualidade do estado de vigília do dia seguinte freqüentemente acompanhado de uma sonolência diurna e a necessidade de um repouso compensador - sesta) e

terciários (esgotamento produzido pela repetição durante muitas noites dos distúrbios do sono).

Outro efeito refere-se à exposição de pessoas a níveis de ruído elevados, diversas vezes, durante o dia, o que pode provocar um estado de excitação nervosa, dificultando o adormecimento.

Interferência na comunicação:

Níveis de ruído elevados podem dificultar a conversa entre duas pessoas, a escuta de um programa de televisão ou mesmo impossibilitar uma comunicação telefônica.

Segundo SHAW (1996) e MACEDO (2004), em áreas residenciais, o nível de ruído fundo em áreas externas deveria ser de até 55 dB(A), para permitir uma comunicação satisfatória (95% de inteligibilidade) com nível de voz normal a 3 m de distância fonte-receptor. No interior de residências, um critério mais rigoroso é necessário. Para uma conversa tranquila e com nível de voz normal em uma sala de estar por exemplo, o nível de ruído de fundo não deve ser superior a 45 dB(A) para que não haja necessidade de elevar a voz, e haja 100% de inteligibilidade.

Para evitar os efeitos adversos do ruído nas salas de aula, a OMS (2000) recomenda um nível equivalente de 35dB(A) no interior das salas de aula.

Redução do desempenho na execução de tarefas:

Tarefas especializadas necessitam de ambiente de trabalho calmo. Desta forma, níveis de ruído muito altos podem impedir a realização de algumas tarefas ou até mesmo ser agente causador de acidentes de trabalho.

Segundo HAINES *et al* (2002), a interferência no desempenho cognitivo é um dos principais efeitos do ruído em crianças. O desenvolvimento de atividades que envolvem compreensão da linguagem e atenção, tais como a leitura, a resolução de problemas e a memória são mais afetados pela exposição sonora que as tarefas simples.

Por outro lado, a exposição prolongada ao ruído produz efeitos cumulativos que podem se traduzir por :

Perda de audição:

A exposição diária a altos níveis de ruído pode induzir à perda de audição temporária. Entretanto, esta perda pode se tornar permanente se um indivíduo é submetido a um longo período de exposição sonora.

Modificação comportamental, estresse e esgotamento físico:

O ruído pode induzir a alterações de comportamento que vão desde uma excitação até reações agressivas.

Efeitos fisiológicos não-auditivos:

Diferentes efeitos podem ser desencadeados, como:

- Ações no sistema cardiovascular – estreitamento dos vasos sanguíneos (vaso - constrição) e batimentos mais rápidos e fortes do coração.
- Na visão – estreitamento do campo visual;
- Alterações endócrinas – ativação das glândulas hormonais;
- No sistema digestivo – redução da secreção gástrica e salivar, causando aumento da duração da digestão.

Não há na literatura científica evidências que comprovem danos auditivos na população exposta ao ruído do tráfego de helicópteros e aviões em áreas urbanas. Tais danos ocorrem de fato em ambientes de trabalho , em função do valor de LAeq (nível sonoro equivalente) em período de 8h, do número de anos durante os quais houve exposição ao ruído e da sensibilidade do indivíduo. Outra evidência é que o valor de LAeq 24h de até 70 dB , no ambiente interno, não causa déficit auditivo na grande maioria das pessoas, mesmo após uma exposição ao longo da vida (ICA, 2010).

Vários estudos indicam que o ruído das aeronaves pode afetar tanto a saúde quanto o bem estar das pessoas que residem na vizinhança de um aeródromo. Contudo, a sensação de incômodo e as interferências no sono e na comunicação são as reações mais usuais da população ao ruído aeronáutico. (Miedema, 2007). Cabe observar que os efeitos adversos do ruído podem estar relacionados entre si. Por exemplo, o incômodo pode ser um resultado de distúrbios do sono.

1.8 Métricas de avaliação

Apesar dos esforços da União Europeia e da ICAO para a adoção de uma abordagem comum na trato das questões relativas ao ruído aeronáutico, ainda existem divergências entre os países com relação aos métodos de avaliação de impacto sonoro gerado pelo tráfego aéreo. Existem, portanto, diversas métricas de ruído e diferentes limites de exposição sonora da população ao ruído das aeronaves, nas legislações que regulamentam a gestão do uso do solo na vizinhança dos aeroportos nos vários países.

Devido a este fato, o banco de dados do programa INM disponibiliza 16 tipos de métricas de ruído e ainda permite a criação e introdução de novas métricas nos estudos de previsão do impacto do ruído aeronáutico. Em termos gerais, o programa considera três grupos fundamentais de métricas que denomina como “família”, do seguinte modo:

Família “A” - conjunto das métricas com base na ponderação “A”;

Família “C” - conjunto das métricas com base na ponderação “C”;

Família PNL - conjunto das métricas com base no nível sonoro percebido (PNL).

1.8.1 As métricas da família “A”

A ponderação no filtro A, minimiza as contribuições de baixas (menores do que 1 kHz) e altas (maiores do que 6.3 kHz) frequências do espectro sonoro e deste modo oferece uma boa aproximação da resposta do ouvido humano às diferentes frequências, e apresenta uma boa correlação com o julgamento subjetivo das pessoas com relação ao ruído, independentemente do nível. Por esse motivo, e também devido as suas facilidades de medição e interpretação, as métricas com ponderação em “A” são as utilizadas para avaliação do ruído e adotadas na maioria das legislações e normas.

1.8.2 As métricas da família “C”

A ponderação no filtro “C” leva em conta as contribuições de baixas frequências do espectro (entre 0.1 e 2 kHz). As métricas com ponderação em “C” tem sido utilizadas

em medições do ruído aeronáutico em situações com elevada exposição sonora de baixa frequência, como por exemplo, em pontos próximos ao início da decolagem de uma aeronave.

O dB(C) também é recomendado no tratamento de questões relacionadas com a vibração causada pelo ruído de helicópteros. Isto porque, os rotores produzem considerável energia sonora nas baixas frequências especificamente nas faixas de 10-80Hz sendo esta a principal causa de leves tremores nas edificações durante a passagem desta aeronave.

A energia vibratória gerada pelo ruído dos helicópteros é transmitida pelo ar e, por este motivo provocam tremores em janelas e objetos sobre móveis ou fixados em paredes. Isso é diferente da vibração transmitida pelo solo que geralmente é associada com as construção de grande porte e cravação de estacas que provocam tremores associados a pisos e paredes.

Embora possa haver tremores de acessórios em paredes (quadros, espelhos, placas, etc), e de esquadrias durante a passagem de um helicóptero, pesquisas comprovam que nenhum dano estrutural deve ser esperado (HUBARD,1982). Contudo este pode ser um fator de grande contribuição ao incômodo

1.8.3 As métricas da família “PNL”

As métricas associadas ao nível sonoro percebido – PNL são utilizadas no processo de certificação acústica de aeronaves e devido a complexidade do método, são pouco utilizadas para outros fins. Os cálculos exigem uma análise de frequência em faixas de terceira-oitava, que são pesadas e somadas para dar um valor do ruído percebido (em Noy) para cada intervalo de tempo (Hassall e Zaveri, 1979).

Segundo SOUSA (2004), frente as dificuldades de usar na prática as métricas da família PNL, em contraste com as facilidades oferecidas pelo método de ponderação “A”, tem feito com que as métricas desta última família sejam cada vez mais empregadas para avaliação do ruído aeronáutico. Contudo não é recomendável a utilização de forma generalizada das métricas da família “A”, pois apesar das vantagens como facilidades de medição e normalização, é preciso ter em conta que o dB(A) não é o mais adequado para avaliar níveis de ruído com componentes importantes nas baixas frequências.

1.8.4 As métricas mais utilizadas na avaliação do ruído aeronáutico

- **Nível Sonoro Dia-Noite - DNL (Day-Night Level)**

O DNL é uma métrica baseada no LAeq que se originou nos Estados Unidos fundamentada no princípio de penalizar-se o ruído noturno utilizando-se apenas o sentido comum e não em evidências experimentais, porém encontrou larga aceitação por avaliar o ruído em comunidades (FORD, 1987)

O DNL é amplamente difundido em ruído aeroportuário e o zoneamento no entorno de aeroportos em muitos países é baseado nesta métrica, inclusive o Brasil.

O DNL considera todos os eventos sonoros ocorridos ao longo de um dia, e a maior sensibilidade das pessoas ao ruído durante o período noturno. Corresponde a média da exposição sonora total ao longo de um período de 24 horas, adicionando 10 dB(A) à média dos níveis de ruído ocorridos entre 22h e 7h.

A métrica DNL é definida de acordo com a Equação:

$$DNL = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{3600 * 24} \left[\int_{7:00}^{22:00} 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt + \int_{22:00}^{7:00} 10^{\frac{L_A(t)+10}{10}} dt \right] \right\}$$

Onde:

(t) = tempo em segundos;

L_A(t) = nível sonoro ponderado em “A” durante o intervalo de tempo T;

3.600*24 corresponde ao valor em segundos no período de 24hs.

Em seu estudo pioneiro de 1978, Schultz coletou e analisou dados de várias pesquisas sociais conduzidas em comunidades expostas ao ruído aeronáutico, ao tráfico rodoviário e ferroviário, estes dados foram expressos por uma relação percentual das pessoas altamente incomodadas com os níveis sonoros medidos em DNL.

- **Nível Sonoro Dia-entardecer-noite - LDEN (Day-evening-night level)**

O LDEN, adotada pela Comunidade Europeia, é uma pequena variação do nível dia/noite originário dos Estados Unidos. Do mesmo modo, o LDEN corresponde a média da exposição sonora total ao longo de um período de 24 horas, sendo que adiciona 5dB(A) à média dos níveis de ruído ocorridos no entardecer (19 às 22hs), e 10 dB(A) à média dos níveis de ruído ocorridos à noite (22h às 7h). A diferença numérica entre DNL e LDEN é geralmente muito pequena. (Ford, 1987)

A métrica LDEN é definida de acordo com a Equação:

$$LDEN = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{3600 * 24} \left[\int_{7:00}^{19:00} 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt + \int_{19:00}^{22:00} 10^{\frac{L_A(t)+5}{10}} dt + \int_{22:00}^{7:00} 10^{\frac{L_A(t)+10}{10}} dt \right] \right\}$$

- **Nível sonoro equivalente– L(A)eq**

O *nível sonoro equivalente*, LAeq , é a métrica adotada na legislação brasileira para mensurar ruídos de diversas naturezas. Refere-se à média das pressões sonoras instantâneas ocorridas durante um período de tempo, conforme a equação a seguir.

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T} \times \int_0^T 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt \right]$$

A métrica LAeq pode ser calculada para qualquer período de tempo definido em função das características do ruído. Neste sentido, a métrica LAeq 1h foi adotado nesta pesquisa para verificar o grau de interferência dos movimentos das aeronaves em um determinado receptor durante o horário de operação do aeroporto, verificar os horários mais críticos em relação ao ruído aeronáutico, determinar o valor de atenuação dos níveis sonoros para áreas externas (controle de ruído na fonte), e indicar o valor de atenuação sonora de fachada para uma edificação em estudo (controle de ruído no receptor).

A métrica LAeq 1h é definida de acordo com a equação:

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{3600} \times \int_0^{3600} 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt \right]$$

A norma NBR10.151 diferencia o ruído observado durante o dia e à noite, neste caso, usam-se duas métricas derivadas do LAeq, do seguinte modo:

L(A)eqD - É o nível associado à média da energia sonora durante o espaço de tempo correspondente ao período diurno. De acordo com a norma brasileira sobre conforto acústico em áreas externas – a NBR 10151, o período diurno se inicia às 7h e termina às 22h. Convencionou-se, então, adotar este período para o cálculo do L(A)eqD, cuja definição matemática é apresentada pela seguinte equação.

$$LAeq_D = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{3600 * 15} \left[\int_{7:00}^{22:00} 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt \right] \right\}$$

L(A)eqN- Do mesmo modo, o L(A)eqN é o nível associado à média da energia sonora durante o período noturno que, no Brasil, é compreendido entre 22h e 7h. O L(A)eqN é definido pela seguinte equação:

$$LAeq_N = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{3600 * 9} \left[\int_{22:00}^{7:00} 10^{\frac{L_A(t)+10}{10}} dt \right] \right\}$$

- **Nível de exposição sonora - SEL (Sound Exposure Level)**

O nível de exposição sonora é o nível associado ao somatório das energias sonoras instantâneas ocorridas durante o tempo de duração de um ruído, expresso em decibéis.

O SEL é definido pela equação a seguir onde $T_0=1s$.

$$SEL = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T_0} \int_0^T 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt \right]$$

Relação entre Exposição Sonora e probabilidade de acordar

A proporção de indivíduos acordando devido a passagem de uma aeronave tem sido relacionada com o Nível de Exposição Sonora (SEL) associado a um evento único (pouso ou decolagem), conforme ilustrado pela Figura 1.6:

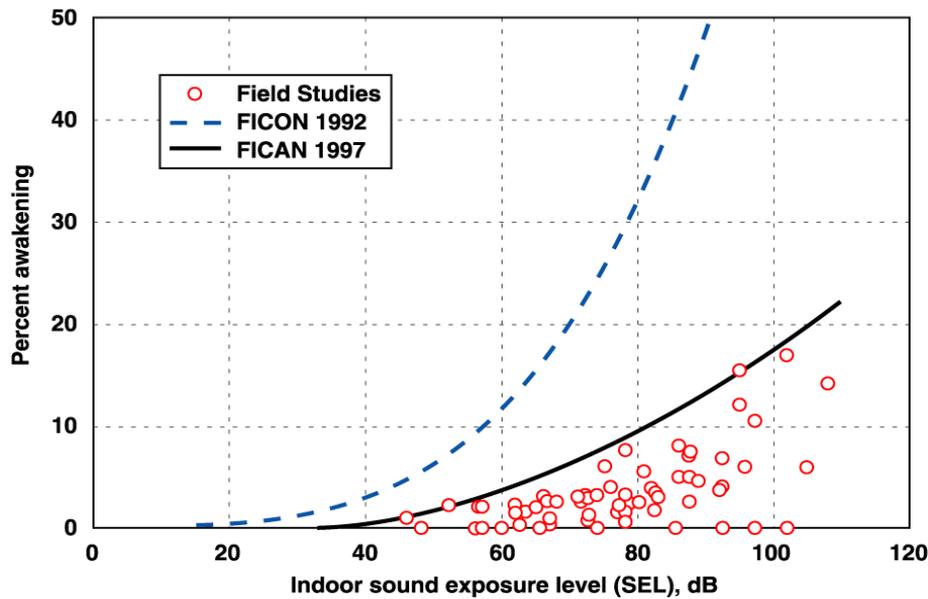


Figura 1.6: Relação entre o Nível de Exposição Sonora em áreas internas e a possibilidade de acordar (FICAN, 1997).

A fórmula a seguir relaciona a probabilidade de interrupção do sono com o SEL.

$$\pi_{sono} = 0.0087 (SEL - 30)^{1.97}$$

Onde, π_{sono} é a percentagem de pessoas dormindo no local r que serão acordadas pelo evento.

Aplicando a correção de +10dB(A) dado pela norma NBR10.151 para conversão dos níveis medidos no ambiente interno para o ambiente externo, na condição de janela aberta, temos:

SEL 80dB(A) = 12%

SEL 90dB(A) = 19%

SEL 95dB(A) = 23%

SEL 100dB(A) = 27%

SEL 105dB(A) = 32%

Segundo ROCHA (2009), as avaliações de impacto sonoro dos aeroportos têm, freqüentemente, suprimido o estudo da interferência do ruído das aeronaves no sono, o que seria importante para uma avaliação mais completa e fiel à realidade.

O NÍVEL SONORO MÁXIMO, $L_{A\text{MAX}}$, é utilizado para descrever o maior nível sonoro gerado por um evento individual durante um determinado período de tempo. O nível sonoro máximo, em dB, é determinado através da seguinte equação:

$$L_{A\text{max}} = \max L_A(t) \Big|_0^T$$

O tempo acima de um nível de ruído (TA) é uma métrica que pode ser utilizada nas mesmas situações da métrica L_{Aeq} , com o objetivo de quantificar a exposição sonora em períodos de tempo específicos. A designação do limiar a ser utilizado na utilização desta métrica pode ser definida em relação à interferência sonora ou ao nível de ruído ambiente.

2 O PLANEJAMENTO E GESTÃO DO RUÍDO AERONÁUTICO NO MUNDO

2.1 Abordagem Equilibrada na gestão do ruído

A poluição sonora decorrente do tráfego aéreo é um dos principais conflitos entre aeroportos e a população residente em seus arredores. A magnitude do impacto sonoro sobre a população se encontra diretamente relacionada com as políticas de controle de ruído adotadas pelas autoridades locais e aeroportuárias. O assentamento de atividades incompatíveis com os níveis de ruído gerados pelos tráfego aéreo, na região próxima ao aeroporto, acarreta perda de qualidade física e ambiental para estas comunidades. Tal fato, leva a população a se mobilizar contra as atividades do aeroporto, implicando em limitações em seu desempenho.

Devido as características desta categoria de transporte, que promove a integração entre países, o trato de questões referentes ao controle de ruído aeronáutico exige uma abordagem comum. O desenvolvimento de uma política mundial de controle de ruído aeronáutico acarreta implicações diversas, contudo duas principais dificuldades devem ser destacadas. Primeiro, é preciso ter em conta as diversas realidades econômicas, tecnológicas, culturais e sociais de cada país. A segunda, se refere as normas, legislações e critérios de avaliação da exposição sonora que podem ser bastantes diferenciados de um país para outro.

O texto a seguir apresenta os princípios e conceitos das quatro vertentes da política mundial – Abordagem Equilibrada – e sugere como podem ser também adequadas ao gerenciamento do ruído de helicópteros.

2.1.1 A certificação acústica das aeronaves

A necessidade de definir um acordo internacional para a limitação do ruído emitido pelas aeronaves comerciais, surgiu em setembro de 1968, na 16ª Assembleia da ICAO. A primeira edição do documento contendo recomendações práticas e orientações para a certificação acústica de aeronaves foi publicada, em 1971, no Anexo 16 Volume I - Proteção Ambiental. Desde então, a norma tem sido atualizada tendo em consideração as necessidades de preservação ambiental e de refletir os avanços tecnológicos, adquiridos na aerodinâmica das aeronaves e concepção dos motores, para a redução de ruído na fonte. A norma está atualmente, na terceira edição (1993) – Emenda 8.

O Anexo 16 não é a única norma aplicável nesta área, os Estados Unidos desenvolveram em 1969, o Regulamento 14 CFR Parte 36. Ambos os documentos são válidos e, normalmente o requerente pode optar pelo regulamento a ser empregado no processo de certificação acústica da aeronave.

De forma geral, os regulamentos são harmonizados entre si, uma das diferenças é a nomenclatura dos requisitos de emissão sonora das aeronaves, que são classificadas como Capítulos (Chapter) pelo Anexo 16 e Estágios (Stages) pelo 14 CFR Parte 36.

2.1.1.1 Requisitos de ruído

Todas as aeronaves comerciais que operam no tráfego aéreo internacional, devem cumprir os limites de emissão sonora exigidos na certificação acústica. Na maioria dos países esta certificação é realizada com base no Anexo 16 da ICAO. O documento agrupa as aeronaves por “capítulos de ruído”, cada capítulo corresponde a um padrão de emissão sonora, levando em consideração as características específicas dos diversos modelos, conforme descrito na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Limites de emissão sonora da certificação acústica de aeronaves

<i>Capítulos do Anexo 16</i>	<i>Tipo de aeronave</i>	<i>Data de homologação</i>
2	Aeronaves à reação subsônicas	Antes de 6 /10/ 1977
3	Aeronaves à reação subsônicas	De 6 /10/ 1977 a 2005
	Aeronaves a hélice, acima de 5.700kg	De 1985 até 17/11/1988

	Aeronaves a hélice, acima de 8168 kg	De 17/11/1988 a 2005
4	Aeronaves à reação subsônicas e Aeronaves a hélice, acima de 5700 kg ou acima de 8168 kg.	A partir de 1/01/2006
5	Aeronaves a hélice, acima de 5700 kg.	Antes de 1985
6	Aeronaves a hélice, até 8168 kg.	De 1975 a 1988
8	Helicópteros (1)	A partir de 1985
	Helicópteros (2)	A partir de 2002
10	Aeronaves a hélice, até 8168 kg.	A partir de 1988
11	Helicópteros até 3.175 kg (1)	A partir de 1993
	Helicópteros até 3.175 kg (2)	A partir de 2002

Os padrões para regular o ruído de aeronaves baseiam-se no peso da aeronave e no número de motores. Essencialmente, aeronaves mais pesadas e com maior número de motores têm permissão para gerar mais ruído. Assim, os padrões permitem que aviões mais pesados sejam mais ruidosos que aviões mais leves.

As aeronaves à turbina se enquadram nos requisitos de ruído estabelecidos nos Capítulos 2, 3 e 4.

As aeronaves fabricados nas décadas de 50 e 60, normalmente equipadas com a primeira geração de motores (jato puro), são consideradas extremamente ruidosas, e denominadas Não Classificadas (non-noise certificated -NNC). As aeronaves do tipo B707, DC-08 e Caravelle são classificadas nesta categoria.

O Capítulo 2 refere-se às aeronaves fabricadas até outubro de 1977. Estes modelos são equipados com a segunda geração de motores à reação – turbofan com baixa taxa de BRP – e são muito ruidosas, apesar da redução de ruído de cerca de 50% em relação às aeronaves Não Certificadas. São exemplos de aeronaves Capítulo 2: B-727-200, B-737-200 ADV, Learjet série 20, B-747-100, DC-09 e similares.

O Capítulo 3 refere-se às aeronaves mais modernas, equipadas com a terceira geração de motores à reação – turbofan com alta taxa de BRP – sendo considerados pouco

ruidosas. São exemplos de aeronaves Capítulo 3:: F100, B737/300, 400 e 500, DC-10/30, MD11, A340, A300.

O Capítulo 4 corresponde às aeronaves de última geração cuja emissão de ruído oferecem uma melhoria de 10 dB(A) em relação ao desempenho do Capítulo 3. Os novos limites do Capítulo 4 são aplicáveis aos modelos fabricados a partir de 1º de janeiro de 2006.

Para a certificação acústica das aeronaves, três medições são necessárias: uma na aproximação, uma na decolagem, e uma terceira em um ponto de medição lateral. O novo Capítulo 4 baseia-se na soma das melhorias nestes três pontos de medição. Em outras palavras, a redução média em cada um dos três pontos em relação a Capítulo 3 é um pouco mais de 3 dB(A).

Acordos internacionais sob o auspício da ICAO exigiram a supressão de aeronaves mais antigas e ruidosas do Capítulo 2 a partir de março de 2002 na União Europeia e até Janeiro de 2001 nos Estados Unidos, e sua substituição por novas aeronaves Capítulo 3. No entanto, estas aeronaves aproximam-se agora dos 25-30 anos de idade e encontram-se no final dos seus ciclos de vida econômica e seriam, de qualquer forma, gradualmente suprimidas das operações da maioria das companhias aéreas. Existem, contudo, exceções em que foi acordado um alargamento deste prazo para, por exemplo, companhias aéreas de países em desenvolvimento.

2.1.1.2 A re-certificação de aeronaves

Uma nova certificação acústica pode ser solicitada quando se deseja alterar a categoria de ruído de uma aeronave. Em muitos casos, aeronaves NC (não classificada) foram transformadas em aeronaves do Capítulo 2, e aeronaves do Capítulo 2 foram transformados em Capítulo 3 através da substituição e modificação dos motores. Tais aeronaves foram equipadas com “hushkit” – dispositivo que modifica o sistema de propulsão, reduzindo sua emissão de ruído – visando atender a requisitos de ruído mais atuais.

As aeronaves adaptadas com “hushkits” são consideradas ruidosas, apesar de cumprir com as especificações. Suas emissões sonoras estão muito próximas dos limites máximos exigidos na certificação de ruído. Muitos países são a favor da adoção de medidas para restringir ou até mesmo proibir as operações com as aeronaves “hushkit”, pois consideram que estas aeronaves não são condizentes com o espírito e finalidade da certificação acústica.

A instalação de “hushkit” em helicópteros não é usual como no caso de aeronaves de asa fixa. Segundo FAA (2004), devido às demandas do mercado, a maioria dos fabricantes de helicópteros considera mais rentável investir em novas tecnologias de redução de ruído, ao invés de tentar adequar a emissão sonora de helicópteros mais antigos com a instalação de “hushkits”. Cabe destacar que o método de redução de ruído em helicópteros é diferenciado para cada modelo, e que não se pode simplesmente aplicar o mesmo método de redução de ruído a todos os helicópteros.

2.1.1.3 A certificação acústica de helicópteros

Os requisitos de ruído da ICAO, para a certificação acústica de helicópteros somente foram aplicados a partir de 1 de janeiro de 1985, quase dez anos mais tarde que a certificação acústica aplicada a aeronaves de asa fixa (ver datas de homologação na Tabela 2.1). Isto porque, somente ao final da década 70, as preocupações com relação ao ruído de helicópteros começaram a ser expressos pelo público em geral, e autoridades nacionais em muitos países. Como resultado, um grupo de trabalho composto pela ICAO, FAA e a maioria dos países europeus, foi estabelecido para desenvolver propostas de limites sonoros e procedimentos para a realização de certificações de ruído de helicópteros (HAI, 2003).

Os requisitos de ruído atuais para a certificação acústica de helicópteros são os apresentados no Capítulo 8 e 11 do Anexo 16. Os requisitos de ruído do FAA correspondente a estes, constam nos Apêndices 10 e 11 do documento 14 CFR Parte 36.

O Capítulo 8 é aplicável a todos os helicópteros, com exceção daqueles projetados exclusivamente para uso na agricultura, no combate a incêndio ou com propósitos de transporte de carga, estas categorias de helicópteros são definidos como isentos do cumprimento dos padrões de ruído.

Em novembro 1993 um novo padrão de ruído foi adotado para helicópteros leves (peso de decolagem menor ou igual 2730 kg) e transformou-se no Capítulo 11 do Anexo 16. Contudo, a classificação de helicópteros como Capítulo 11 é opcional (item 8.1.3 e item 11.1.3), o requerente da certificação pode optar entre cumprir com os requisitos de ruído do Capítulo 8 ou 11. De fato, ao contrário do que ocorre com as aeronaves, nenhum requisito de ruído mais restritivo foi exigido para os helicópteros de 1985 até 2002.

Segundo ICAO (2007), a necessidade de diminuir a poluição sonora causada pelos helicópteros é especialmente problemática, visto que o ruído proveniente de suas operações não é restrito aos aeroportos (os helicópteros voam por toda a cidade). Consciente desta necessidade houve grande empenho por parte dos fabricantes, para melhorar o desempenho acústico de seus equipamentos e um progresso substancial foi conseguido. Alguns dos helicópteros mais modernos de hoje produzem níveis sonoros bem abaixo dos limites de ruído estabelecidos para o Capítulo 8 e 11, conforme apresentado na Tabela 2.6.

Cabe ressaltar que medidas de redução do ruído na fonte não se limitam ao desenvolvimento de padrões acústicos mais restritos e a produção de novos tipos de aeronaves mais silenciosas. É fundamental que ações sejam implementadas de modo a garantir que as companhias aéreas integrem os novos avanços tecnológicos na composição de suas frotas de aeronaves, através da substituição das aeronaves ruidosas por outras mais silenciosas.

2.1.1.4 Pontos de medição de aeronaves

O processo de certificação acústica das aeronaves envolve medições dos níveis sonoros durante ensaios de voo, na métrica EPNL em dB, em três posições conforme ilustrado na Figura 2.1.

- Decolagem: 1 ponto de medição localizado abaixo do trajeto da decolagem, na distância horizontal de 6.5km do início da corrida de decolagem;
- Laterais: 1 ponto de medição na lateral da pista, ao longo da distância de 450 m do eixo da pista. Para as aeronaves à helice, esta distância lateral é de 650m.
- Aterrissagem: 1 ponto de medição abaixo do trajeto de pouso, na distância horizontal de 2 km do ponto de toque, e 120 m de distância vertical da aeronave, considerando a inclinação de descida de 3°.

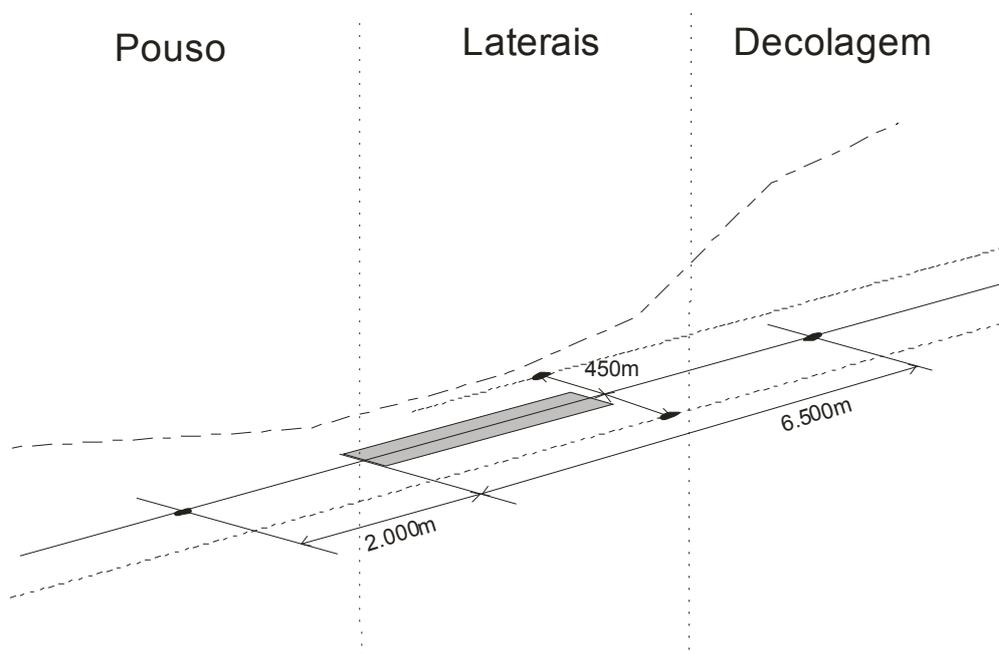


Figura 2.1: Localização dos pontos de medição de ruído das aeronaves de asa fixa no processo de certificação acústica.

2.1.1.5 Pontos de medição de helicópteros

Semelhante aos aviões, os testes para certificação acústica dos helicópteros envolvem medições dos níveis sonoras durante ensaios de voo, na métrica EPNL em dB, contudo, ao invés de três pontos de medição são exigidos nove pontos, conforme ilustrado na Figura 2.1, Figura 2.2 e Figura 2.3:

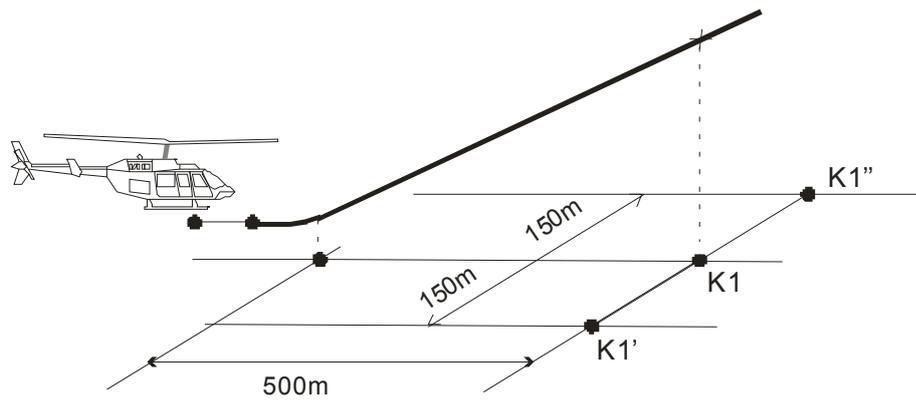


Figura 2.1: Ponto de medição localizado diretamente abaixo do trajeto da decolagem, na distância de 500m do início do procedimento e, outros 2 pontos simétricos a este, na distância de 150 m.

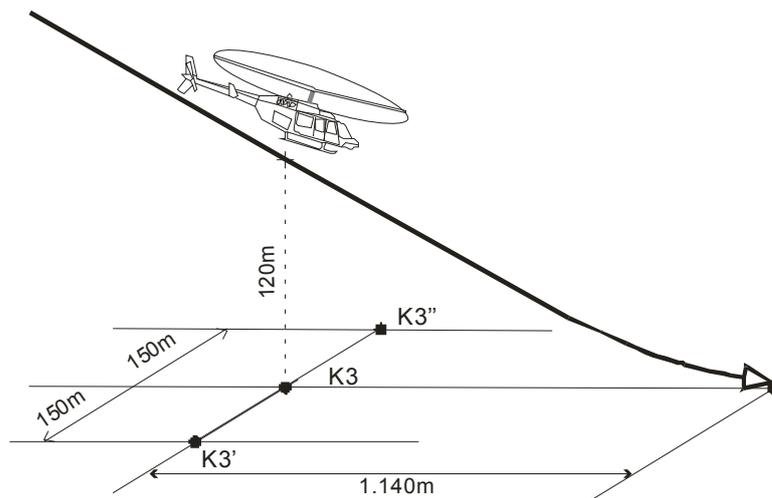


Figura 2.2: Pontos de medição localizado diretamente abaixo do trajeto do pouso, na distância de 1.140m do fim do procedimento e, outros 2 pontos simétricos a este, na distância de 150 m.

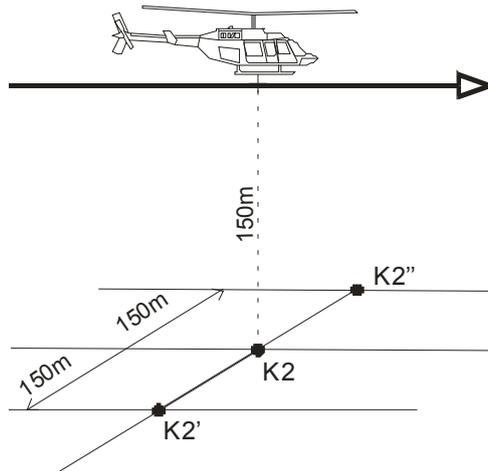


Figura 2.3: Sobrevoos: 1 ponto de medição de referência localizado no trajeto da aeronave, a 150m de distância vertical do helicóptero e, outros 2 pontos simétricos ao ponto de referência, na distância de 150 m.

No caso de helicópteros mais leves (Capítulo 11 do anexo16), as medições são realizadas apenas no sobrevoos, conforme descrito na Figura 2.3 e a métrica utilizada é o SEL em dB(A).

2.1.1.6 Limites dos níveis de ruído

Os limites dos níveis de ruído empregados na certificação acústica de aviões apresentam variações em função do peso máximo de decolagem (MTOW) e do tipo de motor. O método de cálculo para aviões pode ser consultado no Anexo16 – *Attachment A* – “Equações para o cálculo dos níveis sonoros em função do peso máximo de decolagem”.

Os limites dos níveis de ruído empregados na certificação acústica de helicópteros são calculados apenas em função do peso máximo de decolagem (MTOW – *Maximum Take-Off Weight*), conforme representado na Tabela 2.3.

Tabela 2.3: Cálculo dos níveis sonoros em função do peso máximo de decolagem de helicópteros- Requisitos de ruído do Capítulo 8.

M=MTOW, peso máximo de decolagem em 1000 kg	M ≥0,788	Se M maior que 0,788 e menor que 80, então:	M ≤80
Nível máximo de ruído na decolagem (EPNL)	89	$90.03+9.97 \log M$	109
Nível máximo de ruído no pouso (EPNL)	90	$91.03+9.97 \log M$	110
Nível máximo de ruído no sobrevoo (EPNL)	88	$89.03+9.97 \log M$	108

(Fonte: Anexo 16, ICAO).

Os níveis de ruído definidos na primeira coluna do Tabela 2.3 são empregados na certificação de helicópteros com peso máximo igual ou menor que 788 kg. A terceira coluna se refere a helicópteros com peso máximo igual ou superior a 80.000kg.

Para os helicópteros mais leves do Capítulo 11, o método de cálculo é diferenciado, conforme representado na Tabela 2.4. Conforme mencionado anteriormente, o requerente da certificação pode optar entre cumprir com os requisitos de ruído do Capítulo 8 ou 11 (item 11.1.3 do Anexo 16).

Tabela 2.4: Cálculo dos níveis sonoros em função do peso máximo de decolagem de helicópteros- Requisitos de ruído do Capítulo 11.

M=MTOW, peso máximo de decolagem em 1000kg	M ≥0.788	Se M maior que 0.788 e menor que 2,730 então:
Nível máximo de ruído no sobrevoo (SEL)	82	$83.03+9.97 \log M$

(Fonte: Anexo 16, ICAO).

Tabela 2.5: Níveis de ruído da certificação acústica de helicópteros com até 3175kg – Indicação dos modelos mais silenciosos.

HELICOPTEROS DE PEQUENO PORTE (até 3.175kg) - NÍVEIS MEDIDOS NO SOBREVÔO - Altitude 150m						Níveis em EPNL dBA		
Nº registro	Fabricante	Modelo	MTOW (kg)	Fabricante do motor	Tipo do motor	Nível Medido	Limite máximo	Diferença
D116	McDonnell Douglas Helicopter Co.	500N	1.520	Allison	250-C20R/2	80,0	90,8	10,8
D232	McDonnell Douglas Helicopter Co.	MD500N	1.520	Allison	250-C20R/2	80,0	90,8	10,8
D175	Enstrom Helicopter Corporation	280FX	1.179	Lycoming	HIO-360-F1AD	81,0	89,7	8,7
D233	McDonnell Douglas Helicopter Co.	MD500N	1.520	Allison	250-C20R/2	81,2	90,8	9,6
D120	Robinson Helicopter Company	R22 Beta	621	Lycoming	O-320-B2C	81,3	88,0	6,7
D304	Robinson Helicopter Company	R22 Beta	621	Lycoming	O-360-J2A	81,3	88,0	6,7
D122	Robinson Helicopter Company	R22 Mariner	621	Lycoming	O-320-B2C	81,4	88,0	6,6
D306	Robinson Helicopter Company	R22 Mariner	621	Lycoming	O-360-J2A	81,4	88,0	6,6
D225	Enstrom Helicopter Corporation	F28F	1.179	Lycoming	HIO-360-F1AD	83,0	89,7	6,7
D237	MD Helicopters, Inc. (MDHI)	MD900	2.721	Pratt & Whitney Canada	PW206A	83,3	93,4	10,1
D258	MD Helicopters, Inc. (MDHI)	MD900	2.948	Pratt & Whitney Canada	PW207E	83,3	93,7	10,4
D240	MD Helicopters, Inc. (MDHI)	MD900	2.835	Pratt & Whitney Canada	PW207E	83,5	93,5	10,0
D239	MD Helicopters, Inc. (MDHI)	MD900	2.835	Pratt & Whitney Canada	PW206E	83,5	93,5	10,0
D238	MD Helicopters, Inc. (MDHI)	MD900	2.835	Pratt & Whitney Canada	PW206A	83,7	93,5	9,8
D6	Eurocopter Deutschland GmbH	EC135P1	2.835	Pratt & Whitney Canada	PW206B	84,0	93,5	9,5
D33	Eurocopter Deutschland GmbH	EC135P1 (CDS/CPDS)	2.835	Pratt & Whitney Canada	PW206B	84,0	93,5	9,5
D9	Eurocopter Deutschland GmbH	EC135P2	2.835	Pratt & Whitney Canada	PW206B2	84,0	93,5	9,5
D34	Eurocopter Deutschland GmbH	EC135P2 (CPDS)	2.835	Pratt & Whitney Canada	PW206B2	84,0	93,5	9,5
D35	Eurocopter Deutschland GmbH	EC135P2+	2.910	Pratt & Whitney Canada	PW206B2	84,0	93,7	9,7
D46	Eurocopter Deutschland GmbH	EC635P2+	2.910	Pratt & Whitney Canada	PW206B2	84,0	93,7	9,7
D326	MD Helicopters, Inc. (MDHI)	MD900	2.948	Pratt & Whitney Canada	PW206A	84,1	93,7	9,6
D74	Eurocopter	EC130B4	2.400	Turbomeca	Arriel 2B1	84,2	92,8	8,6
D129	Eurocopter	EC130B4	2.427	Turbomeca	Arriel 2B1	84,3	92,9	8,6
D177	Hughes Tool Co.	369D	1.360	Allison	250-C20B	84,4	90,4	6,0
D181	Hughes Tool Co.	369E	1.360	Allison	250-C20R/2	84,4	90,4	6,0
D155	Bell Helicopter Textron	206L	1.812	Allison	250-C20B	84,7	91,6	6,9
D156	Bell Helicopter Textron	206L	1.812	Allison	250-C20R/2	84,7	91,6	6,9
D157	Bell Helicopter Textron	206L	1.812	Allison	250-C20R/4	84,7	91,6	6,9
D110	Bell Helicopter Textron	206L4	2.018	Allison	250-C30P	85,4	92,1	6,7
D11	Eurocopter Deutschland GmbH	EC135T1	2.835	Turbomeca	Arrius 2B1	85,7	93,5	7,8
D223	Eurocopter Deutschland GmbH	EC135T1	2.835	Turbomeca	Arrius 2B1	85,7	93,5	7,8
D12	Eurocopter Deutschland GmbH	EC135T1	2.835	Turbomeca	Arrius 2B1A	85,7	93,5	7,8
D13	Eurocopter Deutschland GmbH	EC135T1	2.835	Turbomeca	Arrius 2B1A1	85,7	93,5	7,8
D41	Eurocopter Deutschland GmbH	EC135T1 (CDS/CPDS)	2.835	Turbomeca	Arrius 2B1	85,7	93,5	7,8
D42	Eurocopter Deutschland GmbH	EC135T1 (CDS/CPDS)	2.835	Turbomeca	Arrius 2B1A	85,7	93,5	7,8
D43	Eurocopter Deutschland GmbH	EC135T1 (CDS/CPDS)	2.835	Turbomeca	Arrius 2B1A1	85,7	93,5	7,8
D14	Eurocopter Deutschland GmbH	EC135T2	2.835	Turbomeca	Arrius 2B2	85,7	93,5	7,8
D44	Eurocopter Deutschland GmbH	EC135T2 (CPDS)	2.835	Turbomeca	Arrius 2B2	85,7	93,5	7,8
D45	Eurocopter Deutschland GmbH	EC135T2+	2.910	Turbomeca	Arrius 2B2	85,7	93,7	8,0
D52	Eurocopter Deutschland GmbH	EC635T1 (CPDS)	2.835	Turbomeca	Arrius 2B1	85,7	93,5	7,8
D53	Eurocopter Deutschland GmbH	EC635T1 (CPDS)	2.835	Turbomeca	Arrius 2B1A	85,7	93,5	7,8
D54	Eurocopter Deutschland GmbH	EC635T1 (CPDS)	2.835	Turbomeca	Arrius 2B1A1	85,7	93,5	7,8
D15	Eurocopter Deutschland GmbH	EC635T2+	2.910	Turbomeca	Arrius 2B2	85,7	93,7	8,0
D78	Eurocopter	AS355N	2.600	Turbomeca	Arrius 1A	86,7	93,2	6,5
D77	Eurocopter	AS355N	2.540	Turbomeca	Arrius 1A	86,7	93,1	6,4
D65	Eurocopter	AS355NP	2.600	Turbomeca	Arrius 1A1	86,7	93,2	6,5
D70	Eurocopter	AS350B1	2.200	Turbomeca	Arriel 1D	87,3	92,4	5,1
D72	Eurocopter	AS350B3	2.250	Turbomeca	Arriel 2B	87,3	92,5	5,2
D75	Eurocopter	AS350BA	2.100	Turbomeca	Arriel 1B	87,3	92,2	4,9
D71	Eurocopter	AS350B2	2.250	Turbomeca	Arriel 1D1	87,6	92,5	4,9
D178	Hughes Tool Co.	369D	1.360	Allison	250-C20B	87,7	90,4	2,7
D180	Hughes Tool Co.	369E	1.360	Allison	250-C20B	87,7	90,4	2,7
D115	Hughes Tool Co.	369E	1.360	Allison	250-C20R/2	87,7	90,4	2,7
D160	Bell Helicopter Textron	206L3	1.882	Allison	250-C30P	87,8	91,8	4,0
D161	Bell Helicopter Textron	206L3	1.882	Allison	250-C30P	87,8	91,8	4,0
D79	Eurocopter	AS355F1	2.400	Allison	250-C20F	87,9	92,8	4,9
D66	Eurocopter	AS355F1R	2.400	Allison	250-C20R	87,9	92,8	4,9
D80	Eurocopter	AS355F2	2.540	Allison	250-C20F	87,9	93,1	5,2
D67	Eurocopter	AS355F2	2.540	Allison	250-C20R	87,9	93,1	5,2
D256	Agusta S.p.A.	AW119 MKII	2.850	Pratt & Whitney Canada	PT6B-37A	88,2	89,6	1,4
D327	Agusta S.p.A.	A109N	3.175	Pratt & Whitney Canada	PW207C	88,4	94,0	5,6
D5	Agusta S.p.A.	A109S	3.175	Pratt & Whitney Canada	PW207C	88,4	94,0	5,6
D291	Agusta S.p.A.	AW109SP	3.175	Pratt & Whitney Canada	PW207C	88,4	94,0	5,6
D197	Eurocopter	AS355F	2.300	Allison	250-C20F	88,5	92,6	4,1
D270	Agusta S.p.A.	A109LUH	3.000	Turbomeca	Arrius 2K2	88,6	89,8	1,2
D194	Agusta S.p.A.	A109C	2.720	Allison	250-C20R/1	88,8	93,4	4,6
D114	Bell Helicopter Textron	427	2.880	Allison	250-C20R	89,0	93,6	4,6
D4	Bell Helicopter Textron	427	2.971	Pratt & Whitney Canada	PW207D	89,0	93,7	4,7
D3	Bell Helicopter Textron	427	2.880	Pratt & Whitney Canada	PW207D	89,0	93,6	4,6
D2	Bell Helicopter Textron	427	2.722	Pratt & Whitney Canada	PW207D	89,1	93,4	4,3
D108	Agusta S.p.A.	A109K2	2.850	Turbomeca	Arriel 1K1	89,1	93,6	4,5
D300	Bell Helicopter Textron	429	3.175	Pratt & Whitney Canada	PW207D1	89,6	90,0	0,4
D301	Bell Helicopter Textron	429	3.175	Pratt & Whitney Canada	PW207D2	89,6	90,0	0,4
D109	Agusta S.p.A.	A109E	2.850	Pratt & Whitney Canada	PW206C	90,9	93,6	2,7
D333	Eurocopter Deutschland GmbH	BO105 LS A-3	2.600	Allison	250-C28C	90,9	93,2	2,3
D216	Eurocopter Deutschland GmbH	BO105 LS A-3	2.600	Allison	250-C28C	90,9	93,2	2,3
D328	Eurocopter Deutschland GmbH	BO105 LS A-3	2.600	Allison	250-C30P	90,9	93,2	2,3
D334	Eurocopter Deutschland GmbH	BO105 LS A-3	2.600	Allison	250-C30P	90,9	93,2	2,3
D247	Eurocopter	SA360C	3.000	Turbomeca	Astazou XVIII A	90,9	93,8	2,9
D195	Agusta S.p.A.	A109E	3.000	Pratt & Whitney Canada	PW206C	91,3	93,8	2,5
D202	Eurocopter Deutschland GmbH	BK117B1	3.200	Lycoming	LTS101-750-B1	91,3	94,1	2,8
D269	Agusta S.p.A.	A109E	2.850	Turbomeca	Arriel 2K1	91,4	93,6	2,2
D191	Agusta S.p.A.	A109A	2.600	Allison	250-C20B	91,8	93,2	1,4
D76	Eurocopter	AS350BB	2.100	Turbomeca	Arriel 1D1	92,2	92,2	0,0
D201	Eurocopter Deutschland GmbH	BK117A4	3.200	Lycoming	LTS101-650-B1	92,6	94,1	1,5
D199	Eurocopter Deutschland GmbH	BK117A1	2.850	Lycoming	LTS101-650-B1	92,7	93,6	0,9
D200	Eurocopter Deutschland GmbH	BK117A3	3.200	Lycoming	LTS101-650-B1	92,9	94,1	1,2
D290	MD Helicopters, Inc. (MDHI)	MD900	2.948	Pratt & Whitney Canada	PW206E	93,7	93,7	0,0

Fonte: *European Aviation Safety Agency* – EASA, dados disponíveis no site:

<https://www.easa.europa.eu/certification/type-certificates/aircraft.php>.

2.1.2 Restrições operacionais

Restrições operacionais consistem basicamente em limitar o funcionamento de um aeroporto/heliponto ou proibir aeronaves ruidosas de operar nele, objetivando reduzir problemas de ruído.

De acordo com o problema de ruído identificado em um aeródromo, as restrições operacionais podem ser parte do conjunto de medidas. Entretanto, a aplicação de restrições não é recomendada como um primeiro recurso, mas somente após avaliar inteiramente os benefícios que podem ser obtidos com as demais medidas de controle de ruído disponíveis na Abordagem Equilibrada.

Restrições operacionais têm o potencial de proporcionar uma redução rápida e significativa do ruído no entorno dos aeroportos, mas também podem impor impactos e limitações que podem influenciar outros aspectos das operações aeroportuárias. Por este motivo, as recomendações são para introduzir tais restrições gradualmente, no decorrer do tempo, sempre quando possível.

As restrições operacionais se enquadram basicamente em duas categorias ou na combinação das mesmas:

- **Restrições a aeronaves:**

Consiste em restringir, de modo progressivo ou total, as operações com aeronaves com base em seu desempenho de ruído. A restrição pode ser específica a um tipo de aeronave, como por exemplo, aeronaves classificadas como Capítulo 2 ou NNC do Anexo 16.

Cabe destacar a política mundial que vem sendo adotada para a retirada progressiva das operações com aeronaves do Capítulo 2 do Anexo 16. Vários países da Europa, Estados Unidos, Japão, entre outros, já estabeleceram severas restrições a estas aeronaves.

- **Restrições ao funcionamento do aeroporto**

Consiste em restringir, parcial ou totalmente, determinados períodos de funcionamento do aeródromo. A restrição pode ser aplicada em determinados períodos do dia, como

durante à noite por exemplo, ou em dias específicos da semana, ou apenas em relação ao uso de uma das pista do aeroporto.

No Brasil, como exemplo de restrição operacional regulamentada tem-se o Aeroporto de Congonhas, na Cidade de São Paulo. Este aeroporto, que é um dos mais movimentados do país, fica completamente fechado entre 23:00 e 06:00 horas. Além disso, entre 22:00 e 23:00 horas, e 06:00 e 07:00 horas existe um funcionamento diferenciado, onde só é possível operar com aeronaves Capítulo 3 (mais silenciosas).

Restrição ao funcionamento de um aeroporto, principalmente durante o período noturno, se apresenta a primeira vista como uma das soluções mais simples a serem implementadas para reduzir o problema de ruído aeronáutico.

O fechamento de um aeroporto durante à noite é de difícil implementação em cidades sem a opção de um outro aeroporto como alternativa de pouso. Também afetam atividades específicas que ocorrem durante o período noturno, como o de transporte de correspondências, cargas ou fretamento. Interferem em voos regulares, nas viagens de longa distância ou internacionais que, em geral, exigem conexões estratégicas (ICAO, 2007).

A proibição de operações noturnas em um aeroporto específico significa que tais operações devem ser transferidas, caso seja possível, para o período diurno ou transferidas para outro aeroporto. A transferência de operações noturnas para diurnos em um aeroporto normalmente acarreta a elevação dos níveis sonoros durante o período de 7 as 22hs (período diurno). Por lado, a transferência dos voos para outro aeroporto, mais próximo, pode aumentar o número de pessoas expostas ao ruído em suas regiões vizinhas.

Por estes motivos, restrições ao horário noturno exigem estudos específicos visto que podem acarretar consequências diversas, não só para o aeroporto que tem sua capacidade limitada, mas também nas operações de outros aeroportos.

Apesar dos impactos causados na rede de conexões entre aeroportos, existem aproximadamente 227 aeroportos no mundo com restrições ao horário noturno

(ICAO,2007). Metade destes aeroportos estão localizados na Europa, cerca de 1/3 se localizam na America do Norte e o restante distribuídos em diversas locais do mundo.

Restrições operacionais aplicadas aos helicópteros

De acordo com FAA (2004), os tipos de restrições operacionais aplicáveis a helicópteros podem ser dos seguintes modos:

Restrições ao horário das operações:

- Redução do número de movimentos nos horários mais sensíveis ao ruído, como ao amanhecer de 6 às 7hs, e ao entardecer de 18 às 22hs;
- Proibição ou redução dos voos noturnos (22 às 7hs).

Restrições ao uso de rotas:

- Proibição ou redução do uso de rotas sobre áreas sensíveis ao ruído.

Restrições ao tipo de operação:

- Os helicópteros são utilizados em uma variedade de serviços, tais como, reportagens para imprensa, turismo, viagens para negócios e táxi, policiamento, treinamento de pilotos, serviços médicos de emergência, filmagens, operações militares, dentre outras operações. Uma limitação para o número de movimentos pode ser aplicada aos serviços não relacionados à segurança e emergências.

2.1.3 Controle de ruído nos procedimentos operacionais

Outras condições que alteram a percepção dos níveis sonoros emitidos pelas aeronaves são os procedimentos operacionais.

São vários os procedimentos operacionais que envolvem modificações nos padrões de pouso e decolagem os quais podem contribuir para a redução do ruído. Contudo, estes ocorrem em função de cada modelo de aeronave. Observa-se que alterações em procedimentos operacionais envolvem questões de segurança e de desempenho da

aeronave. Portanto, somente podem ser implementadas em conjunto com os pilotos de helicópteros e especialistas do controle do tráfego aéreo.

2.1.4 Planejamento e gestão do uso do solo

O planejamento e a gestão do uso do solo nas imediações dos aeroportos são os principais elementos da Abordagem Equilibrada. Considerando que as autoridades locais e regionais são usualmente responsáveis por estas funções, a ICAO recomenda que a autoridade aeroportuária trabalhe em conjunto com as autoridades locais, visando educá-las com relação aos impactos do ruído provenientes das operações aéreas. Os países membros também devem incentivar às autoridades locais e regionais a implementarem o planejamento e gestão do uso do solo nas imediações dos aeroportos por meio de ação prévia apropriada e mecanismos cooperativos. Tais medidas podem ser categorizadas como:

Instrumentos de planejamento: zoneamento de ruído;

Instrumentos de mitigação: códigos de construção, programas de isolamento acústico, aquisição e relocação de terrenos, e barreiras acústicas.

Instrumentos financeiros: melhorias de capital, incentivos fiscais e taxas aeroportuárias sobre ruído visando a geração de receita para auxiliar no custeio de esforços para redução de ruído.

Para obter informações adicionais sobre planejamento do uso do solo e detalhes específicos adicionais sobre estas medidas, deve ser consultado o documento da ICAO intitulado Airport Planning Manual, Part 2 – Land Use and Environmental Control (Doc 9184).

2.2 Acústica previsional : O programa INM

O INM é um programa computacional desenvolvido pela agência americana FAA que tem por objetivo calcular o nível de ruído produzido por operações aeronáuticas nas áreas de entorno de aeródromos. Criado em 1978, atualmente é utilizado por mais de 1000 organizações em 65 países, incluindo o Brasil.

A metodologia de cálculo do programa INM é definida pela Norma SAE-AIR-1845, intitulada “*Procedure for the Calculation of Airplane Noise in the Vicinity of Airports*” . Esta norma está em conformidade com as diretrizes fornecidas pela ECAC - *European Civil Aviation Conference*, contidas na publicação Doc29 (3ª edição, 2005) e pela ICAO na publicação Circular 205.

O programa INM, desenvolvido exclusivamente para o cálculo de ruído de aeronaves de asa fixa, inclui na versão 7.0 a metodologia de cálculo de ruído de helicópteros, HNM – *Heliport Noise Model* .

O HNM, também desenvolvido pelo FAA, foi por muito tempo uma das poucas ferramentas disponíveis para avaliar o impacto sonoro em helipontos. O HNM tem a metodologia de cálculo similar ao do programa INM, porém difere do INM na sua capacidade de processar a diversidade e complexidade da geração de ruído das operações de voos de helicópteros.

O programa INM utiliza um banco de dados estruturado em forma de tabelas, com informações obtidas a partir do processo de certificação acústica exigido para todas as aeronaves. Os dados para cada aeronave podem ser divididos em duas categorias:

- Parâmetros de capacidade operacional, tais como, potência do motor, velocidade, peso máximo de pouso e decolagem, etc., os quais são utilizados para o cálculo das trajetórias;
- Parâmetros de desempenho acústicos: tabelas contendo os níveis sonoros produzidos pela aeronave, denominada NPD – *Noise, Power and Distance* – e tabelas com dados de espectro sonoro.

Os bancos de dados que compõem o INM são padronizados para condições operacionais de referência, tais como os exemplos relacionados abaixo:

- Pressão atmosférica: 101,325kPa (1013,25 mb);
- Precipitação: zero;
- Velocidade do vento menor que 8 m/s (15 nós);
- Terreno plano e livre de quaisquer obstáculos;
- Temperatura do ar igual a 25°C;
- Peso da decolagem igual a 85% do peso máximo de decolagem;
- Peso do pouso igual a 90% do peso máximo de pouso.

A partir dos dados de entrada inseridos pelo usuário, referente às condições operacionais de um determinado aeroporto, os valores da tabela NPD sofrem diversos ajustes. Os ajustes específicos para os helicópteros incluem a correção do tempo de duração das operações de voo parado e correções de direcionalidade do ruído em geral.

2.2.1 O banco de dados NPD

As tabelas NPD é um conjunto de dados que relaciona nível sonoro, potência do motor (empuxo) e a distância entre aeronave e um ponto de cálculo (ponto receptor). Para helicópteros, ao invés dos dados de potência do motor, são utilizados dois perfis operacionais: modo de voo em movimento e modo de voo parado.

As distâncias das tabelas NPD são padronizadas nos valores de 200, 400, 630, 1.000, 2.000, 4.000, 6.300, 10.000, 16.000 e 25.000 pés. O programa realiza um processo de interpolação ou extrapolação, recomendado pela Norma SAE-AIR-1845, para cálculo dos níveis sonoros em receptores localizados em distâncias intermediárias.

Os níveis sonoros nas distâncias padronizadas tem origem nas medições acústicas do processo de certificação. Para aeronaves de asa fixa os níveis sonoros são fornecidos em quatro métricas, SEL(A), LAmax, EPNL e PNTLM.

Para helicópteros, os níveis sonoros são fornecidos em duas métricas: SEL(A) para os modos operacionais de voo em movimento (pouso, decolagem e sobrevoo) e L_{Amax} para dois modos operacionais de voo estático (*hover e ground*).

As tabelas 2.6 e 2.7 a seguir ilustram exemplos das informações relativas aos valores NPD para a aeronave Boeing 737-300 e o helicóptero S76.

Tabela 2.6: Tabela NPD da aeronave Boeing 737-300 na métrica SEL

Métrica	Modo operacional	Potencia	Níveis de ruído em dB(A) x Distancia (pés)									
			L_200	L_400	L_630	L_1000	L_2000	L_4000	L_6300	L_10000	L_16000	L_25000
SEL	pouso	2500,00	97,8	92,7	89,4	85,3	78,6	71,2	65,4	58,6	51,7	45,2
SEL	pouso	3500,00	100,1	94,8	91,3	87,0	80,0	72,5	66,7	60,0	53,2	46,8
SEL	pouso	4500,00	102,9	97,1	93,5	88,9	81,8	74,3	68,5	61,9	55,1	48,8
SEL	pouso	5500,00	104,6	98,8	95,2	90,6	83,5	76,2	70,5	63,8	57,1	50,8
SEL	decolagem	6500,00	101,8	97,2	93,6	89,5	82,7	75,8	70,5	63,9	57,2	50,9
SEL	decolagem	9000,00	103,8	99,1	95,5	91,2	84,5	77,7	72,5	66,1	59,5	53,4
SEL	decolagem	11500,00	103,4	98,9	95,5	91,8	85,9	79,6	74,8	68,7	62,5	56,7
SEL	decolagem	14000,00	103,2	99,0	95,9	92,8	87,7	81,8	77,3	71,5	65,7	60,2
SEL	decolagem	16500,00	104,3	100,3	97,5	94,6	89,9	84,3	80,0	74,5	68,9	63,7
SEL	decolagem	19000,00	107,4	103,6	100,9	98,0	93,3	87,7	83,4	78,0	72,6	67,5

Tabela 2.7: Tabela NPD do helicóptero S76

Métrica	Modo operacional	Posição	Níveis de ruído em dB(A) x Distancia (pés)									
			L_200	L_400	L_630	L_1000	L_2000	L_4000	L_6300	L_10000	L_16000	L_25000
SEL	pouso	esquerda	92,0	88,6	86,2	83,7	79,4	74,4	70,6	66,2	62,2	57,9
SEL	pouso	centro	95,6	92,4	90,2	87,9	84,1	79,8	76,4	72,4	68,8	64,9
SEL	pouso	direita	96,3	93,0	90,7	88,3	84,3	79,6	75,9	71,3	67,3	62,9
SEL	decolagem	esquerda	94,0	90,6	88,1	85,4	80,8	75,1	70,6	65,1	60,2	55,0
SEL	decolagem	centro	90,0	86,3	83,6	80,5	75,2	68,6	63,5	57,6	52,2	46,5
SEL	decolagem	direita	92,6	89,3	86,9	84,4	80,1	74,7	70,4	65,1	60,4	55,4
Lamax	ground (vão parado)	centro	57,7	50,3	45,9	41,4	34,2	26,5	21,3	15,8	10,5	5,1
Lamax	hover (vão parado)	centro	82,3	75,9	71,5	67,0	59,8	52,3	47,1	41,6	36,3	30,9
SEL	sobrevôo	esquerda	94,1	90,6	88,1	85,4	80,6	74,7	70,1	64,8	60,0	54,8
SEL	sobrevôo	centro	91,3	87,6	84,8	81,8	76,4	69,8	64,7	58,9	53,6	47,9
SEL	sobrevôo	direita	92,9	89,4	86,9	84,2	79,5	73,8	69,3	64,2	59,5	54,5

As fontes de ruído do helicóptero possuem maior direcionalidade que as fontes de ruído das aeronaves de asa fixa. O efeito direcional do ruído é ajustado nas tabelas NPD para os modos operacionais em movimento (pouso, decolagem e sobrevoo), relacionadas com a posição esquerda, centro e direita. A posição centro representa um ponto de cálculo, no ângulo de 90°, abaixo da trajetória de voo, e as posições esquerda e direita

representam pontos de cálculo para cada lado da trajetória de voo, no ângulo de 45°, conforme representado na Figura 2.4

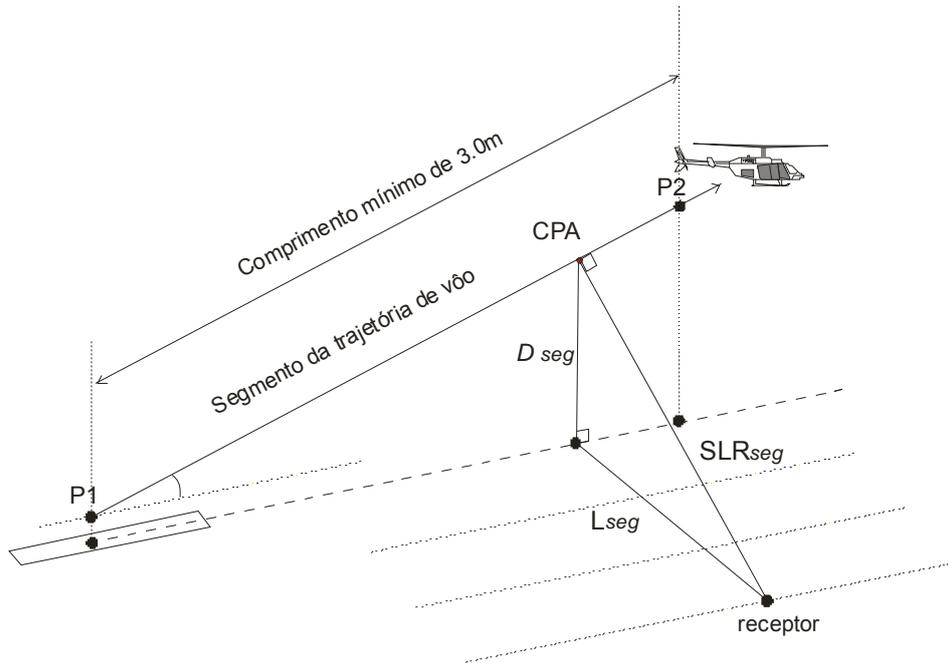


Figura 2.4: Geometria de cálculo do programa INM

Um dos aspectos importantes a considerar na modelagem do ruído de helicópteros é a diversidade do ruído gerado nos procedimentos operacionais. Cada modo de voo possui características acústicas distintas e podem apresentar grandes variações, em função da altitude, velocidade e peso. As curvas de ruído refletem tais características e são sensíveis a todas as mudanças introduzidas.

Os helicópteros possuem diversas capacidades operacionais, e o programa INM não possui todos esses modos possíveis de operar um helicóptero em seu banco de dados. Mas dispõe de perfis padronizados que podem ser editados. Assim, nas simulações, é necessário configurar os perfis de pouso e decolagem para cada tipo de helicóptero, de acordo como realmente operam no aeródromo. Estes dados, que somente podem ser obtidos mediante consulta ao piloto, também apresentam variações por rota e natureza do voo (treinamento, turismo, transporte, etc.).

O programa possui perfis operacionais padronizados para pouso e decolagem do helicóptero, com altitude mínima de voo a 1000 pés (300m). Os helicóptros possuem maior flexibilidade operacional e por isso o programa possibilita editar estes perfis, denominados *Profile Standard*. Cada perfil apresenta as seguintes etapas:

- Modos de voo estático:

GIDLE - *Ground Idle* - Pousado com o motor acionado em baixa potência;

FIDLE - *Flight Idle* - Operações de taxi sobre rodas;

HIGE - *Hover In Ground Effect* - Operações de taxi voando, também utilizado no taxiamento de helicópteros que não possuem rodas;

HOGE - *Hover Out of Ground Effect* - Operação de voo parado sem deslocamento.

- Modos de voo em movimento:

TO – Takeoff - Decolagem;

APPR - *Approach for Landing* - Aproximação para pouso;

LFLO - Level Flyover - Voo em cruzeiro.

2.3 O planejamento e gestão do ruído aeroportuário nos Estados Unidos

O controle de ruído aeroportuário nos Estados Unidos é realizado pela FAA e o planejamento do uso do solo no entorno de aeroportos é regulamentado pela FAR PART 150: *Airport Noise Exposure/ Land Use Compatibility Planning Process*. Esta regulamentação prescreve procedimentos, padrões e metodologias visando o desenvolvimento, a aprovação e a revisão de mapas de exposição sonora e estratégias para compatibilização do ruído aeroportuário com o uso do solo. Neste sentido, o referido documento descreve procedimentos para medição do ruído em aeroportos e áreas vizinhas, e fornece orientações técnicas aos operadores do aeroporto em conjunto com outras autoridades locais, estaduais e federais na elaboração e implantação do Plano de Compatibilização ao Ruído do Aeroporto (NCP – *Noise Compatibility Plan*)

Antes da aprovação do programa de compatibilização, os operadores dos aeroportos devem desenvolver o mapa de ruído para a região de acordo com as normas da FAA e submetê-lo à aprovação de agências públicas, de agências de planejamento e de pessoas da comunidade interessadas. Para o traçado das curvas, não é necessário que o operador do aeroporto realize o monitoramento do ruído no seu entorno. Este constitui um refinamento dos dados obtidos. Os níveis sonoros podem ser previstos com o programa INM – *Integrated Noise Model* – ou com o programa HNM – *Helipport Noise Model* – conforme o caso, ambos desenvolvidos pela FAA.

Nos Estados Unidos, o mapa de ruído é desenvolvido considerando as curvas que representam os níveis de ruído na métrica DNL, calculados com base na média anual do número de movimentos. O mapa deve conter além das curvas, a identificação dos receptores situados em áreas cujo uso do solo é incompatível, a pista de pouso e decolagem, as rotas de voo, a delimitação da área patrimonial do aeroporto, a localização de edificações de uso público sensíveis ao ruído (escolas, hospitais e centros de saúde). Além disso, o mapa deve identificar as edificações históricas, mostrar os pontos de monitoramento de ruído utilizados para aquisição e refinamento dos dados, bem como a estimativa do número de residentes no interior de cada curva, conforme ilustrado na Figura 2.5.

A compatibilidade ou não é verificada através da comparação entre os níveis previstos no programa INM, ou medidos através de um sistema de monitoramento de ruído, com os valores determinados pela FAA. Todos os usos do solo são considerados compatíveis quando o DNL for inferior a 65 dB(A).

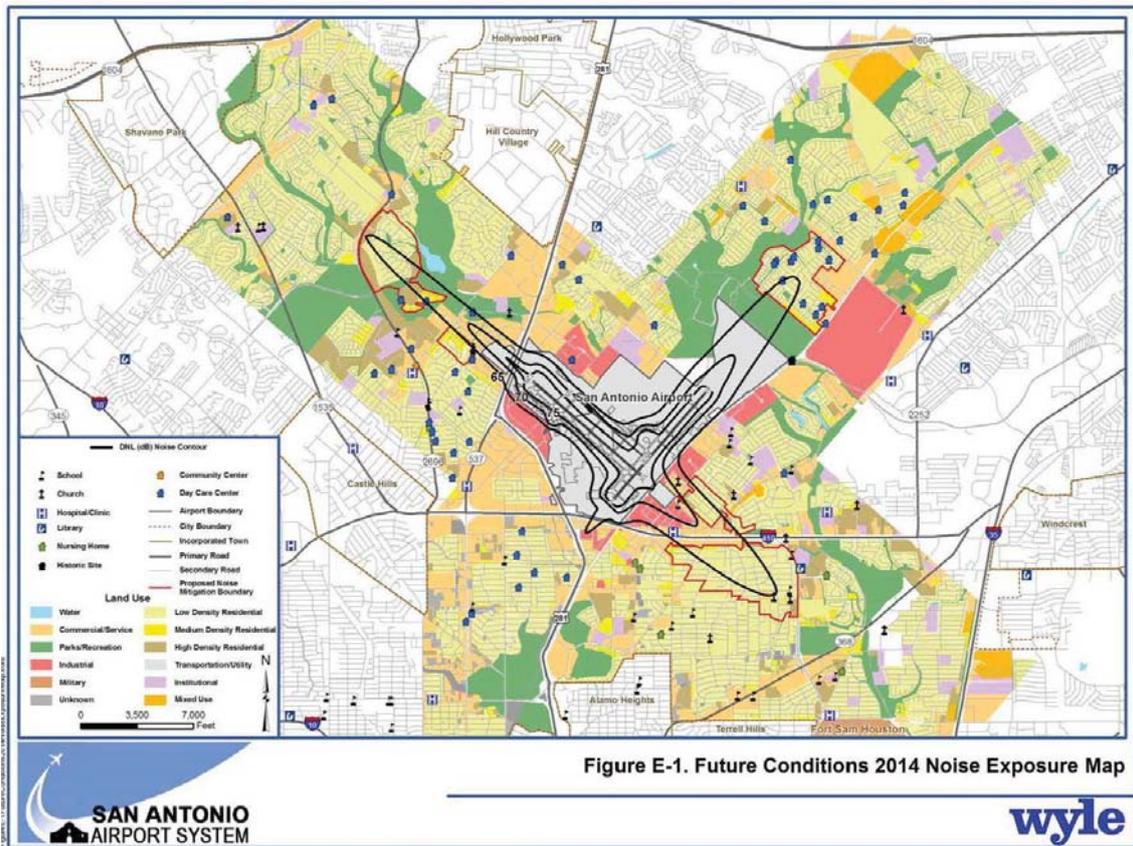


Figura 2.5: Plano de Compatibilização ao Ruído do Aeroporto Internacional de San Antonio, nos Estados Unidos (Fonte: WHILE, 2009)

2.4 O planejamento e gestão do ruído aeroportuário na União Europeia

A *Directive 2002/49/CE* da Comunidade Europeia, de 25 de junho de 2002, relativa à avaliação e a gestão do ruído no ambiente, tem entre seus objetivos assegurar a proteção do meio ambiente e da saúde da população. É aplicável às principais fontes de ruídos dentre os quais o ruído aeronáutico.

A diretriz tem como princípios a prevenção e a proteção das zonas calmas nas áreas urbanas. Neste sentido, considera importante uma abordagem comum do problema do

ruído nos países europeus, bem como a coleta de dados relativos aos níveis de ruído ambiental segundo critérios que permitam estabelecer comparações. Tal fato exige a utilização de métodos de avaliação comuns e na definição de limites sonoros em função de indicadores harmonizados.

A métrica de avaliação do incômodo sonoro recomendado pela diretiva é o LDEN (Nível sonoro dia, tarde e noite) e, na avaliação das perturbações do sono, o L_{NIGHT} (Nível sonoro noturno). Todavia, a diretiva permite aos Estados Membros utilizar indicadores complementares, a fim de administrar determinadas situações particulares.

Além disso, considera conveniente a imposição de uma cartografia estratégica do ruído em zonas de interesse particular, segundo métodos de avaliação comuns aos Estados Membros, visando representar níveis de ruído percebidos nessas zonas. Igualmente, busca garantir a informação da população sobre os efeitos do ruído ambiental, a adoção de planos de ação fundamentados na cartografia elaborada para prevenir e reduzir, se necessário, os ruídos ambientais, principalmente aqueles prejudiciais à saúde. Esses planos de ação devem ser realizados mediante consulta pública e, juntamente com os mapas de ruído, devem ser acessíveis ao público, em geral, e apresentados de forma clara e de fácil compreensão (MACEDO, 2004).

3 O PLANEJAMENTO E GESTÃO DO RUÍDO AERONÁUTICO NO BRASIL

O CBA – Código Brasileiro de Aeronáutica – Lei n.º 7.565, de 19 de dezembro de 1986, define Aeródromo como toda área destinada a pouso, decolagem e movimentação de aeronaves (Art.27). Tendo em conta que se trata de um termo genérico, a denominação de aeródromo utilizada neste trabalho de pesquisa se refere aos aeroportos, heliportos e helipontos.

Com o intuito de melhor compreender as interfaces entre o planejamento urbano e as atividades aeronáuticas e suas consequências no ambiente sonoro das cidades, este capítulo aborda os principais aspectos considerados na escolha do local de implantação de um aeroporto e de um heliponto em região metropolitana e a política de controle de ruído aeronáutico adotada no Brasil.

3.1 O aeródromo e sua vizinhança

“A compatibilidade de um aeródromo com sua área de entorno é um ideal que pode ser alcançado através de um planejamento adequado e harmônico que considere as características particulares do aeroporto e da região onde se localiza.” (IAC, 2000)

Segundo MACEDO (2004) o planejamento aeronáutico tem por objetivo compatibilizar o desenvolvimento físico e econômico do aeródromo com o seu entorno, buscando controlar as fontes de poluição e planejar o uso do solo nas áreas adjacentes. Tem como objetivo proporcionar condições para o adequado funcionamento do aeródromo, sem acarretar transtornos para a comunidade local e sem agredir o meio ambiente.

Neste sentido o planejamento do uso do solo assume um papel de fundamental importância no relacionamento urbano com o aeródromo. Sendo as prefeituras detentoras do poder de legislar e planejar o uso do solo municipal, o bom

relacionamento do aeródromo com o seu entorno e o seu desenvolvimento apropriado depende diretamente do grau de interação entre o planejamento aeronáutico e as legislações específicas do planejamento urbano municipal (IAC, 2000).

Os aeroportos possuem suas diretrizes de planejamento publicado no PDIR – Plano Diretor Aeroportuário, documento através do qual o Comando da Aeronáutica aprova e oficializa a implantação do aeroporto e de seus diversos componentes de infraestrutura. O Plano Diretor por definição é “um conjunto de diretrizes que orienta a implantação, o desenvolvimento e a expansão de uma unidade aeroportuária, de maneira ordenada e adequada à evolução do transporte aéreo, orientando a aplicação de investimentos.” (IAC, 2000).

O PDIR de um aeroporto tem como principais objetivos: (1) orientar o seu potencial de desenvolvimento de modo a atender as estimativas de demanda para períodos de planejamento de 5, 10 e 20 anos; (2) fornecer diretrizes para o planejamento do uso do solo na área de entorno e a identificação dos possíveis impactos ambientais decorrentes do planejamento e implantação do aeroporto; (3) indicar soluções para a compatibilidade do planejamento do aeroporto com o meio ambiente, com o desenvolvimento da comunidade e com os outros meios de transporte. (IAC, 2000).

O PDIR contempla os seguintes estudos urbanos e ambientais:

- **Identificação dos vetores de expansão urbana**

A implantação adequada ao aeroporto consiste em um local próximo aos grandes eixos viários, afastado dos núcleos urbanos e oposto aos vetores de expansão populacional da região. Estes últimos procedimentos objetivam prevenir o adensamento nas áreas do entorno do aeroporto e os usos inadequados que podem gerar conflitos com a comunidade ou limitar a expansão e a operação do aeroporto.

- **Acessibilidade e integração modal: a integração entre o transporte aéreo e terrestre**

O aeroporto é responsável por um considerável fluxo de passageiros, cargas e veículos que demandam estudos específicos no planejamento do acesso viário. A eficiência e a rapidez do sistema do transporte aéreo-terrestre dependem principalmente de dois fatores: distância do aeroporto aos centros urbanos (polos geradores de viagens), e estrutura dos sistemas viários de acesso ao aeroporto que permitem a complementação da viagem.

- **Caracterização da área de entorno**

Objetiva-se analisar se as condições urbanas são compatíveis com as operações aeroportuárias, se permitem ou não a utilização de toda a capacidade prevista para o aeroporto e se possibilitam alternativas de expansão.

Os dados sobre o zoneamento urbano, em especial dos locais próximos às pistas são confrontados com mapas de exposição sonora elaborados para uma situação futura do aeroporto (5, 10 ou 20 anos), de forma a identificar as características das áreas sujeitas ao ruído aeronáutico quanto ao tipo de uso (residencial ou produtivo), quantos às características das edificações e quanto às perspectivas de adensamento populacional.

- **Uso do solo: mecanismos legais**

As restrições do uso do solo urbano em função do ruído aeronáutico, tem por objetivo evitar que atividades sensíveis ao ruído sejam localizadas próximas ao aeroporto, reduzindo o número de indivíduos sujeitos ao impacto das operações. Este é o caso do uso residencial e das atividades ligadas ao ensino e a saúde, que podem ser seriamente prejudicadas pela perturbação do descanso e da capacidade de concentração.

Com este intuito, o RBAC 161 – Regulamento Brasileiro de Aviação Civil nº 161, de 28 de setembro de 2011, dispõe sobre os Planos de Zoneamento de Ruído, e estabelece procedimentos específicos para o controle de ruído as áreas vizinhas aos aeródromos.

Os Planos de Zoneamento, que podem ser do tipo básico ou específico de acordo com a categoria do aeroporto, são instrumentos fundamentais para se estabelecer o uso e a ocupação do solo nas áreas de entorno dos aeroportos.

A comunidade vizinha ao aeroporto esta sujeita ao risco de acidentes ocasionado pela queda das aeronaves. Em relação a este aspecto, o Plano de Zona de Proteção tem por

objetivo estabelecer restrições ao gabarito das construções situadas no entorno dos aeródromos de forma a evitar tais os riscos.

Impactos ambientais associados às atividades da aviação civil

Os principais impactos ambientais associados à aviação civil podem ser agrupados nas seguintes categorias:

Poluição sonora

Os aeroportos são responsáveis por diversos impactos sobre o meio ambiente e a poluição sonora é o impacto mais significativo. As principais fontes de ruído do aeroporto são decorrentes das operações de decolagem e pouso. Do mesmo modo, as operações em solo tais como, taxiamento, equipamentos de apoio às aeronaves e os testes de motores geram elevados níveis sonoros dentro dos limites patrimoniais e podem afetar áreas externas limítrofes ao aeroporto.

Poluição atmosférica

A poluição do ar em aeroportos é avaliada em função das emissões dos motores das aeronaves, dos veículos e equipamentos do aeroporto, do tráfego de acesso, sistemas de manipulação e armazenagem de combustíveis, e da incineração de resíduos sólidos (lixo). Apresentam impactos locais e globais, podendo interferir na qualidade do ar na vizinhança do aeroporto, e contribuir para a destruição da camada de ozônio e aumento do efeito estufa.

Contaminação do solo e da água

Este impacto se refere à poluição das águas e dos solos causada por tratamento inadequado de contaminantes provenientes do aeroporto, como por exemplo, produtos químicos usados para limpeza de aeronaves, pátio de manobra e pistas de pouso e decolagem, ou vazamento de solventes, combustíveis e óleos e graxas das áreas industriais.

Geração de resíduos sólidos

Este impacto se refere aos resíduos dos materiais sólidos ou líquidos utilizados nos serviços abastecimento e manutenção das aeronaves, assim como também do lixo convencional proveniente dos terminais e da administração dos aeroportos.

3.1.1 Requisitos legais para a construção de helipontos

As exigências técnicas, sob o ponto de vista aeronáutico, para a construção e operação de helipontos são estabelecidas através de:

- Portaria nº 18/GM5 (1974) que dispõe sobre as Instruções para Operação de Helicópteros, para Construção e Utilização de Helipontos ou Heliportos;
- IAC 4301 – Instrução de Aviação Civil – que estabelece o trâmite e a regulamentação para o processo de autorização de construção e de registro de aeródromos privados (2001);
- Portaria Nº 256/GM5 de 13 de maio de 2011 que dispõe sobre as restrições relativas às implantações que possam afetar a segurança das operações aéreas;
- RBAC 161, de 28 de setembro de 2011, que dispõe sobre os Planos de Zoneamento de Ruído e questões relacionadas ao ruído aeronáutico na aviação civil;
- Anexo 14, Vol. II, à Convenção de Chicago da Organização de Aviação Civil Internacional.

As documentações anteriormente relacionadas possuem ênfase nas características físicas do heliponto relacionados com o projeto, e o atendimento de questões de segurança do voo. Não há exigências por parte da aeronáutica de estudos urbanísticos para verificação dos impactos gerados pela atividades do heliponto na sua vizinhança, apenas recomenda-se que os helipontos devem ser localizados de maneira que o ruído dos helicópteros, nas operações de pousos e decolagens, não venha trazer incômodo à coletividade vizinha, e respeitando os limites sonoros estabelecidos na legislação competente (item 2.2 Portaria nº 18/GM5).

3.2 As diferenças entre aeródromos públicos e privados.

Os aeródromos podem ser, de acordo com a sua destinação principal, civis ou militares¹. Cabe destacar que somente aeródromos civis fazem parte do escopo desta pesquisa. Isto porque, aeródromos militares normalmente são envolvidos em questões de segurança e procedimentos de emergência.

Entre os aeródromos civis podem existir aeródromos públicos e aeródromos privados. Os aeródromos civis públicos são abertos ao tráfego de aeronaves em geral, mediante remuneração pela sua utilização (tarifas aeroportuárias²). Neles se enquadram os aeroportos e os heliportos onde é prestado o serviço público aeroportuário, monopolizado pela União. Como ocorre em todo serviço público, os aeródromos públicos são mantidos diretamente pelo Poder Público ou por concessionário seu (CBA, art. 37, IV).

A lei também prevê as regras para autorização, construção e operação de aeródromos privados, categoria na qual se incluem os heliportos (CBA, art. 31, II). Os aeródromos privados são construídos mantidos e operados por seus respectivos proprietários (CBA,

¹ Art.28. § 1º Aeródromo civil é o destinado ao uso de aeronaves civis.

§ 2º Aeródromo militar é o destinado ao uso de aeronaves militares.

§ 3º Os aeródromos civis poderão ser utilizados por aeronaves militares, e os aeródromos militares, por aeronaves civis, obedecidas as prescrições estabelecidas pela autoridade aeronáutica.

² Os preços de utilização dos aeroportos são fixados em tabelas aprovadas pela autoridade aeronáutica, tendo em vista as facilidades colocadas à disposição das aeronaves, dos passageiros ou da carga e os seus custos operacionais.

Art. 35), no seu próprio interesse particular, sendo vedada a cobrança de tarifas aos seus usuários.

Conforme Art. 31 do CBA, consideram-se:

I - Aeroportos os aeródromos públicos, dotados de instalações e facilidades para apoio de operações de aeronaves e de embarque e desembarque de pessoas e cargas;

II - Heliportos os aeródromos destinados exclusivamente a helicópteros;

III - Heliportos os heliportos públicos, dotados de instalações e facilidades para apoio de operações de helicópteros e de embarque e desembarque de pessoas e cargas.

Os heliportos de uso público são aeroportos, que destinam parte de suas áreas para pouso, decolagem e estacionamento para helicópteros. Em alguns aeroportos, prevalecem as operações com os helicópteros, os principais exemplos são: o Aeroporto de Campo de Marte localizado na zona norte de São Paulo, que abriga a maior frota do País, e os Aeroportos de Jacarepaguá e Macaé localizados no Rio de Janeiro, ambos utilizados como base de apoio a exploração do petróleo *off shore* (INFRAERO, 2012).

Segundo ALVES (2008), por volta da década de 90, as condições de infraestrutura e serviços oferecidos pelos aeroportos públicos não mais atendiam, satisfatoriamente, as necessidades do setor. Este fato motivou os empresários a investir na construção dos chamados “heliportos privados”, alguns exemplos são: o Helicentro Morumbi (SDHM), o Helicentro Jaguaré (SIBH), também conhecido como Helicidade, e o Helipark (SIAV), todos localizados no estado de São Paulo.

É importante notar que este tipo de empreendimento não foi previsto no Código Brasileiro de Aeronáutica. De acordo com os Artigos 31 e 35, mencionados anteriormente, os “heliportos privados” não podem ser classificados como heliportos, pois são de propriedade particular, e nem como heliportos privados, pois não é autorizada a exploração comercial de heliportos à iniciativa privada.

Os aeródromos públicos e privados são abertos ao tráfego aéreo através de processo, respectivamente, de homologação e registro (Art.30§1º-CBA), atos cuja competência é da ANAC. Neste aspecto os heliportos privados não possuem os mesmos privilégios que os aeroportos. O registro de um heliporto privado é válido pelo prazo de cinco anos e revogável a qualquer tempo, o mesmo não ocorre com a homologação de aeroportos.

Outra importante diferença, é que os heliportos privados só podem funcionar se e enquanto as condições do local e do entorno corresponderem às exigidas na regulamentação aeronáutica. Assim, “Caso sejam implantadas edificações ou outras estruturas que interfiram nos gabaritos dos Planos de Zona de Proteção ou de Zoneamento de Ruído, o heliporto poderá ser objeto de restrições pela ANAC, podendo, inclusive, ter o seu Registro cancelado”. (Item 5.2 do IAC 4301).

A autoridade aeronáutica pode também restringir ou cancelar a atividade do heliporto privado caso haja manifestação de algum órgão oficial contrária à continuidade de sua operação em relação ao cumprimento das posturas municipais, estaduais e/ou federais, na defesa dos interesses públicos da comunidade, segurança pública, impactos sobre o meio ambiente, ou fatores de qualquer ordem, considerados relevantes. (BATISTA, 2003).

Apesar dos elevados custos para implantação e manutenção da infraestrutura heliportuária, e das incertezas relacionadas à obtenção e renovação do direito de operar, o número de heliportos registrados no Brasil aumentou de 427 em 2006, para 1.035 em 2011, a maioria destes empreendimentos é localizado no Estado de São Paulo (48%) seguido do Rio de Janeiro (22%) e Minas Gerais (4%)³.

³ Lista de aeródromos privados, base 2011, disponibilizado no site da ANAC- Agência Nacional de Aviação Civil.

3.2.1 Aspectos do licenciamento ambiental

A Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997, que dispõe sobre o licenciamento ambiental, apresenta o seguinte conceito:

O licenciamento ambiental é o ato administrativo pelo qual o órgão ambiental competente estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades que utilizem recursos ambientais e que sejam consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental.

O licenciamento ambiental de helipontos não é obrigatório como no caso de aeroportos. Em seu Art. 2º, § 1º, a referida Resolução, determina que estão sujeitos ao licenciamento ambiental os empreendimentos e as atividades relacionadas em seu Anexo 1, dentre os quais insere os aeroportos. Por outro lado, os helipontos se enquadram na categoria de “empreendimentos e atividades de impacto ambiental local” (Art. 6). Assim, a critério das autoridades municipais, pode ser necessário ou não a elaboração de EIA - Estudos de Impacto Ambiental - para autorização da licença de operação de um heliponto.

São Paulo, a cidade com maior número de helipontos privados do país, recentemente instituiu a obrigatoriedade do licenciamento da atividade utilizando o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV-RIV) no caso de helipontos, ou o Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) no caso de heliportos. A Lei nº 15.003, de 23 de outubro de 2009, regulamentada sob o Decreto nº 50.943, estabeleceu procedimentos mais criteriosos para a construção, instalação, reforma, ampliação e utilização de heliportos e helipontos no município.

Dentre as avaliações ambientais que integram o processo de obtenção da licença de uso do heliponto em São Paulo, destaca-se a exigência do estudo urbanístico solicitado pela Prefeitura Municipal denominado Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV-RIV). Este

instrumento foi estabelecido pelo Estatuto da Cidade, Lei Federal nº 10.257/2001, e tem se tornado obrigatório em muitos dos municípios brasileiros. O EIV, como é usualmente chamado, deve ser elaborado pelo empreendedor, sendo analisado e aprovado pelo poder público. O estudo deve atender, no mínimo, questões relacionadas com o adensamento populacional, equipamentos urbanos e comunitários, uso e ocupação do solo, geração de tráfego e demanda por transporte público, ventilação e iluminação, paisagem urbana e cultural.

O EIV de helipontos empreendido em São Paulo deverá abranger uma área de raio de 250m (duzentos e cinquenta metros), cotados a partir da laje de pouso e decolagem do heliponto. O estudo deve relatar a situação urbana no entorno do aeródromo, e considerar os efeitos positivos e negativos da atividade na qualidade de vida da população residente na área e suas proximidades. Além dos quesitos mencionados anteriormente, o EIV inclui a avaliação do impacto sonoro no entorno do heliponto, e as seguintes questões devem ser atendidas:

- Ruído emitido pelo pouso e decolagem de helicópteros no heliponto ou heliporto, com base no maior helicóptero previsto para o local;
- Ruído ambiente do local de implantação, medido em dia útil, durante o período proposto para funcionamento do heliponto ou heliporto;
- Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, bem como daquelas intensificadoras dos impactos positivos.
- Indicação de horário de funcionamento, dentro do período compreendido de 6 às 23 horas, definido em função dos usos existentes e características da região, de forma a minimizar o incômodo sonoro;
- Mapeamento dos estabelecimentos sensíveis ao ruído, tais como, unidades de ensino, saúde, creches, asilos, orfanatos, sanatórios, casas de repouso e geriátricas e equipamentos públicos relevantes, localizados nas áreas de raio de 300 m e 500m cotados a partir da laje de pouso e decolagem do heliponto;
- Avaliação do nível de pressão sonora resultante das operações do heliponto ou heliporto, de acordo com o disposto nas normas técnicas brasileiras, bem como nas disposições legais referentes ao tema, não podendo o ruído emitido pelo helicóptero

ultrapassar o limite máximo de 95 decibéis na operação de pouso e decolagem, medidos na plataforma;

- Indicação do número de pousos e decolagens diárias, com análise dos helipontos e heliportos nas imediações do imóvel objeto de exame, de forma a compatibilizar o nível de pressão sonora ocasionado pela operação dos mesmos com o permitido para a região de implantação.

Por ser uma atividade que contém alto grau de especificidade, a análise dos impactos sonoros deste tipo de implantação ainda é carente de instrumentos que permitam uma adequada avaliação (BATISTA, 2003).

3.3 Normas e legislações

Os critérios de controle de ruído em comunidades sob o ponto de vista da legislação aeronáutica e da legislação urbana são estabelecidos, respectivamente, através do:

- RBAC 161 – Regulamento Brasileiro de Aviação Civil nº 161: Planos de Zoneamento de Ruído de Aeródromos;
- ABNT NBR 10.151 – Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade.

3.3.1 Legislação aeronáutica: Os Planos de Zoneamento de Ruído

O CBA, estabelece que as propriedades vizinhas dos aeródromos estão sujeitas a restrições especiais. Estas restrições são relativas ao uso das propriedades quanto as edificações, instalações, culturas agrícolas e objetos de natureza permanente ou temporária, e tudo mais que possa dificultar as operações de aeronaves ou causar interferência nos sinais dos auxílios à rádio-navegação ou dificultar a visibilidade de auxílios visuais.

As restrições para coibir a implantação de empreendimentos inadequados nas áreas de entorno do aeródromo (aeroportos, heliportos e helipontos) foram estabelecidas na

Portaria Nº 1.141/GM5, de 8 de dezembro de 1987, fundamentadas na Lei Nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986 (CBA).

A referida Portaria estabelecia restrições de ocupação do solo através dos planos discriminados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Planos da Legislação Aeronáutica.

Planos	Tipo de restrições
Zona de proteção	Gabaritos de alturas das edificações.
Zoneamento de ruído	Restrições de uso do solo em função do nível de ruído.
Zona de proteção de helipontos	Gabaritos de alturas das edificações, exclusivamente para helipontos.
Proteção e Auxílios à Navegação Aérea	Restrições ao aproveitamento de propriedades dentro da Zona de Proteção de um auxílio à navegação aérea.

Em 2011, a Portaria Nº1.141/GM5 foi substituída pela:

- Portaria Nº 256/GM5 de 13 de maio de 2011, que dispõe sobre as restrições relativas às implantações que possam afetar a segurança das operações aéreas;
- Regulamento Brasileiro de Aviação Civil nº 161, de 28 de setembro de 2011, que dispõe sobre os Planos de Zoneamento de Ruído e questões relacionadas ao ruído aeronáutico na aviação civil.

As ações dos planos da aeronáutica, em geral, apresentam dificuldade quanto a sua implementação, pois extrapolam os limites da área patrimonial do aeródromo incidindo sobre propriedade de terceiros, particulares ou públicos. A situação se agrava em áreas cuja urbanização se encontra consolidada, principalmente, com atividades incompatíveis com as operações aeronáuticas.

No controle da ocupação do solo na região próxima do aeródromo conta-se com a atuação das prefeituras. Por serem detentoras do poder de legislar e planejar o uso do solo urbano municipal compete à prefeitura a incorporação das restrições impostas pela legislação aeronáutica em suas leis de parcelamento e ocupação do solo.

- **O Zoneamento em função do ruído**

O RBAC 161, define que o Plano de Zoneamento de Ruído é um documento que representa geograficamente o impacto do ruído aeronáutico decorrente das operações de um aeródromo. É composto por curvas de nível de ruído que delimitam áreas de planejamento e tem por objetivo “ser o instrumento que possibilita preservar o desenvolvimento dos aeródromos em harmonia com as comunidades localizadas em seu entorno.”

Todo o aeródromo deve ter obrigatoriamente um PZR cadastrado pela ANAC, e cabe ao administrador do aeródromo a elaboração deste PZR. Após o registro, o administrador é o principal responsável por manter as áreas do entorno do aeródromo, em conformidade com o PZR aprovado. Na antiga Portaria N°1.141/GM5 tais atribuições cabiam às autoridades aeronáuticas, mas a nova regulação redefiniu as competências.

O tipo de PZR a ser aplicado é definido em função da média anual de movimentos de aeronaves. Para aeródromos com média anual superior a 7.000 movimentos deve ser aplicado o PEZR.

Cumpra-se observar que apesar da atual regulação aeronáutica prever o cadastramento de todos os PZR, apenas as curvas de ruído do PEZR estão sujeitas à validação e aprovação da ANAC. Não exige-se aprovação das curvas do PBZR por se tratar de curvas com geometria simplificada, e previamente definidas pela Agência.

3.3.2 O Plano Básico de Zoneamento de Ruído

O PBZR é um plano simplificado que não exige elaboração de estudos detalhados, sendo utilizadas duas curvas de ruído com geometria pré-estabelecidas conforme apresentadas nas Figuras 3.1 e 3.3.

O PBZR é composto das curvas de ruído 75 e 65 que delimitam três áreas de planejamento, do seguinte modo:

- Na área de curva de ruído 75, mais próxima do aeródromo, os níveis sonoros previstos são superiores ao DNL 75dB(A) o que pode ocasionar sérios problemas de incômodo. Nesta área, a maior parte das atividades urbanas são proibidas.
- Na área da curva de ruído 65, os níveis sonoros previstos variam de DNL 75 dB(A) a 65 dB(A) e várias atividades urbanas são permitidas mediante tratamento acústico, inclusive unidades de saúde. O uso residencial e educacional estão proibidos, mas poderão ser permitidos em situações especiais, mediante elaboração de tratamento acústico.
- Na área externa à curva de ruído 65, conforme já mencionado, a legislação aeronáutica não impõe restrições e o uso residencial e ensino são permitidos.

As restrições ao uso do solo para as áreas abrangidas pelo PBZR são definidas na Subparte E do RBAC 161, conforme representado na Tabela 3.4.

- **Aplicação do PBZR em aeroportos**

As dimensões das curvas de 75 e 65 do PBZR de aeroportos são obtidas por meio do enquadramento da pista em uma das quatro classes especificadas na Tabela 3.2, considerando o número de movimentos de aeronaves no ano anterior. As configurações das curvas são definidas conforme a Figura 3.1.

Segundo RBAC 161, apesar do dimensionamento do PBZR ser realizado tomando como referência o número atual de movimentos, as dimensões das curvas são abrangentes, pois correspondem a projeções futuras das características operacionais do aeroporto.

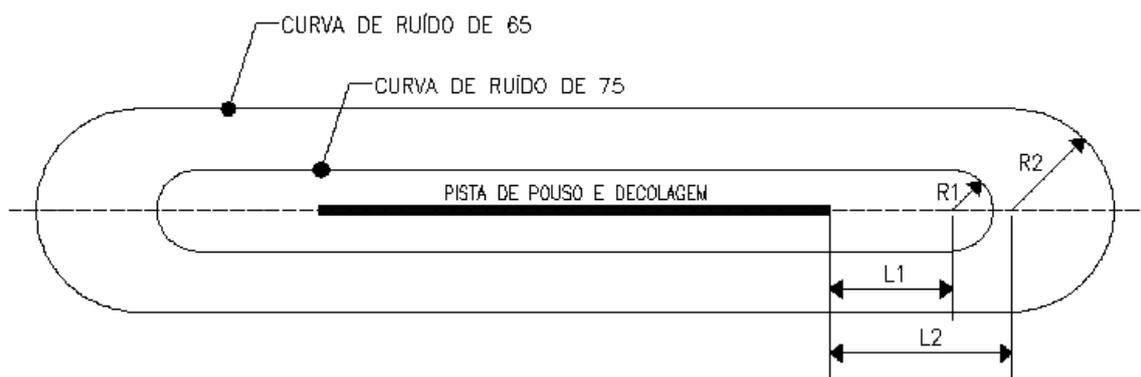


Figura 3.1: Curvas de ruído 75 e 65 do PBZR de aeroportos (Curvas de ruído 1 e 2 da antiga Portaria N°1.141/GM5).

Tabela 3.2: Dimensões (em metros) das Curvas de Ruído de 75 e 65

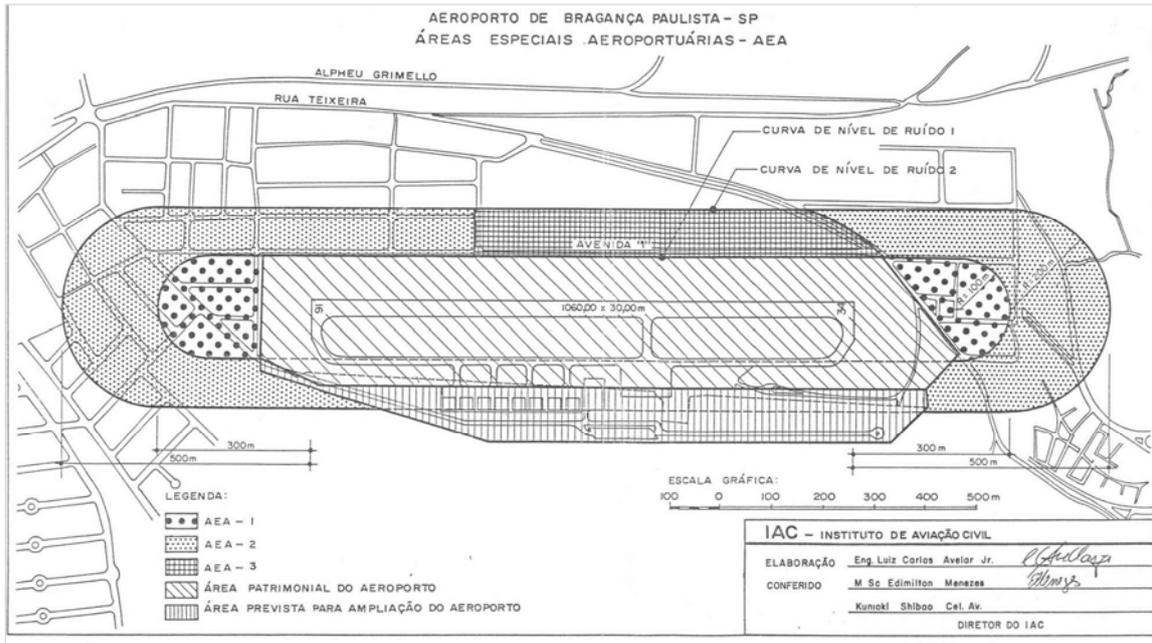
Movimento anual	Classe(*)	L1	R1	L2	R2
Até 400	1	70	30	90	60
De 401 a 2.000	2	240	60	440	160
De 2.001 a 4.000	3	400	100	600	300
De 4.001 a 7.000	4	550	160	700	500

(*) Nota : As classes ou códigos de pista 1, 2, 3 e 4 classificam o aeroporto em função do comprimento básico da pista, conforme descrito Tabela 3.3 (Portaria N°1.141/GM5).

Tabela 3.3: Códigos de pista do aeroporto.

Código da pista	1	2	3	4
Comprimento da pista	Menor que 800m	De 800m até 1.200m	De 1.200 até 1.800m	1.800 ou maior

Observa-se que o dimensionamento do PBZR de aeroportos leva em consideração suas características operacionais pois a classificação da pista, define o número de movimentos, o percentual de voos noturnos e modelos de aeronaves que podem operar no local. A Figura 3.2 mostra como exemplo o Plano de Zoneamento de Ruído do Aeroporto de Bragança Paulista, aprovado pela Portaria N° 154/GM5, de 29 de fevereiro de 1988.



Figuras 3.2: Plano de Zoneamento de Ruído do Aeroporto de Bragança Paulista, aprovado pela Portaria N° 154/GM5, de 29 de fevereiro de 1988 (Fonte: ANAC).

- **Aplicação do PBZR em helipontos**

Conforme representado na Figura 3.3, as curvas de ruído 75 e 65 em helipontos são círculos com raios de 100m e 300m , respectivamente, traçadas a partir do centro da área de toque.

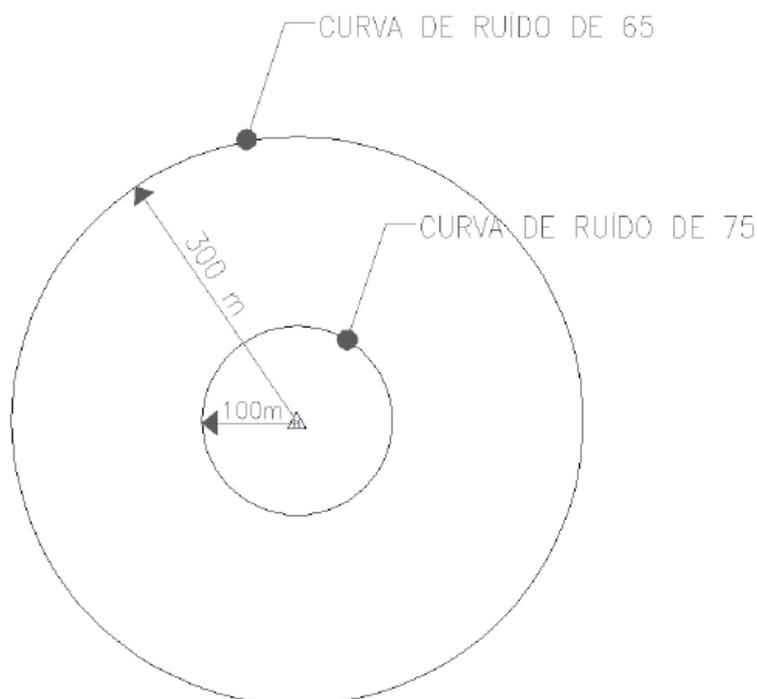


Figura 3.3: Curvas de ruído 75 e 65 do PBZR de helipontos (Curvas 1 e 2 da antiga Portaria N°1.141/GM5).

As configurações do PBZR para helipontos foram fixados em 1987, na Portaria N°1.141/GM5, e não apresentam alterações no atual regulamento aeronáutico. Ao contrário dos aeroportos, as curvas de ruído para helipontos possuem dimensões fixas e não há considerações às suas características operacionais. O PBZR é, portanto aplicável a todos os tipos de helipontos com até 7.000 movimentos por ano (19 operações diárias), e para movimentações superiores, deve-se aplicar o PEZR.

Tabela 3.4: Restrições ao uso do solo no PBZR.

Uso do Solo	Níveis sonoros em DNL		
	Abaixo de 65 dB(A)	65 – 75 dB(A)	Acima de 75 dB(A)
Residencial			
Residências uni e multifamiliares	S	N (1)	N
Alojamentos temporários	S	N (1)	N
Locais de permanência prolongada	S	N (1)	N
Usos Públicos			
Educacional	S	N (1)	N
Saúde	S	30	N
Igrejas, auditórios e salas de concerto	S	30	N
Serviços governamentais	S	25	N
Transportes	S	25	35
Estacionamentos	S	25	N
Usos Comerciais e Serviços			
Escritórios, negócios e profissional liberal	S	25	N
Comércio atacadista	S	25	N
Comércio varejista	S	25	N
Serviços de utilidade pública	S	25	N
Serviços de comunicação	S	25	N
Usos Industriais e de Produção			
Indústrias em geral	S	25	N
Indústrias de precisão (Exemplo: fotografia,	S	25	N
Agricultura e floresta	S	S (3)	S (4)
Criação de animais, pecuária	S	S (3)	N
Mineração e pesca	S	S	S
Usos Recreacionais			
Estádios de esportes ao ar livre, ginásios	S	S	N
Conchas acústicas ao ar livre e anfiteatros	S	N	N
Exposições agropecuárias e zoológicos	S	N	N
Parques, parques de diversões, acampamentos	S	S	N
Campos de golf, hípicas e parques aquáticos	S	25	N

Legenda:

S (Sim) = usos do solo e edificações compatíveis sem restrições;

N (Não) = usos do solo e edificações não compatíveis.

25, 30, 35 = Medidas de redução de nível de ruído – RR que devem ser incorporadas no projeto/construção das edificações onde houver permanência prolongada de pessoas.

(1) Sempre que os órgãos determinarem que os usos devam ser permitidos, devem ser adotadas medidas para atingir uma redução de nível de ruído de pelo menos 25 dB(A);

- (2) Edificações residenciais requerem uma RR de 25 dB(A);
- (3) Edificações residenciais requerem uma RR de 30 dB(A);
- (4) Edificações residenciais não são compatíveis.

3.3.3 O Plano Específico de Zoneamento de Ruído

O PEZR é obrigatoriamente aplicado em aeródromos cujo número de movimentos é superior a 7.000 por ano, e à critério do operador do aerodromo, sempre que julgar necessário, o PEZR pode ser elaborado para substituir o PBZR.

O PEZR é composto das curvas de ruído DNL 85, 80, 75, 70 e 65dB (A) que delimitam seis áreas de planejamento. Do mesmo modo que no plano básico, o uso residencial e educacional estão proibidos nas áreas do PEZR onde os níveis sonoros são superiores ao DNL 75 dB(A), e permitidos mediante tratamento acústico, nas áreas onde os níveis variam do DNL 75 dB(A) a 65 dB(A).

As restrições ao uso do solo para estas áreas abrangidas pelo PEZR são definidas na Subparte E do RBAC 161, conforme representado Tabela 3.5.

As curvas de ruído do PEZR são calculadas por meio do programa computacional INM, utilizando como dados de entrada as características físicas e operacionais do aeródromo, resultando deste modo, configurações de curva de ruído e restrições de uso do solo distintas para cada aeródromo. Basicamente, os parâmetros de cálculo para geração das curvas de ruído são:

- Configurações da pista (número de pistas existentes e planejadas, dimensões e coordenadas geográficas das cabeceiras);
- Elevação do aeródromo;
- Temperatura de referência do aeródromo;
- Previsão do número de movimentos por cabeceira;

- Previsões de movimentos por tipo de aeronave em cada rota, segregadas em períodos diurno e noturno;
- Trajetórias de pouso e decolagem específicas para o aeródromo.

As Figuras 3.4 e 3.5 mostram como exemplo o PEZR em vigor no Aeroporto Pinto Martins – Fortaleza, aprovado pela Portaria DAC nº 1053/DGAC, de 31 de dezembro de 1997. Em Fortaleza, as restrições de uso do solo do aeroporto foram incluídas no âmbito da legislação municipal, e os contornos das curvas de ruído foram ajustados à malha urbana tomando a forma dos logradouros, para facilitar a adequação do PEZR com a legislação de uso e ocupação do solo existente.

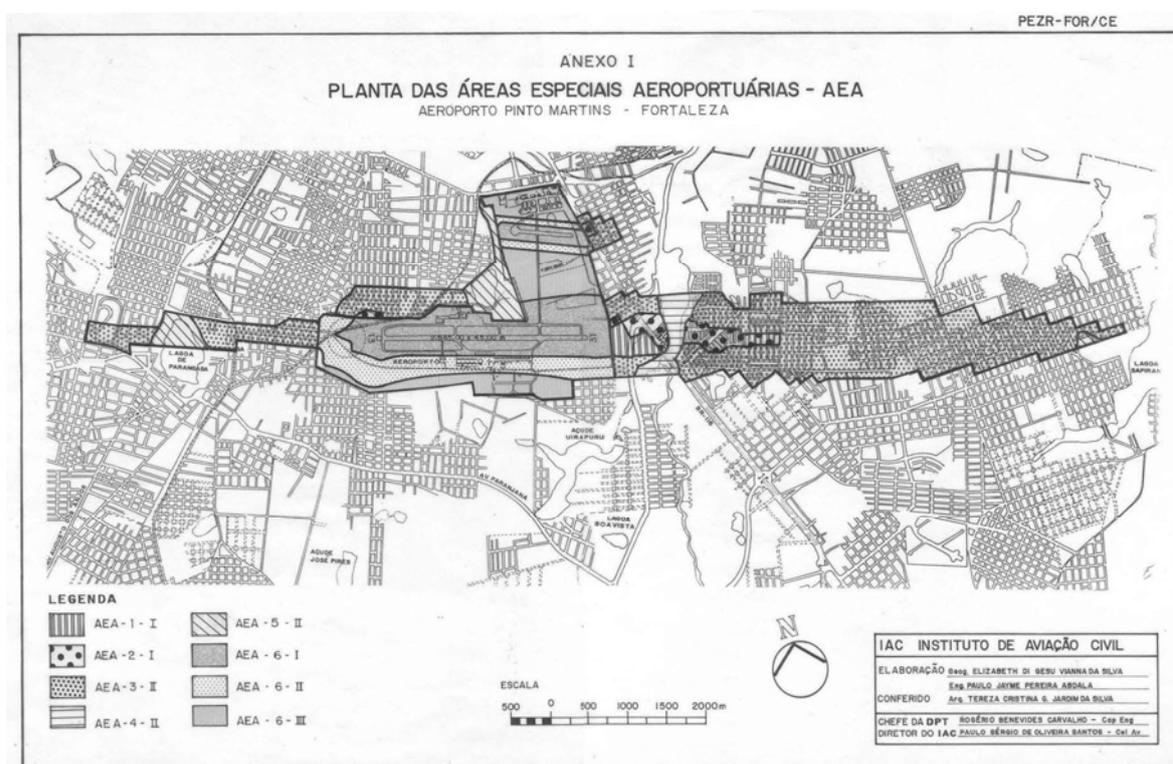


Figura 3.4: PEZR em vigor no Aeroporto Pinto Martins – Fortaleza, aprovado pela Portaria DAC nº 1053/DGAC de 31 de dezembro de 1997.

ÁREAS ESPECIAIS AEROPORTUÁRIAS -AEA-	CATEGORIAS DE USOS	
	PERMITIDOS COM RESTRIÇÕES	PROIBIDOS
AEA-01-I	CA (1) – SOE (1) – SUP (2) IA (3) – ECL (4) – UA (5)	R – M – CV – INF – CSM H – PS – SAL – SP – SE SS – SB – II – IN – EAG EDS – EAR – EAI – EVP
AEA –02 –I	CA (1) – SOE (1) – SUP (2) IA (3) – ECL (4) – UA (5)	(6) R – M – CV – INF – CSM H – PS – SAL – SP – SE SS – SB – II – IN – EAG EDS – EAR – EAI – EVP
AEA-03-II	R (7) (8) – M (9) – CV (10) – CA (10) INF (10) – CSM (10) – H (10) (11) PS (10) – SAL (10) (12) – SP (10) – SOE (10) SUP (10) – SB (10) – IA (3) – EAG (10) ECL (4) – EVP (3) – EAT (3) – UA (5)	SE – SS (14) – II – IN EDS (15) – EAR (16) EAI
AEA-04-II	ÁREA DE PRESERVAÇÃO	
AEA-05-II ÁREA DE PROTEÇÃO	CV (10) – PS (10) – SAL (10) (12) SP (10) – SUP (10) – ECL (4) – UA (5)	R (16) – M (17) – CA INF – CSM – H – SOE SE – SS – SB – IA – II IN – EAG – EDS – EAR EAI – EVP – EAT
AEA-06-I/II	Área Patrimonial: Determinadas atividades poderão ser permitidas, ou permitidas com restrição, mediante análise especial e aprovação do Departamento de Aviação Civil – DAC.	R – M – SE – SS – EAG EAR – EDS – EAI
AEA-06-III	Área Patrimonial do Aeroporto: Nesta área não é recomendável a implantação de atividades que gerem grande demanda e concentração de pessoas.	

Figura 3.5: Quadro de usos do solo do PEZR em vigor no Aeroporto Pinto Martins – Fortaleza.

Tabela 3.5: Restrições ao uso do solo no PEZR.

Uso do Solo	Níveis sonoros em dB(A), DNL					
	Abaixo de 65	65 - 70	70 - 75	75 - 80	80 - 85	Acima de 85
Residencial						
Residências uni e multifamiliares	S	N (1)	N (1)	N	N	N
Alojamentos temporários	S	N (1)	N (1)	N (1)	N	N
Locais de permanência prolongada	S	N (1)	N (1)	N	N	N
Usos Públicos						
Educacional	S	N (1)	N (1)	N	N	N
Saúde	S	25	30	N	N	N
Igrejas, auditórios e salas de concerto	S	25	30	N	N	N
Serviços governamentais	S	S	25	30	N	N
Transportes	S	S	25	30	35	35

Estacionamentos	S	S	25	30	35	N
Usos Comerciais e serviços						
Escritórios, negócios e profissional liberal	S	S	25	30	N	N
Comércio atacadista.	S	S	25	30	35	N
Comércio varejista	S	S	25	30	N	N
Serviços de utilidade pública	S	S	25	30	35	N
Serviços de comunicação	S	S	25	30	N	N
Usos Industriais e de Produção						
Indústrias em geral	S	S	25	30	35	N
Indústrias de precisão	S	S	25	30	N	N
Agricultura e floresta	S	S (2)	S (3)	S (4)	S (4)	S (4)
Criação de animais, pecuária.	S	S (2)	S (3)	N	N	N
Mineração e pesca.	S	S	S	S	S	S
Usos Recreacionais						
Estádios de esportes ao ar livre, ginásios.	S	S	S	N	N	N
Conchas acústicas ao ar livre e anfiteatros	S	N	N	N	N	N
Exposições agropecuárias e zoológicas	S	S	N	N	N	N
Parques, parques de diversões,	S	S	S	N	N	N
Campos de golfe, hípicas e parques	S	S	25	30	N	N

Legenda:

S (Sim) = usos do solo e edificações compatíveis sem restrições;

N (Não) = usos do solo e edificações não compatíveis.

25, 30, 35 = Medidas de redução de nível de ruído – RR que devem ser incorporadas no projeto/construção das edificações onde houver permanência prolongada de pessoas.

(1) Sempre que os órgãos determinarem que os usos devam ser permitidos, devem ser adotadas medidas para atingir uma redução de nível de ruído de pelo menos 25 dB(A);

(2) Edificações residenciais requerem uma RR de 25 dB(A);

(3) Edificações residenciais requerem uma RR de 30 dB(A);

(4) Edificações residenciais não são compatíveis.

3.3.4 Critério de avaliação do ruído de acordo com o PZR

O Plano de Zoneamento de Ruído é um instrumento de planejamento, que caracteriza o aeródromo como uma fonte sonora. A definição dos usos do solo compatíveis e incompatíveis nas áreas de abrangência do PZR ocorre em função dos níveis sonoros gerados pelo aeródromo, na métrica DNL .

O DNL é o nível sonoro equivalente calculado para o período de 24 horas, com a adição de 10 dB (A) aos níveis sonoros durante o período noturno. A penalidade de 10 dB (A) é aplicada tendo em conta a maior sensibilidade das pessoas ao ruído no período noturno. O uso desta métrica é bem fundamentado, devido as várias pesquisas sociais que relacionam o percentual da população altamente incomodada pelo ruído e os valores em DNL.

As diretrizes da política de controle de ruído aeronáutico adotadas no Brasil e em muitos outros países foram estruturadas com base na pesquisa publicada por Shultz em 1978. O estudo pioneiro sobre a reação da comunidade ao ruído de vários meios de transporte, resultou no gráfico apresentado na Figura 3.6 e que relaciona percentuais de pessoas “altamente incomodadas” e níveis sonoros expressos em DNL. Na década de 90, a metodologia foi re-validada pela FICON – *Federal Interagency Committee on Noise*, FIDEL (1991), FINEGOLD (1994), MIEDENA (2001), dentre outros, sendo posteriormente adaptada por diversas agências.

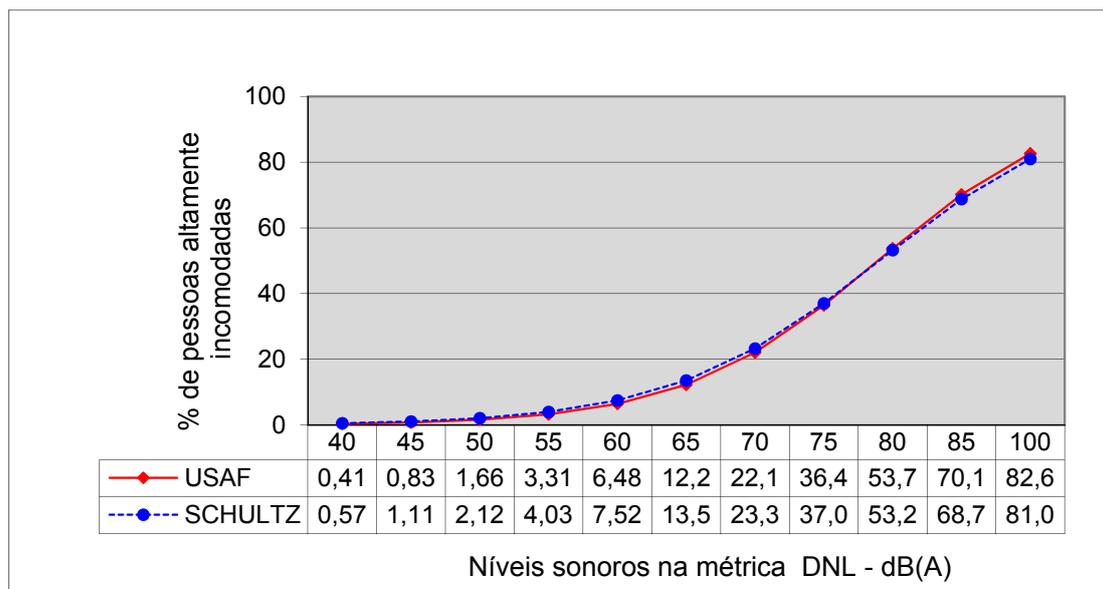


Figura 3.6: Relação entre percentual de pessoas altamente incomodadas e níveis sonoros em DNL.

No Brasil, os critérios de ruído da aeronáutica incidem em toda a região situada entre o limite patrimonial do aeródromo e a curva de ruído DNL 65dB(A) do PZR. Fora da curva de 65 dB (A) não estão previstos usos do solo incompatíveis, pois considera-se que níveis inferiores ao DNL 65 dB(A) não chegam a provocar incômodo significativo sobre as populações locais.

Por consequência, a curva DNL 65 dB(A) é a linha utilizada para definir as áreas impactadas ou não, pelo ruído das aeronaves, e as avaliações de impacto ambiental sonoro no entorno do aeródromo são elaboradas com base neste limite.

Contudo, atualmente, é consenso entre os planejadores que os residentes nas áreas externas da curva DNL 65dB(A) são os que mais fazem pressões para impor restrições operacionais e oposição ao crescimento ao aeroporto. Na maioria, estes reclamantes residem sob as rotas de voo ou na área compreendida entre, as curva de ruído DNL 65dB(A) e 55dB(A) (SOUTHGATE, 2004).

Em reconhecimento a este fato, o governo americano decidiu permitir a utilização de outras métricas de avaliação do ruído aeronáutico, denominadas “métricas suplementares”. Contudo, a intenção não foi substituir o uso do DNL nem a linha limite de ruído 65 dB(A). O documento *Order 1050.1E - Environmental Impacts: Policies and Procedures*, de março de 2006, estabelece que caso necessário, as métricas

suplementares podem ser utilizadas, mas apenas para auxiliar as avaliações feitas com o DNL. A seleção das métricas auxiliares a serem utilizadas depende das circunstâncias envolvidas em cada estudo.

3.3.5 Legislação brasileira sobre ruído em comunidade: A Norma NBR 10.151

A emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais ou recreativas, inclusive as de propaganda política, deve obedecer os padrões, critérios e diretrizes estabelecidas na Resolução CONAMA Nº 001, de 8 Março de 1990. Esta Resolução, indica a norma NBR 10151 para medição e avaliação do ruído em comunidade, e determina que serão considerados prejudiciais à saúde e ao sossego público, os ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela NBR 10151 – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

Por ser referida pelo CONAMA, a aplicação da norma NBR 10151 tornou-se obrigatória em todo território nacional. Contudo, nem todos os municípios brasileiros a utilizam integralmente, alguns a utilizam em parte como referência para elaboração de sua legislação sobre ruído urbano (ROCHA, 2009).

A NBR 10151 adota a métrica LAeq (Nível sonoro equivalente), e define níveis críticos para avaliação da aceitabilidade do ruído, em ambientes externos, em função da atividade e do período do dia, conforme definido na Tabela 3.6.

Os limites de horário para o período diurno e noturno da NBR 10151 podem ser adaptados em função da localidade e hábitos da população. Contudo, recomenda que o período noturno deve ser considerado, no mínimo, como o compreendido entre as 22:00 hs e 7:00 hs do dia seguinte, a menos das manhãs de domingos e feriados, quando o término do período deve ser prorrogado até as 9:00hs.

Sendo assim, no caso do ruído aeroportuário, são definidas e adotadas no Brasil duas métricas derivadas do nível sonoro equivalente:

- LAeqD cujo o tempo de avaliação é de 7h as 22h;
- LAeqN cujo o tempo de avaliação é de 22h as 7h do dia seguinte.

Tabela 3.6: - Valores NCA (Nível de critério de avaliação) da NBR 10151 para ambientes externos, em dB(A).

Tipos de áreas	NCA	NCA
	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas.	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas.	50	45
Área mista, predominantemente residencial.	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa.	60	55
Área mista, com vocação recreacional.	65	55
Área predominantemente industrial.	70	60

O método de avaliação da NBR 10151 envolve medições do nível de ruído ambiente, denominado Lra. Por definição Lra é o nível sonoro equivalente (LAeq), medido na ausência do ruído gerado pela fonte sonora em questão.

O valor do Lra medido deve ser comparado com os valores definidos como aceitáveis pela norma: NCA diurno e NCA noturno. Se o Lra for superior, os valores de Lra devem prevalecer aos da norma, e o Lra assume o valor do NCA.

Na maioria dos casos, as avaliações de incômodo da condição de conforto são feitas com base nos valores medidos do nível de ruído ambiente – Lra. Usualmente, em áreas urbanas os níveis sonoros são mais elevados que os valores NCA, devido principalmente ao ruído gerado pelo tráfego rodoviário, e os valores medidos do Lra (nível de ruído ambiente) quase sempre prevalecem aos da norma.

O nível de ruído ambiente (Lra) é considerado por muitos, o parâmetro mais adequado para se obter uma melhor avaliação do incômodo limite de conforto à comunidade. Porém é preciso ter em conta, que este parâmetro apresenta grande variabilidade ao

longo do dia. Assim, um evento pouco ruidoso, mas que ocorre nos horários mais calmos pode gerar um grande incômodo, por exemplo.

A norma também especifica métodos de medições de sonora para ambientes externos e internos, e detalha procedimentos de correção e avaliação dos níveis medidos. Porém é flexível em relação ao período de tempo da medição, apenas recomenda que este período seja escolhido de forma a caracterizar o ruído em análise.

3.3.6 As divergências entre as Legislações e as consequências na cidade.

As duas legislações que regulamentam a emissão de ruído na vizinhança do aeródromo não apresentam nenhuma relação entre si. As principais divergências são relacionadas com os métodos de avaliação do ruído e quase sempre causam dúvidas e desentendimentos entre as autoridades, administradores do aeroporto e a sociedade em geral.

Os conflitos entre as legislações federais podem ser relacionados do seguinte modo:

- **Uso de métricas de ruído distintas**

A norma NBR 10151 adota a métrica LAeq para os períodos diurno e noturno e o tempo de avaliação pode ser de até 15h e 9h, respectivamente. Estes critérios estabelecem diferenças entre o impacto do ruído durante o período diurno e noturno. No caso do ruído aeroportuário adota-se todo o período diurno associado a LAeqD e todo o período noturno associado a LAeqN.

A regulação aeronáutica adota a métrica DNL, cujo tempo de avaliação é 24hs e as curvas de ruído que representam geograficamente o impacto do movimento das aeronaves são calculadas considerando um período único.

- **Limites sonoros para áreas residenciais**

De acordo com os valores NCAs da NBR 10151, é recomendável que áreas com ocupação residencial não sejam expostas a níveis sonoros acima de LAeqD 55, durante o dia, e LAeqN 50, durante à noite (condição de conforto) . Já pelos critérios do PZR, a ocupação residencial é permitida em regiões com nível de ruído aeronáutico de até DNL 65, que corresponde a área externa da curva de 65 do PZR (condição de aceitabilidade). Nestes termos, não há como determinar a real extensão das áreas impactadas pelo ruído das atividades do aeródromo na sua vizinhança. Somente através da conversão de métricas calculadas por simulações acústicas, é possível determinar com exatidão a área de influência de acústica do aeródromo.

A consequência destas divergências é que o PZR permite a ocupação residencial de áreas que, pela NBR 10151, não seriam adequadas a este fim (ROCHA, 2009).

4. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO E CONTROLE DO RUÍDO DE HELICÓPTEROS

Este trabalho propõe uma nova abordagem para avaliação e controle do ruído gerado pelo tráfego de helicópteros em áreas urbanas, com base no mapeamento de ruído de receptores críticos, análise multicritério dos níveis de ruído no receptor, e dimensionamento dos limites operacionais do empreendimento priorizando as características e a sensibilidade ambiental de sua vizinhança.

Foram considerados como receptores críticos os locais sensíveis ao ruído, cujas atividades normais podem ser prejudicadas pelo ruído aeronáutico, como residências, estabelecimentos relacionados com o ensino e a saúde.

O estudo dos receptores críticos é empreendido com base em simulações acústicas do ruído aeronáutico, no programa INM 7.0, em várias métricas, com base em suas coordenadas geográficas.

Trata-se da caracterização, através de simulações via INM, dos níveis sonoros em receptores predefinidos, equivalente a uma campanha de monitoração, porém o número de receptores que podem ser caracterizados é muito maior.

Devido à extensão das áreas afetadas pelo ruído aeronáutico, a modelagem computacional é a ferramenta mais indicada para a melhor compreensão e análise do incômodo sonoro gerado pelo tráfego aéreo. O programa INM 7.0 tem ampla aceitação no meio aeroportuário, e seus dados acústicos são provenientes do processo de certificação de aeronaves. A partir destes dados, o software calcula os níveis de ruído emitidos por uma aeronave em diversos procedimentos de pouso e decolagem.

A versão do programa, criada em 2007, integrou a metodologia de cálculo de ruído de helicópteros em conjunto com a de aviões. Atualmente, este software é uma das poucas

ferramentas disponíveis para prever o impacto sonoro em aeroportos onde operam ambos os tipos de aeronaves, asa-fixa e asa-móvel.

O processo de tomada de decisões relacionadas ao controle de ruído do tráfego aéreo exige a participação de diversos setores, tais como operadores do aeródromo, autoridades aeronáuticas, órgãos públicos, prefeituras, pilotos e companhias aéreas, e consultas às populações afetadas. Estas situações envolvem pontos de vista conflitantes e parâmetros divergentes de avaliação do incômodo sonoro. Nestes casos, a adoção de uma abordagem multicritérios de análise dos níveis de ruído apresenta-se como opção mais adequada para que estas diversidades sejam integradas.

Por estes motivos, no estudo dos pontos receptores considera-se a análise, em simultâneo, dos níveis levantados em várias métricas e critérios de ruído distintos. A metodologia proposta permite a comparação entre as métricas utilizadas no PZR, com as métricas utilizadas na norma NBR 10151, e ao mesmo tempo, considerar critérios de conforto acústico no recinto interno dado pela NBR 10152.

Para facilitar as consultas, os níveis de ruído obtidos nos receptores são apresentados na forma de planilhas que mostram uma síntese dos resultados obtidos, em cada ponto.

Os levantamentos completos de dados acústicos nos receptores, coleta de dados urbanos e ambientais do aeródromo, são introduzidos no Sistema de Informações Geográficas Transcad 5.5, também com o objetivo de facilitar a consulta e comparação dos resultados.

O mapeamento de receptores críticos, como metodologia para avaliação de impacto sonoro do tráfego de helicópteros, consiste em duas etapas principais:

1ª ETAPA – Diagnóstico ambiental sonoro com o emprego do INM

Na primeira etapa é feito um diagnóstico inicial a partir dos dados de movimentos de aeronaves no aeródromo e as suas características. São elaborados mapas de ruído com o

objetivo de delimitar a área de estudo, identificar os receptores críticos e áreas de conflito com as legislações de poluição sonora pertinente.

Nesta etapa é necessário um pré-processamento das informações obtidas em levantamentos de dados urbanos, operacionais e cartográficos.

2ª ETAPA – Dimensionamento de medidas de controle de ruído

Nesta etapa adota-se o conceito da Matriz de Exposição Sonora para análise mais detalhada dos níveis de exposição sonora por movimentos de aeronaves, e seus efeitos nos locais identificados como os mais afetados pelo ruído aeronáutico. Com este propósito, utiliza-se a métrica SEL para caracterizar a imissão sonora de cada aeronave com relação aos receptores escolhidos.

Em função do problema de ruído identificado, são apresentadas definições de limites operacionais, de modo a adequar os níveis de ruído da atividade nos pontos receptores, com os valores definidos pela normas e legislações de poluição sonora aplicáveis ao local.

4.1 Diagnóstico ambiental sonoro (1ª etapa).

Descrição dos procedimentos adotados:

4.1.1 Levantamentos de dados

operacionais:

- Composição da frota – as aeronaves que não constam no banco de dados do INM devem ser substituídas por outras de mesmo desempenho acústico;
- Definição do número de movimentos no período diurno e noturno, por rotas – no caso de aeroportos, o percentual de utilização de rotas é obtido a partir dos dados de tráfego aéreo fornecidos pela INFRAERO;

- Definição das rotas – os helicópteros operam em condições de voo visuais e as rotas praticadas não são encontradas em cartas de voo. Assim, as configurações das rotas a serem utilizadas nas simulações são determinadas através de visitas técnicas ao local, consultas aos pilotos e aos responsáveis pelo controle de tráfego do aeródromo;
- Adequação dos perfis operacionais dos helicópteros – os helicópteros possuem diversas capacidades operacionais e cada modo de voo possui características acústicas distintas e apresentam variações, em função da altitude, velocidade e peso máximo de decolagem do modelo de helicóptero. As curvas de ruído refletem tais características e são sensíveis a todas as mudanças introduzidas. Por estes motivos, o programa INM dispõe de perfis de voo padronizados que podem ser editados. Assim, sempre que possível, é importante realizar consultas aos pilotos sobre os modos operacionais de voo praticados no aeródromo. Estes dados podem apresentar variações por rota e natureza do voo (treinamento, turismo, transporte, etc).

4.1.2 Cálculo das curvas de ruído

As curvas de ruído são elaboradas para a situação atual ou prevista, considerando os dados operacionais do aeródromo, com os seguintes propósitos:

- Delimitação da área de estudo com base na norma ABNT NBR 10151: Considera-se a área de estudo como a região delimitada pelas curvas LAeqDia 50dB(A) e Curva LAeqNoite 45dB(A). Os valores utilizados correspondem a área estritamente residencial;
- Avaliação de acordo com o Plano de Zoneamento de Ruído:
 - Curva DNL75dB(A) e Curva DNL 65dB(A).
- Avaliação de acordo com a norma NBR 10.151:
 - Curvas LAeqDia, de 5 em 5 dB(A), a partir de 50dB(a) até 65 dB(A);
 - Curvas LAeqNoite, de 5 em 5 dB(A), a partir de 45dB(a) até 65 dB(A).

4.1.3 Levantamentos de bases cartográficas.

Os mapas são utilizados para cruzamento de dados com as curvas de ruído. Desta forma, são necessários mapas do zoneamento urbano para identificação dos usos do solo, que podem ser obtidos em sites da prefeitura, fotos de satélite ou mapas equivalentes para identificação das áreas ocupadas, mapa dos setores censitários disponibilizados pelo IBGE, para levantamentos e quantificação do incômodo causado à população.

4.1.4 Identificação e georreferenciamento dos receptores críticos.

A identificação das atividades sensíveis ao ruído contidas nas áreas de estudo pode ser realizada com auxílio dos aplicativos de georreferenciamento Google Earth, Wikimapia (<http://wikimapia.org>), e levantamentos de endereços de unidades de ensino e saúde obtidos nas seguintes fontes: Cadastro de escolas da rede pública e particular da Secretaria de Estado da Educação, Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES).

4.1.5 Simulações para determinação dos níveis de ruído nos receptores críticos

As simulações nos pontos receptores são realizadas com base em suas coordenadas geográficas, em várias métricas. Nesta etapa, é utilizada a função *Noise at location points* do programa INM para obter os dados individualizados dos receptores, e os dados de saída são apresentados em forma de planilhas.

4.1.6 Definição de critérios para avaliação do ruído no ponto receptor

São utilizados diversos critérios de análise de dados a partir dos quais é elaborado o diagnóstico do aeroporto:

4.1.6.1 Critério de avaliação com base no PZR

Utiliza-se a métrica DNL para verificar se o receptor está na região $DNL \leq 65\text{dB(A)}$ ou $DNL > 65\text{dB(A)}$. Tendo em vista que os PZR são produzidos para um horizonte de planejamento para até vinte anos, as curvas DNL 65dB(A) e 75dB(A) da situação atual do aeródromo são comparadas com as curvas previstas no PZR.

4.1.6.2 Critério de avaliação com base na Norma NBR 10151

São utilizadas as métricas LAeqD e LAeqN para classificar o nível sonoro no receptor de acordo com os valores NCA da Norma NBR10.151, anteriormente apresentados na Tabela 3.6.

Do mesmo modo, as curvas LAeqD e LAeqN 45, 50, 55, 60 e 65dB(A), elaboradas para a situação atual do aeródromo, são comparadas com os níveis máximos permitidos pelo zoneamento municipal.

4.1.6.3 Critério de avaliação com base na Norma NBR 10152

A norma NBR 10152 apresenta níveis de conforto e de aceitabilidade para recintos internos em função do tipo de atividade. A Tabela 4.1 apresenta apenas os valores recomendados para residências, estabelecimentos relacionados ao ensino, religião e saúde.

Tabela 4.1: Níveis de conforto e aceitabilidade, em dB (A), da NBR 10152 para ambientes internos

<i>Locais</i>	Níveis de conforto dB(A)	Níveis aceitáveis dB(A)
Hospitais		
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Cent. Cirúrgicos.	35	45
Laboratórios, Áreas para uso do público.	40	50
Serviços	45	55
Escolas		
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho.	35	45
Salas de aula, Laboratórios	40	50
Circulação	45	55
Residências		
Dormitórios	35	45
Salas de estar	40	50
Igrejas e Templos (Cultos meditativos)	40	50

(Fonte: ABNT)

Os níveis sonoros aceitáveis no recinto interno são convertidos para níveis sonoros para áreas externas, aplicando a correção +10dB(A) janela aberta, ou +15dB(A) janela fechada, estabelecida na NBR10151. Um estudo dos valores encontrados vai permitir verificar se os níveis de ruído aeronáutico no ponto receptor são compatíveis com a atividade desenvolvida no local.

Nesta avaliação, utiliza-se o **L_{aeq1h}** – Nível sonoro equivalente calculado para períodos de 1 hora, com os seguintes propósitos:

- Avaliar a influência dos movimentos das aeronaves durante o horário de funcionamento de escolas ou unidades de saúde;
- Determinar os horários mais críticos em relação ao ruído aeronáutico,
- Determinar o valor de atenuação dos níveis sonoros para áreas externas (controle de ruído na fonte);
- Indicar o valor de atenuação sonora de fachada para o edifício estudado (controle de ruído no receptor).

O banco de dados do programa INM não possui a métrica **L_{aeq1h}** e, portanto é necessário introduzir os parâmetros de cálculo da nova métrica nas simulações

computacionais a serem realizadas. A função *Setup – Noise metrics* do programa permite realizar esta operação.

O critério de avaliação do ruído no receptor por períodos de no mínimo uma hora, foi proposto tendo como referência as recomendações da norma ABNT NBR 13.368 (1995) - Ruído Gerado por Aeronaves – Monitoração. A norma descreve um método específico para monitoração do ruído de aeronaves no vizinhança do aeródromo, e recomenda para fins de avaliação do incômodo, medir os valores do nível de ruído equivalente contínuo (LAeq), por um período mínimo de 1 h, sem interrupção, durante o período considerado mais crítico.

4.1.7 Exemplo de aplicação

A Figura 4.1 mostra os resultados obtidos no ponto receptor Colégio Vicente Januzzy localizado na proximidade do Aeroporto de Jacarepaguá, selecionado para como estudo de caso nesta pesquisa.

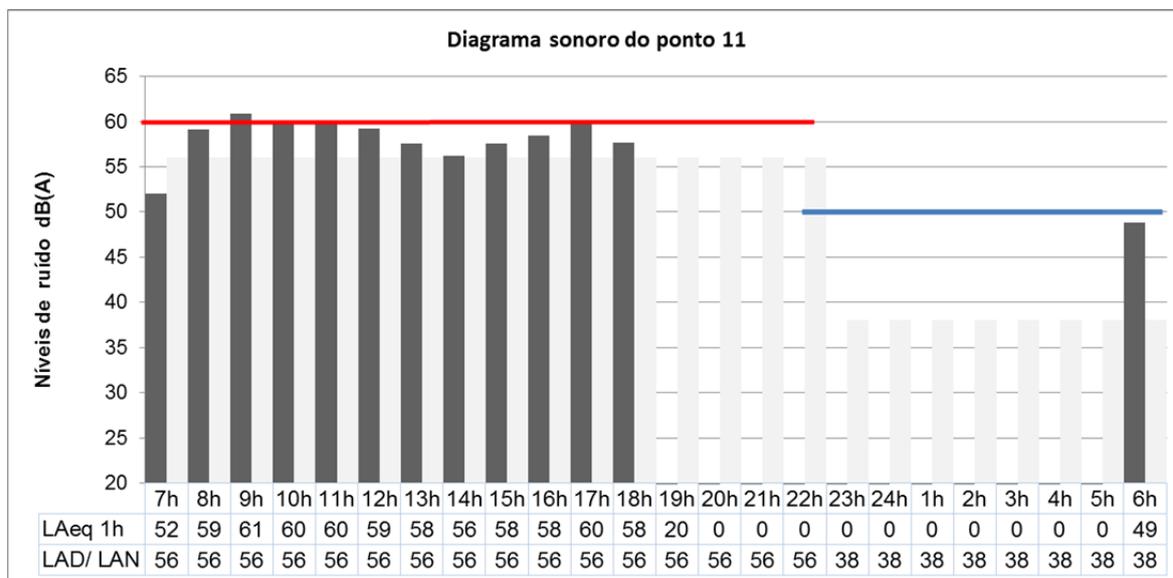


Figura 4.1: Diagrama sonoro do Colégio Vicente Januzzy.

O horário de funcionamento do aeroporto é de 6hs às 22hs. A partir dos resultados obtidos nas simulações acústicas, verificou-se que o horário crítico em relação ao ruído aeronáutico ocorre durante o período da manhã às 9hs.

Análise de acordo com o Plano de Zoneamento de Ruído

O receptor está localizado fora da área $65\text{dB(A)} \leq \text{DNL} \leq 75\text{dB(A)}$.

Análise de acordo com a Norma ABNT NBR 10151

A escola está situada na Subzona 18, área mista predominantemente residencial cujo NCA estabelecido é de 55dB(A) durante o dia. O nível LAeq DIA calculado no receptor é de 56 dB(A) , valor não adequado ao critério da NBR 10151.

Análise de acordo com a Norma ABNT NBR10152

O receptor é uma escola e o nível externo seria de até 60dB(A) na condição de aceitabilidade. Tendo em conta o valor máximo LAeq 1h , uma atenuação de 1 dB(A) seria necessária para adequar o nível de ruído externo com o uso da escola.

4.3. Uso do SIG na avaliação ambiental

sonora

O SIG foi proposto tendo em consideração as orientações da ICAO que recomenda aos países membros, como auxílio ao controle do ruído aeronáutico, a prática constante do monitoramento da população afetada pelo ruído das aeronaves.

Neste sentido, o SIG Transcad versão 5.0 foi utilizado na quantificação do número de pessoas residentes dentro das áreas abrangidas pelas curvas de ruído das aeronaves, através do cruzamento de dados de curvas de ruído calculadas com o software INM, e dados censitários do IBGE.

O primeiro procedimento para contabilizar o número de pessoas afetadas pelo ruído consiste na introdução das curvas de ruído, em formato *shape file*, no programa Transcad. A contagem é determinada a partir da sobreposição das curvas com a base cartográfica dos setores censitários do IBGE. Utiliza-se a função *Clip by area* para selecionar os setores contidos na curva e os resultados são apresentados na forma de planilha, conforme representado na Figura 4.2. Os setores censitários, além de fornecer o número de habitantes, podem fornecer outros dados geográficos como densidade

demográfica, número de domicílios, renda média dos habitantes, escolaridade média, número de crianças, idosos, etc.

O SIG também foi utilizado para armazenar os dados coletados, sobre a exposição ao ruído aeronáutico na vizinhança do aeródromo em estudo. Os dados obtidos nos levantamentos acústicos, ambientais e urbanos foram introduzidos no SIG para facilitar a consulta e a comparação dos resultados.

Tendo em conta as características operacionais desta modalidade de transporte, este trabalho foi conduzido de modo a estimar o impacto sonoro do tráfego de helicópteros, em termos de possíveis efeitos do ruído ambiental, que neste caso, são relacionados com a interferência na fala, interferência no sono e incômodo em geral.

O SIG tem sido empregado há algum tempo como auxílio em pesquisas de diversas áreas relacionados principalmente ao transporte, saúde e meio ambiente. Contudo, o uso do SIG para fins de quantificação do impacto do ruído aeroportuário tem sido pouco utilizado no Brasil. Segundo ROCHA (2009) este fato ocorre porque o SIG ainda é uma área nova em franco desenvolvimento.

Por definição, o SIG é uma ferramenta computacional que permite a entrada, armazenamento, manipulação e visualização de dados georreferenciados por meio de mapas. Entende-se por georreferenciados os dados, mapas ou imagens cujos pontos são referenciados dentro de um sistema de coordenadas. No SIG, as informações são organizadas em camadas (*layers*) e cada uma das camadas é associada a uma planilha de atributos ou dados numéricos.

As vantagens do uso do SIG são a rapidez e as facilidades de lidar com uma grande quantidade de informação. O SIG permite manipular e visualizar de forma integrada, vários arquivos com diferentes conteúdos gráficos (mapas) e não gráficos (planilhas), como camadas sobrepostas. Em ruído aeroportuário, esta sobreposição possibilita o cruzamento de dados de diferentes naturezas, como exemplo, as curvas de ruído do programa INM com os dados censitários do IBGE, mapas de uso e ocupação do solo da

prefeitura, mapas com trajetórias e rotas das aeronaves, e mapas densidade populacional e das áreas edificadas.

Considerando estas facilidades de manipulação e interpretação dos dados, o SIG é uma ferramenta imprescindível na avaliação do ruído ao longo de rotas, sendo especialmente útil na determinação exata das área de influência acústica de um aeródromo. A Figura 4.2, ilustra o banco de dados criado no programa Transcad, a partir dos resultados do estudo elaborado para o Aeroporto de Jacarepaguá.

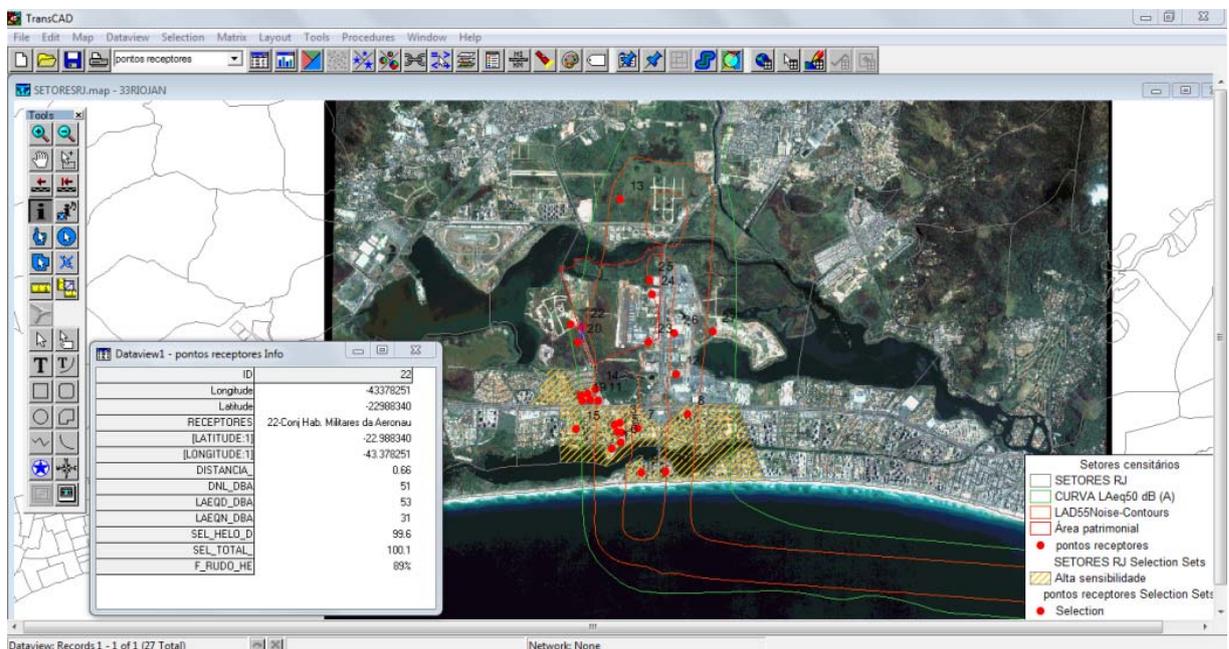


Figura 4. 2: Resultados do mapeamento de receptores críticos no entorno do aeroporto de Jacarepaguá.

4.5 Dimensionamento de medidas de controle de ruído (2ª etapa)

Esta etapa tem por objetivo identificar os eventos mais relevantes e caracterizar, em termos energéticos, a exposição ao ruído no receptor e deste modo auxiliar no dimensionamento de medidas de controle de ruído.

Com este propósito, foi utilizada a Matriz de Exposição Sonora. Esta ferramenta no formato de planilha foi desenvolvida considerando as dificuldades encontradas pelos operadores do aeródromo, e especialistas na área de controle de ruído aeronáutico, na identificação dos modelos de aeronaves, procedimentos operacionais e uso de rotas com maior contribuição sonora no ruído ambiente, e que devem ser tratados com prioridade.

No contexto da abordagem equilibrada, a Matriz é útil na identificação do problema de ruído de áreas expostas a níveis de ruído inaceitáveis na circunvizinhança do aeródromo, com base em critérios objetivos e mensuráveis.

A identificação e quantificação da contribuição de cada modelo de aeronave, para o nível diário de exposição sonora no receptor é realizada com o programa INM a partir da métrica SEL. Esta métrica permite expressar a carga de ruído aeronáutico sobre um indivíduo ou população, e os resultados podem ser relacionados com as outras métricas usuais de avaliação do incômodo do tráfego aéreo.

Os valores SEL dos eventos isolados constituem a base de cálculo para elaboração da Matriz de Exposição Sonora, e são obtidos com auxílio da função *Detailed Grids* do programa INM. A contribuição de cada evento sonoro é estimada a partir de quatro variáveis: tipo de operação (pouso e decolagem), modelo de aeronave, rota, e receptor. Por este motivo, a geração de dados pode ser extensa em função do tamanho da frota e variedades de rotas.

4.5.1 Método de cálculo da Matriz de Exposição Sonora

Inicialmente são apresentados os principais conceitos e propriedades da métrica SEL utilizadas na elaboração da Matriz.

4.5.1.1 Exposição Sonora (SE)

A exposição sonora (SE) permite medir a carga de ruído sobre um indivíduo ou população. A exposição sonora (SE) num ponto determinado r , calculada sobre um período de observação T (de t_1 até t_2), é definida como a integral do quadrado da pressão sonora (energia sonora) neste ponto r , sobre o período de observação:

$$SE(r, T) = \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(r, T) dt \quad \text{onde } T = [t_1, t_2]$$

Onde,

SE é a exposição sonora (Sound Exposure) cuja unidade é o Pasques.

O Pasques é uma medida não logarítmica.

$P_A(r, T)$ é a pressão sonora filtrada por um filtro tipo A. Esta ponderação “A” tem em conta as características da audição humana em relação à percepção do ruído. A ela associa-se a pressão sonora eficaz $p_{rms}(r, T)$ dada por:

$$p_{rms}(r, T) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(r, T) dt}$$

Também pode-se utilizar as seguintes notações:

- SE (T) no caso que se sabe o início e o final do período T considerado.
- SE (r, T) no caso que sabe o ponto onde são efetuadas as medições e o início e o final do período T considerado.

A exposição sonora (SE) apresenta as propriedades seguintes:

- Aditividade com relação ao tempo:

Considera-se um período de tempo subdividido em 3 períodos adjacentes, podemos calcular a exposição sonora para o tempo total em função dos períodos parciais. Assim, a exposição sonora (SE) durante um intervalo de tempo $T_1 + T_2 + T_3$ é :

$$SE(r, T_1 + T_2 + T_3) = SE(r, T_1) + SE(r, T_2) + SE(r, T_3)$$

- Aditividade com relação a grupos de fontes sonoras distintas

Considerando dois grupos de fontes F_1 e F_2 e suas pressões sonoras representadas em função do tempo no ponto r por:

$$F_1 \rightarrow P_{A1}(r, T)$$

$$F_2 \rightarrow P_{A2}(r, T)$$

Assim tem-se:

$$P_{total}(r, T) = P_{A1}(r, T) + P_{A2}(r, T)$$

$$SE_{total}(r, T) = \int_{t_1}^{t_2} P_{total}(r, T)^2 dt = \int_{t_1}^{t_2} P_{A1}(r, T)^2 dt + \int_{t_1}^{t_2} P_{A2}(r, T)^2 dt = SE_1(r, T) + SE_2(r, T)$$

4.5.1.2 Nível de Exposição Sonora

O SEL é a expressão logarítmica (em decibéis) da Exposição Sonora (SE), e é definido pela equação apresentada anteriormente no capítulo 1.

O SEL é uma das métricas adotadas no processo de certificação acústica de aeronaves, e também é muito utilizada no meio aeronáutico para caracterizar o ruído da passagem de uma aeronave.

- **Relação entre SEL e LAeq**

O nível sonoro equivalente ou LAeq, largamente utilizado para se avaliar o incômodo causado pelo ruído ferroviário e rodoviário na Europa e no Brasil, foi criado a fim de se descrever apropriadamente o ruído ambiental, exprimindo a média da energia percebida

por um indivíduo, em um determinado intervalo de tempo. O nível sonoro equivalente é definido pela formula seguinte:

$$L_{Aeq}(r, T) = 10 \log_{10} (p_{rms}(r, T)^2 / p_0^2)$$

Portanto, a relação entre o nível de exposição sonora (SEL) e o nível sonoro equivalente para um período de tempo $|T| = t_2 - t_1$, é dada por :

$$SEL(r, T) = L_{Aeq}(r, T) + 10 \log_{10} |T|.$$

O SEL é utilizado para reconhecer os modelos de aeronaves mais críticas em relação ao impacto sonoro sobre uma determinada população. Contudo, não existe uma correspondência entre valores SEL e o grau de incômodo sonoro provocado pela passagem de uma aeronave, mas pode-se inferir que quanto maior o Nível de Exposição Sonora maiores são os efeitos adversos sobre a população, e os valores SEL superiores a 80 dB (A) já são significativos, conforme validado pela FICAN- *Federal Interagency Committee on Aviation Noise* (1997), em relação ao ruído de aeronaves de asa fixa.

Com base nos conceitos apresentados são calculados os principais índices da Matriz de Exposição Sonora associados a cada cenário operacional (rotas e pistas para pouso e decolagem) e de demanda (número e características dos voos na chegada e na partida). Desta forma é possível também identificar rotas ou tipos de aeronaves com desempenho acústico semelhante, e assim apontar soluções equivalentes em termos de impacto sonoro, proporcionando assim maior flexibilidade para a gerência do tráfego aéreo no entorno do aeroporto.

Um exemplo, considerando o aeroporto de Jacarepaguá, é tratado a seguir de forma a ilustrar os conceitos introduzidos e a abordagem desenvolvida.

4.5.2 Procedimentos para elaboração da Matriz de Exposição Sonora

4.5.2.1 Escolha do ponto de interesse

Considera-se como base de cálculo da Matriz o ponto receptor onde é importante reduzir o impacto sonoro.

4.5.2.2 Simulações dos níveis de ruído no INM

Após a elaboração das curvas de ruído para o cenário em estudo, configura-se a função *Detailed Grids* para obter os valores SEL dos eventos isolados com base nas coordenadas geográficas do ponto de interesse. A geração de dados pode ser extensa em função do número de rotas e modelos de aeronaves envolvidos no estudo. A matriz é então construída, no formato de planilha, partir dos dados acústicos obtidos no INM.

4.5.2.3 Construção da Matriz

A Tabela 4.2 apresenta como exemplo, a Matriz de Exposição Sonora desenvolvida para o receptor - Condomínio Nova Ipanema. Os dados são dispostos do seguinte modo:

Dados obtidos nas simulações:

- Modelos de aeronaves que sobrevoam o local;
- Tipos de operação: pouso (A) ou decolagem (D);
- Cabeceira e Rota utilizada;
- Média diária do movimento por modelo de aeronave, no ponto em avaliação;
- Valores SEL por evento em dB(A) .

O SEL por evento representa o impacto sonoro de uma operação, por modelo da aeronave no ponto de interesse.

Os valores do SEL total representam a contribuição de cada modelo de aeronave no nível de ruído aeroportuário. Uma aeronave de um tipo determinado pode ter um SEL por evento pequeno e apresentar uma contribuição global importante, devido ao número de aeronaves deste mesmo tipo que sobrevoam o local do receptor considerado. A determinação do SEL total por modelo de aeronave é dado por:

$$\text{SEL total} = \text{SEL por evento} + 10 \log^{(\text{número de eventos})}$$

O percentual de contribuição sonora por modelo de aeronave será então dado por:

$$\% = 100 * 10^{\text{SEL Total}/10} / \sum (10^{\text{SEL Total}/10})$$

- **Quantidade σ - Carga de ruído no ponto receptor**

Para cada rota n e para cada tipo de avião a operando ou podendo operar esta rota, calcula-se sobre o ponto receptor a quantidade $\sigma(n, a, r)$ dada por:

$$\sigma(n, a, r) = \text{SEL}(r, T_{\text{evento}(n,a,r)})$$

Onde, $T_{\text{evento}(n, a, r)}$ é a duração acústica da passagem de um avião de tipo a seguindo a rota n na vizinhança do ponto r .

A quantidade σ constitui o impacto sonoro potencial elementar a partir do qual é definida a matriz fundamental de exposição sonora de dimensão $|N|. |A|. |R|$ (rotas, aeronaves, receptores), cujos coeficientes são expressos em Pasques.

A Tabela 4.2 apresenta os valores do SEL por evento, o SEL total, média diária do movimento e o percentual de contribuição de cada modelo de aeronave asa móvel que passa pelo ponto Condomínio Nova Ipanema localizado na vizinhança do Aeroporto de Jacarepaguá. Os valores $\text{SEL} \geq 80\text{dB(A)}$ são considerados eventos sonoros significativos.

Tabela 4.2: Matriz de Exposição Sonora do Condomínio Nova Ipanema.

Modelo	Tipo	Cab	Rota	Nº Mov	SEL_1 evento dB(A)	SEL_Total dB(A)	Quantidade α (Pasques)	% de contribuicã
A109	A	H20	PR	8,459	88	98	5852046672,021	25,09%
S61	A	H20	PR	4,933	89	96	3656589861,482	15,68%
S76	A	H20	PR	6,757	87	95	3088380345,479	13,24%
R22	A	H20	PR	10,585	82	92	1495106861,779	6,41%
SA350D	A	H20	PR	7,727	83	91	1406009701,473	6,03%
B407	A	H20	PR	1,015	89	89	787720049,012	3,38%
R44	A	H20	PR	4,149	83	89	737815062,515	3,16%
A109	D	H02	PR	1,096	88	88	691560166,460	2,97%
A109	D	H20	MC	0,936	89	88	662836186,949	2,84%
B206B3	A	H20	PR	2,428	84	87	556169059,789	2,38%
S61	D	H02	PR	0,642	89	87	498032387,558	2,14%
S76	D	H02	PR	0,943	87	86	441239816,474	1,89%
S61	D	H20	MC	0,548	89	86	435345092,621	1,87%
S76	D	H20	MC	0,751	87	86	376259800,212	1,61%
A109	A	H02	MC	0,186	91	83	213894130,763	0,92%
SA365N	A	H20	PR	0,925	84	83	211873872,994	0,91%
R22	D	H02	PR	1,441	81	83	198949262,520	0,85%
SA355F	A	H20	PR	0,912	83	83	194985990,894	0,84%
SA350D	D	H02	PR	1,033	82	82	175440626,829	0,75%
B212	A	H20	PR	0,128	91	82	173278329,158	0,74%
SA350D	D	H20	MC	0,855	83	82	162897836,779	0,70%
R22	D	H20	MC	1,176	81	82	158646263,666	0,68%
EC130	A	H20	PR	0,899	82	82	145828622,886	0,63%
R44	D	H02	PR	0,540	84	81	135558975,049	0,58%
R44	D	H20	MC	0,461	84	81	115798969,247	0,50%
B407	D	H02	PR	0,132	89	81	112344263,076	0,48%
B407	D	H20	MC	0,113	89	79	83584953,637	0,36%
B206B3	D	H02	PR	0,316	84	79	77515289,081	0,33%
S76	A	H02	MC	0,098	88	78	66018826,464	0,28%
B206B3	D	H20	MC	0,270	84	78	63236041,139	0,27%
S61	A	H02	MC	0,071	88	77	48196603,150	0,21%
SA350D	A	H02	MC	0,111	85	76	38557484,507	0,17%
SA365N	D	H02	PR	0,120	84	75	28200603,803	0,12%
R22	A	H02	MC	0,153	83	74	27202695,791	0,12%
SA365N	D	H20	MC	0,103	84	74	25225325,230	0,11%
SA355F	D	H02	PR	0,119	83	74	24784693,211	0,11%
SA355F	D	H20	MC	0,101	83	73	22169682,416	0,10%
B212	D	H02	PR	0,017	91	73	20555330,623	0,09%
EC130	D	H02	PR	0,117	82	73	19861978,462	0,09%
B212	D	H20	MC	0,014	91	73	18815478,429	0,08%
EC130	D	H20	MC	0,100	82	72	16203180,321	0,07%
B206B3	A	H02	MC	0,035	86	72	15315594,490	0,07%
R44	A	H02	MC	0,060	82	70	9503495,050	0,04%
SA365N	A	H02	MC	0,013	89	70	9462403,354	0,04%
B407	A	H02	MC	0,015	88	70	9469164,923	0,04%
SA355F	A	H02	MC	0,013	86	67	5494755,344	0,02%
EC130	A	H02	MC	0,013	86	67	4828100,302	0,02%
B212	A	H02	MC	0,002	90	63	1813752,282	0,01%
TOTAL				61,629		104	23320623639,696	100,00%

5 – ESTUDOS DE CASO

Este capítulo apresenta o estudo do impacto sonoro do tráfego de helicópteros com base na metodologia proposta para três situações distintas: na vizinhança do Aeroporto de Jacarepaguá (SBJR), cujo movimento médio de helicópteros é da ordem de 300 operações diárias, na vizinhança de um heliponto de pequeno porte, como o Heliponto Hotel Glória (SIPF), cujo movimento médio é da ordem de 4 operações por mês, e ao longo de uma das rotas de voo panorâmico realizada a partir do Heliponto da Lagoa (SDRJ), sobre os bairros da Zona Sul da .

Nos três casos existem reivindicações da população para o cancelamento ou aplicação de restrições operacionais ao aeródromo devido ao incômodo sonoro causado por suas atividades.

5.1 O “Heliponto” de Jacarepaguá

O Aeroporto de Jacarepaguá / Roberto Marinho (SBJR) está localizado na região oeste da Cidade do Rio de Janeiro na área denominada Baixada de Jacarepaguá, sito a Avenida Airton Senna, 2541, Barra da Tijuca.

O SBJR é um aeroporto doméstico⁴ local, destinado a atender voos não-regulares das empresas de táxi aéreo, voos da aviação geral⁵ e militar, e voos do Aeroclube Brasil. Sua frota é constituída por aviões de médio e pequeno porte e helicópteros, sendo que estes últimos representam cerca de 80 % da movimentação do aeroporto (INFRAERO–Dados de Tráfego Aereo, base 2010).

⁴ Onde são realizados somente voos nacionais .

⁵ A aviação geral engloba todos os setores da aviação civil que não estão envolvidos com o transporte aéreo regular de passageiros e cargas e, em especial, o setor representado pelos aviões e helicópteros, particulares ou operados por empresas de táxi aéreo, que voam no Brasil prestando serviços de transporte aéreo não-regular. (Associação Brasileira de Aviação Geral – <http://www.abag.org.br>,)

Devido a sua localização, o Aeroporto de Jacarepaguá é utilizado como base de apoio pelas empresas que se dedicam à exploração de petróleo, e cerca de 25% dos movimentos de helicópteros de médio e grande ocorrem em função desta atividade. O aeroporto é também utilizado para a realização de exercícios militares, transporte de passageiros motivados por atividades comerciais e turísticas na região, empresas de propaganda aérea, escolas de pilotagem e paraquedismo.

O Aeroporto de Jacarepaguá está implantado junto a dois importantes eixos viários da Barra da Tijuca, a Avenida Ayrton Senna com a Avenida das Américas. O uso comercial e serviços predominam ao longo destas duas vias. Nas margens da Avenida Ayrton Senna estão implantados vários supermercados e shoppings centers de grande porte, além de comércio, atividades ligadas ao lazer, como cinemas, teatros, restaurantes e parques de recreação infantil.

Ressalta-se que, na década de 1960, a Barra da Tijuca era uma área pouco povoada e com carências de infraestrutura e de vias de acesso. A partir de 1970, iniciou-se um acelerado processo de ocupação do bairro impulsionado pela construção da Auto Estrada Lagoa-Barra e dos Túneis São Conrado e Joá. A diminuição do tempo de transporte para a zona sul da cidade foi o incentivo para a construção dos primeiros grandes empreendimentos imobiliários. Atualmente, o bairro apresenta diversos condomínios residenciais de alto padrão construtivo e é considerado um importante centro cultural, econômico e administrativo da região.

A ocupação urbana do bairro da Barra Tijuca foi planejada e ocorreu de acordo com as diretrizes do Plano Lúcio Costa aprovado 1969 (Decreto Municipal nº 3046/8). Na concepção urbanística foi previsto torres de edificios separados entre si por amplos espaços verdes e jardins, e a implantação de núcleos residenciais afastados do ruído de tráfego rodoviário por edificios comerciais .

A beleza das paisagens naturais da região e as características do clima tropical favorecem as atividades ao ar livre. Do mesmo modo, a concepção arquitetônica das edificações possui grande interação com o ambiente externo, prevalecendo as grandes

varandas e as fachadas envidraçadas, tornando as edificações muito permeáveis ao ruído externo (MACEDO, 2004).

Conforme ilustrado na Figura 5.1, ao Norte, a área patrimonial do Aeroporto de Jacarepaguá é delimitada pela Lagoa de Jacarepaguá. Após a Lagoa, encontra-se uma área destinada ao desenvolvimento de um Pólo Cine-Vídeo, onde já estão implantadas várias edificações. Mais adiante na Avenida Embaixador Abelardo Bueno, encontra-se o Centro Empresarial da Barra, região onde constam áreas desocupadas e condomínios residenciais em fase de construção.

Na direção Leste, a área patrimonial do aeroporto é delimitada pela Avenida Airton Sena onde se concentram diversas atividades comerciais e institucionais. Do mesmo modo, ao longo da Av. Ayrton Senna pode-se encontrar vários estabelecimentos comerciais de grande porte. Estão também aí localizados o Hospital Lourenço Jorge, a Subprefeitura da Barra da Tijuca e algumas Secretarias Municipais.

Ao Sul, o aeroporto tem limite com a reserva biológica Parque Arruda Câmara, popularmente conhecida como Bosque da Barra. O uso residencial predomina na área definida entre as Av. das Américas e Av. Sernambetiba, margeando a Lagoa de Marapendi. Nestas áreas existem vários condomínios residenciais com padrão construtivo médio/alto, como o condomínio Novo Leblon, Mandala, Barra Deck, La Place, Bourbon, Parc des Princes, Nova Ipanema, dentre outros.

Na direção Oeste, o aeroporto é delimitado pela Rua Raquel de Queiroz que possui pequeno volume de tráfego e onde predomina o uso residencial. Do mesmo modo, existem no local outros condomínios com padrão construtivo médio/alto, como o Portal do Parque, Portal do Bosque e Santa Mônica.



Figura 5.1: Mapa da vizinhança do Aeroporto SBJR.(Fonte: Google Earth).

Em maio de 2012, em consideração às constantes queixas dos moradores devido ao incômodo sonoro, o DECEA implementou novas rotas de circulação para aviões e helicópteros no Aeroporto de Jacarepaguá, com o objetivo de afastar o tráfego aéreo das zonas habitadas. Além disso, existe a previsão de redução do movimento de helicópteros no aeroporto, com a transferência de parte dos voos da Petrobrás para outro aeródromo ainda em fase de construção em Itaguaí, no estado do Rio de Janeiro (Fonte:INFRAERO).

5.1.1 O zoneamento urbano na vizinhança do aeroporto SBJR

Em termos de legislação municipal, as condições de ocupação e uso do solo na Barra da Tijuca são determinadas pelo Decreto 3046, de 27 de abril de 1981, que regula a ocupação na Zona Especial 5 (ZE-5), objeto do Plano Diretor da Baixada de Jacarepaguá.

A Zona Especial 5 - ZE-5 é dividida em 46 Subzonas, sendo que o aeroporto está inserido na Subzona 14 e no seu entorno são encontradas as Subzonas A13, A15, A-17, A-18, A19 e A-37, conforme representado na Figura 5.2.

Comparando-se o uso do solo permitido em cada uma destas Subzonas com os níveis máximos definidos pela Lei Municipal N° 3.268/2001, os quais são similares aos recomendados pela norma NBR 10151/2000, obtêm-se os limites de ruído para cada Subzona, e apresentados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1: Níveis máximos permitidos pelo Zoneamento Municipal no entorno do Aeroporto SBJR.

Uso do solo permitido nas Subzonas da ZE 5		Nível de ruído para ambientes externos, de acordo com a NBR 10.151/2000 e zoneamento municipal por similaridade.		
Subzonas	Uso do solo	Tipos de áreas	Período diurno	Período noturno
A3, A15, A17, A18	Residencial unifamiliar e multifamiliar com hospitais e escolas; comercial; uso especial de interesse social.	Área mista, com vocação residencial.	55dB(A)	50dB(A)
A19	Comercial; Cultural e Institucional; Proibido o uso residencial.	Área mista, com vocação recreacional.	65dB(A)	55dB(A)
A13, A14 e A37	Residencial multifamiliar; misto; comercial; turístico; cultural; financeiro e de serviços.	Área mista, com vocação comercial.	60dB(A)	55dB(A)

(Fonte: MACEDO 2004).

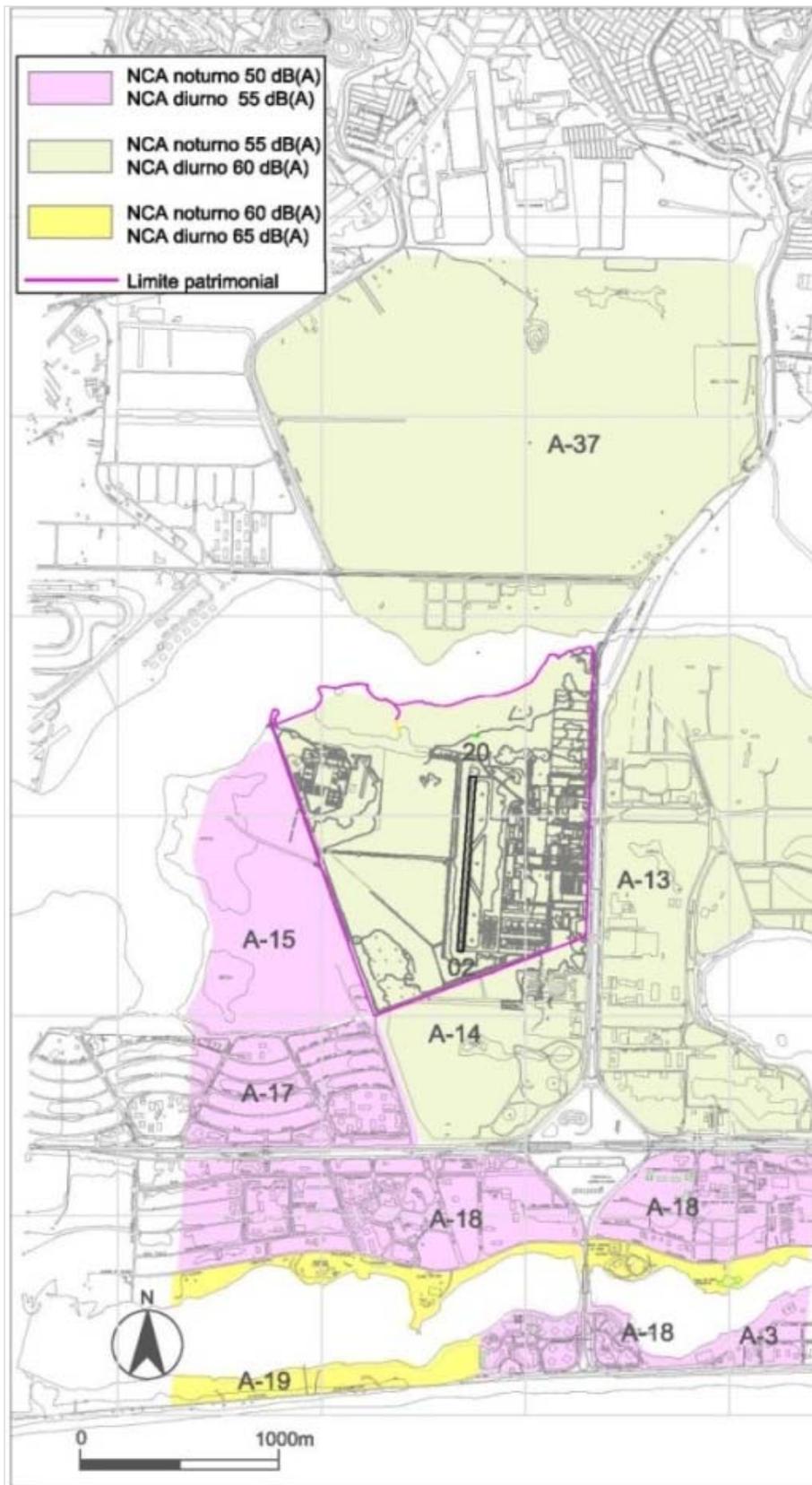


Figura 5.2: Identificação do Zoneamento Municipal e níveis máximos permitidos para cada Zona no entorno do Aeroporto de Jacarepaguá.(Elaboração própria)

5.1.2. Características operacionais

Os dados operacionais utilizados nas simulações acústicas e apresentados a seguir foram obtidos através de visitas técnicas ao local, consultas aos pilotos e controladores, e consultas aos seguintes documentos: PDIR – Plano Diretor do Aeroporto de Jacarepaguá – documento onde constam as diretrizes de planejamento e expansão da infraestrutura do aeroporto; DTA -Dados de Tráfego Aéreo, documento elaborado pelo Serviço de Controle deste aeroporto onde constam os registros detalhados de movimento diário de aeronaves; Cartas de voo disponibilizadas pelo DECEA – Departamento de Controle de Tráfego Aéreo no site <http://ais.decea.gov.br/>.

5.1.2.1 Sistema de pistas:

O Aeroporto possui uma única pista de pouso e decolagem medindo 900m de comprimento e 30m de largura. O percentual de uso das cabeceiras é de 23% pela cabeceira 02 e 77% pela cabeceira 20.

O comprimento da pista atual permite atender operações de aeronaves turboélicas e aeronaves a jato como, por exemplo, Embraer EMB-110 (21 assentos e peso máximo de decolagem igual a 5.900 0kg) e outros modelos de médio porte como: F-27, F-50, Dash-100, Dash-300 e ATR-42.

A previsão de ampliação da pista para 1.200m conforme consta no PZR do aeroporto, permitirá atender aeronaves de maior porte, como o Boeing B737/300 (aeronave a jato com 132 assentos e peso máximo de decolagem igual a 61.235 0kg).

5.1.2.2 Configuração das rotas

O aeroporto opera sob condições de voo visuais diurnas e noturnas (VFR). Nestas condições as trajetórias de aproximação e saída são definidas em função de referências visuais, tais como, obstáculos naturais ou construídos, monumentos, pontes, estradas, etc e apresentam algumas variações por decisão da companhia aérea ou do piloto. Diferente dos aviões, as trajetórias dos helicópteros não são detalhadas em cartas de voo e, por este motivo, os dados necessários para configuração das rotas nas simulações acústicas foram estimados com base em visitas técnicas ao local, e consultas aos pilotos e controladores.

A Figura 5.3 mostra as 16 rotas de aviões e helicópteros identificadas no local com base no levantamento feito em outubro de 2010. Posteriormente, em maio de 2012, o DECEA introduziu algumas mudanças nestas rotas visando reduzir o incômodo sonoro nas áreas residenciais.

A partir da definição das rotas praticadas no aeroporto foram realizadas estimativas do número de operações por tipo de aeronave em cada rota, segregadas em períodos diurno e noturno, tendo como base os destinos e procedências registrados para cada voo no DTA – Dados de Tráfego Aéreo.

A rota de treinamento de voo de helicópteros não passa sobre as áreas residenciais. As aeronaves em treinamento circulam sobre o Bosque da Barra, seguem paralelo à Avenida Airton Senna e passam sobre a Lagoa de Jacarepaguá, sendo que o mesmo pode ocorrer em sentido contrário.

As rotas de aproximação e saída do aeroporto mais utilizadas pelos helicópteros, cerca de 90%, ocorrem na direção do mar pela Rota Praia. Devido as condições de vento, o maior número de movimentos ocorre pela cabeceira 20. Antes das mudanças, aviões e helicópteros decolando pela cabeceira 20 seguiam reto em direção à praia passando sobre os condomínios residenciais localizados entre a Avenida das Américas e a Lagoa de Marapendi. Após as mudanças introduzidas pelo DECEA, apenas os helicópteros de pequeno porte não passam mais sobre o local, fazem curva à esquerda e seguem pela Avenida das Américas .

Nas operações de pouso pela cabeceira 20, os helicópteros passavam pelo Condomínio Nova Ipanema na altitude de 500 pés, prosseguiram paralelo à Avenida Airton Senna passando sobre o Hospital Lourenço Jorge, fazendo curva esquerda sobre o Centro Metropolitano da Barra. Nas novas de rotas voo, não há mais sobrevoos sobre o Condomínio Nova Ipanema. Atendendo às reivindicações dos moradores foram traçadas novas rotas de helicópteros de modo a evitar as passagens sobre o local.

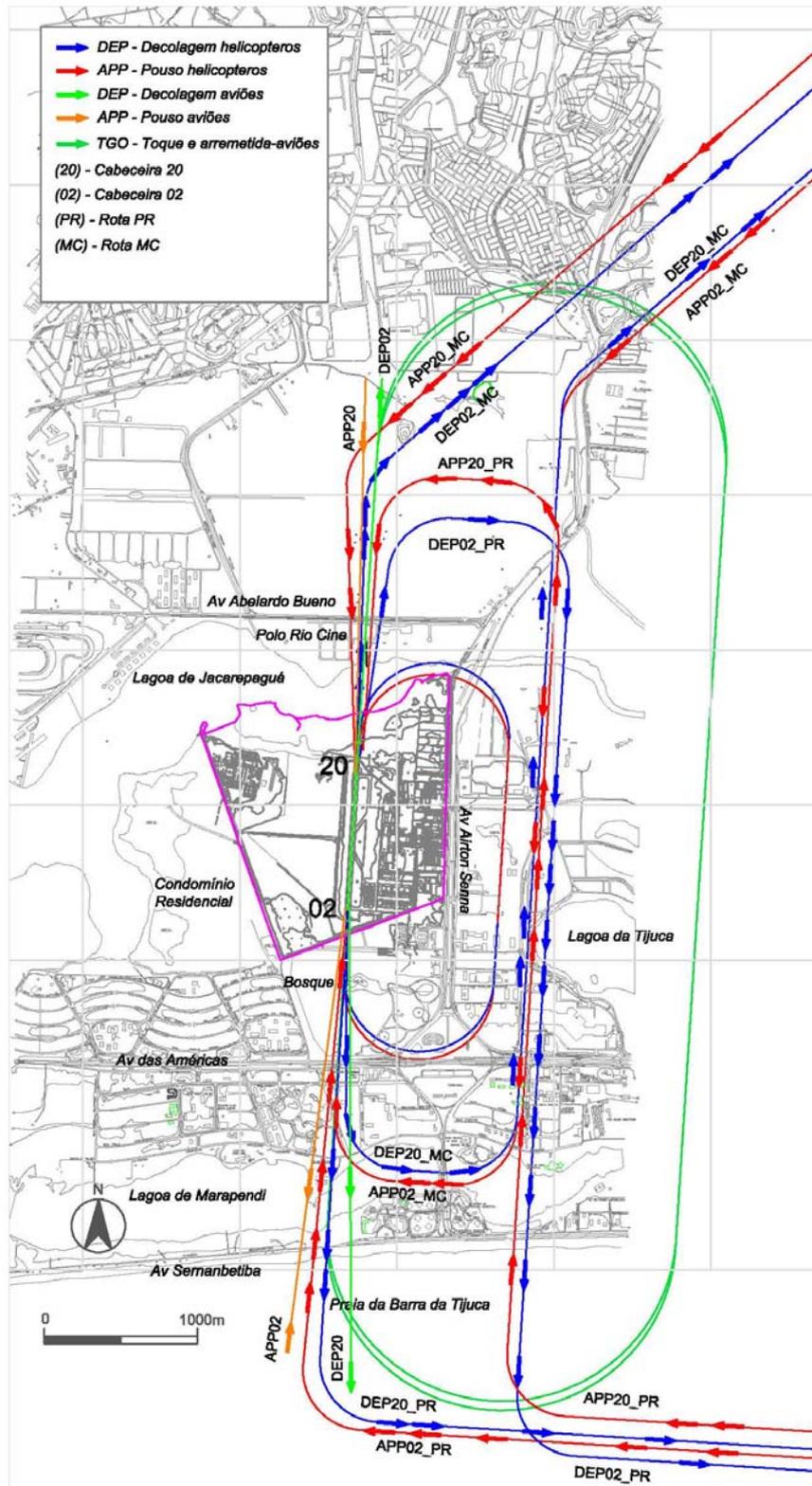


Figura 5.3: Levantamento das rotas de aproximação e saída de helicópteros e aviões, e rotas de toques-e-arremetidas utilizadas pela escola de pilotagem no Aeroporto de Jacarepaguá, base outubro de 2010.

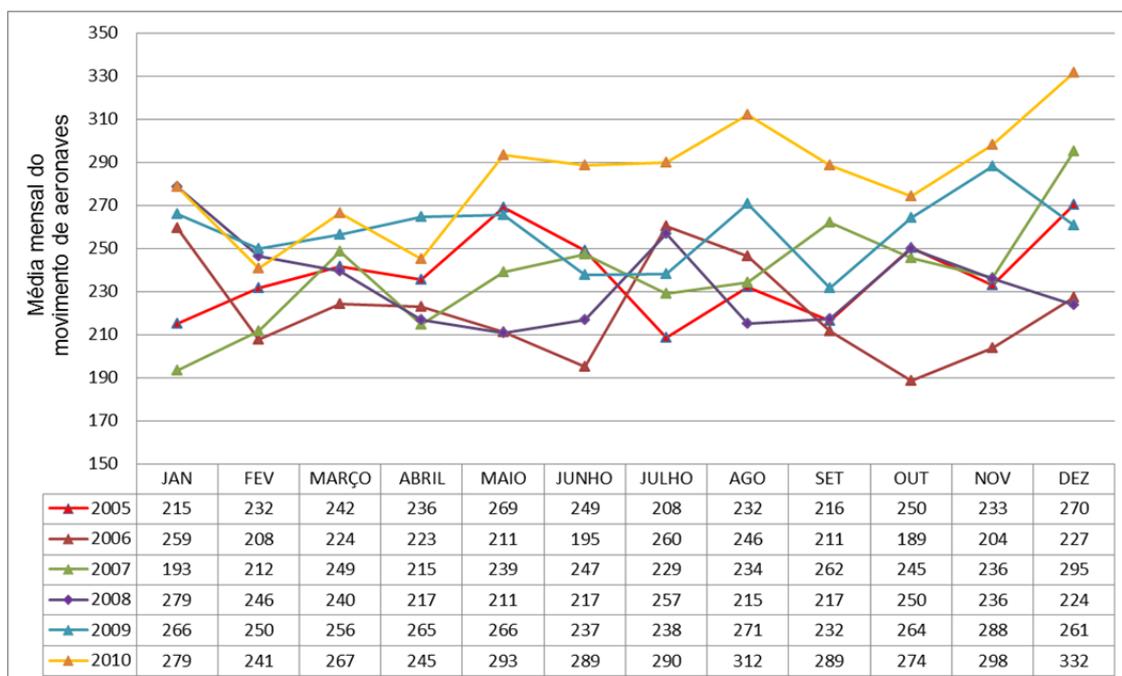
5.1.2.3 Adequação dos perfis operacionais dos helicópteros.

Os perfis operacionais são os modos de velocidade, altitude, inclinação, potência do motor, dentre outros parâmetros, para cada segmento da trajetória de voo. O INM possui em seu banco de dados, perfis operacionais padronizados para aviões e helicópteros. Contudo, a altitude mínima de voo de helicópteros no Brasil é de 500 pés (150m) enquanto que o padrão do INM é de 1000 pés (300m), o mesmo adotado pelo FAA. Por este motivo, na modelagem computacional, foi necessário adequar os perfis de voo de cada modelo de helicópteros para a altitude de 500 pés.

5.1.2.4 Número de movimentos

O movimento de aeronaves no Aeroporto de Jacarepaguá apresenta grandes variações ao longo do ano em função das condições climáticas e da demanda do transporte por táxi aéreo. A Tabela 5.2 a seguir mostra a média mensal do movimento de aeronaves registradas no período de 2005 a 2010, incluindo toques e arremetidas. Observa-se que no ano 2010 houve um aumento considerável nos movimentos em relação aos anos anteriores.

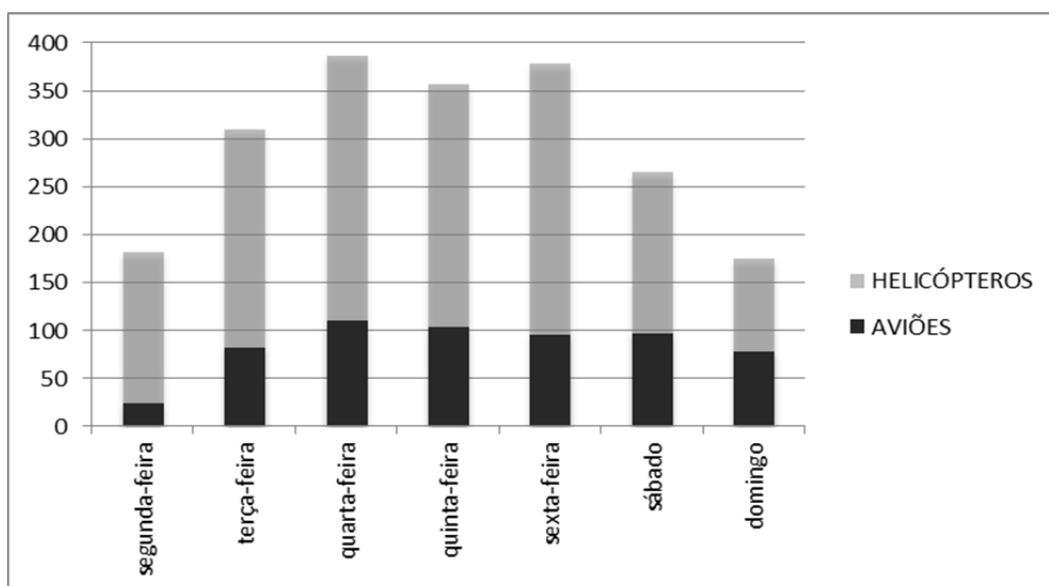
Tabela 5.2: Média mensal do movimento de aeronaves no SBJR.



(Fonte: INFRAERO, elaboração própria).

Em 2010, a média diária do movimento de outubro foi de 274 operações. Por outro lado, nos dias de pico de movimento durante a semana (quarta ou sexta) foram registrados cerca de 390 movimentos ao longo do dia. A escola de pilotagem foi responsável por boa parte destes movimentos, cerca de 30% a 50%. A Tabela 5.3 apresenta a média do movimento de aeronaves registrado por dia da semana, no mês de outubro de 2010.

Tabela 5.3: Média do movimento de aeronaves por dia da semana no SBJR.

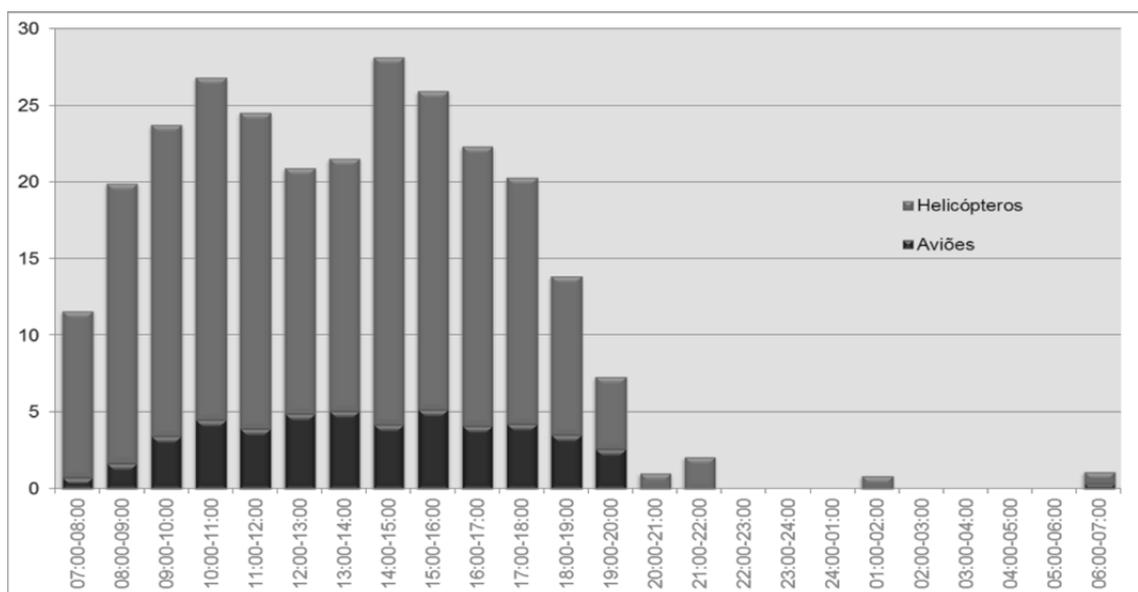


(Fonte: INFRAERO, elaboração própria).

- **Número de movimentos por hora**

O aeroporto funciona usualmente de 6:00 às 22:00 horas, sendo que o maior número de operações ocorre no período de 8:00 às 18:00 horas. Os voos no período de 22:00 às 6:00 horas são permitidos somente para helicópteros em situações de emergência. A Tabela 5.4 ilustra o movimento de aeronaves, por hora, ao longo de um dia de funcionamento do aeroporto.

Tabela 5.4: Média dos movimentos por hora no SBJR.



(Fonte: INFRAERO, elaboração própria).

5.1.2.5 Composição da Frota

Na frota de aviões predomina os modelos de pequeno porte (menos de 3000kg de peso máximo de decolagem) com motor a pistão. Em média, ocorrem 78 operações de aeronaves de asa fixa por dia, e os aviões a pistão são responsáveis por 85% deste movimento. A Figura 5.4 mostra os dois modelos com maior percentual de uso da frota, Aeromot AMT-600 Guri e Embraer EMB-712, cuja correspondência no programa INM é o modelo PA28. Ambos são utilizados no treinamento de pilotos no Aeroclube.

O aeroporto também opera com aviões turboélice e aviões a jato, sendo que este último é minoria, cerca de 3%. A Figura 5.5 mostra os modelos turboélice e a jato mais utilizados, o BEECH AIRCRAFT C90A e o CESSNA AIRCRAFT 525, respectivamente. No apêndice A1 é apresentado o levantamento dos demais tipos de aeronaves que operam neste aeroporto, suas principais características, e a correspondência com os modelos utilizados no programa INM.



Figura 5.4: Aeronaves a pistão mais utilizadas no aeroporto SBJR, o modelo AMT-600 Guri (à esquerda) e Embraer EMB-712 (à direita). (Fonte: <<http://cdn-www.airliners.net>>, 26/07/2012).



Figura 5.5: Modelos de aviões mais utilizados no SBJR, aeronave turboélice BEECH AIRCRAFT C90A (à esquerda) e aeronave a jato CESSNA 525 (à direita). (Fonte: <<http://cdn-www.airliners.net>>, 26/07/2012).

Na frota de helicópteros predominam as operações com o modelo monomotor a pistão Robinson R22. Em média, ocorrem 196 operações de aeronaves de asa móvel por dia, e o modelo R22 é responsável por 43% deste movimento, que está relacionado principalmente, com as atividades do Aeroclube. A Figura 5.6 mostra outros modelos representativos de pequeno porte, os helicópteros AS50 Esquilo e o R44, responsáveis por 15% do movimento.

A Tabela 5.2 a seguir apresenta o levantamento de todos os tipos de helicópteros que operam neste aeroporto, suas principais características, e a correspondência com os modelos utilizados no programa INM.



Figura 5.6: Helicópteros de pequeno porte mais utilizados no SBJR depois do modelo R22, o monomotor a turbina AS350 Esquilo (à direita) e o modelo R44 (à esquerda).

Tabela 5.5: Levantamento da composição da frota de helicópteros do SBJR

Sigla ICAO	Fabricante /modelo	MOTOR	MTOW (kg)	Nº Assentos	% de uso
R22	Robinson R22	(1) Pistão	621	1 + 1	48,08%
S76	Sikorsky S-76	(2) Turbina	4763	1 +12	9,26%
AS50	Helibras AS350 Esquilo	(1) Turbina	1950	1 + 6	8,94%
A139*	Agusta A-139	(2) Turbina	6800	1 + 12	7,88%
S92*	Sikorsky S-92	(2) Turbina	12020	1 +18	6,52%
R44	Robinson R44	(1) Pistão	1088	2 + 2	5,64%
B06	Bell 206B3	(1) Turbina	1451	1 + 6	3,29%
A109	Agusta A-109	(2) Turbina	3175	2 + 4	3,24%
EC20*	Eurocopter EC120 B Colibri	(1) Turbina	1715	4	1,66%
B407	Bell 407	(1) Turbina	2268	1 + 6	1,31%
EC30	Eurocopter EC 130 B4	(1) Turbina	2427	6	1,18%
EC35*	Eurocopter EC 135P2	(2) Turbina	2835	6	1,18%
EC55*	Eurocopter EC 155 B1	(2) Turbina	4920	13	0,96%
AS65	Helibras AS 365Dauphin	(2) Turbina	3850	1 + 12	0,25%
EC25*	Eurocopter EC-225LP	(2) Turbina	11000	19	0,20%
B412	Bell 412	(2) Turbina	5262	1 +13	0,17%
EC45*	Eurocopter BK 117 C-2	(2) Turbina	3585	9	0,17%
AS55	Helibras AS355Esquilo	(2) Turbina	2300	1 + 6	0,03%
B06	Bell 206L Long Ranger	(1) Turbina	1814	1 + 6	0

Fonte: INFRAERO, dados de tráfego aéreo base 2010.

(*) Helicópteros que não constam no banco de dados do INM e que foram substituídos por outros modelos com desempenho acústico semelhante:

- S92 e EC25 equivalem ao S61
- A139 equivale ao A109;
- EC20 equivale ao AS50;
- EC35 equivale ao AS55;
- EC45 e EC55 equivalem ao AS65.

Os helicópteros da frota que atendem às atividades offshore são os modelos SIKORSKY S-76 e S92, AGUSTA A139 e A109, Bell 412, HELIBRAS AS 365N3-Dauphin, EUROCOPTER EC-225LP e EC155, as Figuras 6.5 e 6.6 mostram os modelos mais utilizados. Com exceção do modelo AS 365N3 – Dauphin, a frota 2012 da Petrobrás mantém a mesma composição.



Figura 5.7: Helicópteros de grande porte com 19 assentos que operam no transporte offshore no SBJR, modelo S-92 (à esquerda) e EC225 (à direita) da BHS Taxi Aéreo.



Figura 5.8:- Helicópteros com 13 assentos que operam no transporte offshore no SBJR, modelo S-76 (à esquerda) da empresa Emar Taxi Aéreo e o A139 (à direita) da empresa Senior Taxi Aéreo.

5.1.3 Avaliação de acordo com o PZR

Esta avaliação teve por objetivo verificar a situação sonora atual do aeródromo em relação ao previsto no PEZR. Neste sentido foram adotados os seguintes procedimentos:

- Comparação das curvas DNL 65dB(A) e 75dB(A) elaboradas com base no movimento atual de aeronaves, com as curvas previstas no PEZR;
- Identificação dos usos incompatíveis com as restrições de uso do solo do PEZR.

O Aeroporto de Jacarepaguá possui um Plano Específico de Zoneamento de Ruído-PEZR aprovado pela Decisão N°496 de 3 de dezembro de 2008. Conforme representado na Figura 5.9, as áreas de abrangência do PEZR recaem quase que totalmente sobre áreas de proteção ambiental e portanto não edificantes, e não há receptores críticos (residências, escolas e hospitais) contidos nas curvas de ruído do PEZR.

O PEZR foi elaborado considerando previsões de ampliação da pista para 1.200m e aumento do número de movimentos diários para 816 pousos e decolagens por dia. Em relação a composição da frota que atualmente opera no aeroporto, foi prevista a diminuição do número de movimento de helicópteros de 80% para cerca de 50%, e o aumento das operações de aeronaves a jato de 3% para 6%.

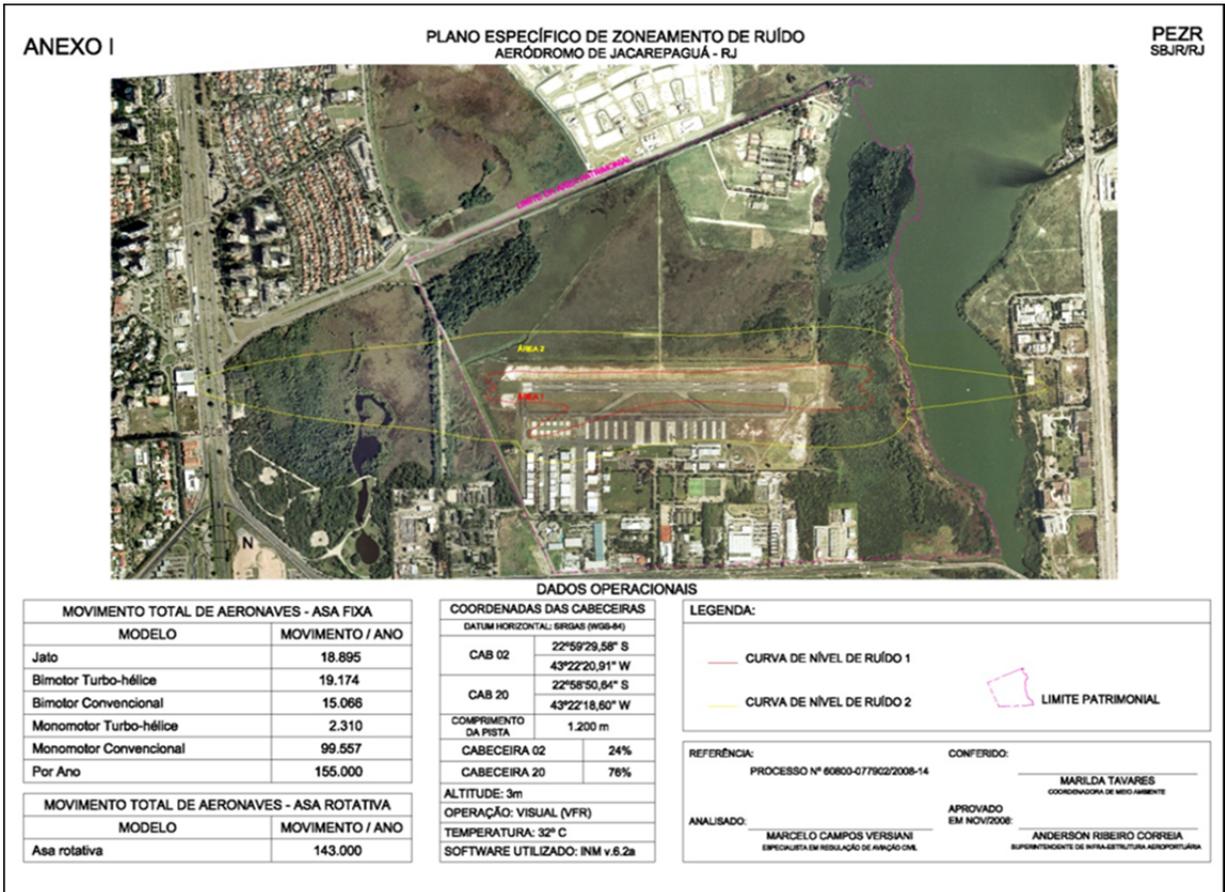


Figura 5.9: PEZR em vigor no Aeroporto de Jacarepaguá. Fonte: ANAC.

A Figura 5.10 mostra a sobreposição das curvas DNL elaboradas para a situação atual (base 2010) com as curvas previstas no PEZR. A análise dos resultados indica que a situação acústica do aeroporto está em conformidade com seu PEZR, pois a atual curva DNL 65dB(A) está contida em sua área patrimonial. Por estes resultados, do ponto de vista da regulação aeronáutica, não devem ser esperadas reações de incômodo significativo devido ao ruído das operações do Aeroporto de Jacarepaguá.

Conforme já afirmado, devido às dificuldades com a modelagem do ruído de helicópteros em conjunto com os aviões, as operações com estes equipamentos não foram consideradas nos PEZR's em vigor nos aeroportos brasileiros. O método de cálculo do ruído de helicópteros apenas foi incorporado ao programa INM na última versão criada em 2007. Considerando este fato, foram elaboradas curvas de ruído DNL com base no número de movimentos de aeronaves previstos no PEZR, porém utilizando a composição da frota atual. Assim, foram considerados 816 movimentos diários sendo 80% de movimentos com helicópteros.

A Figura 5.11 mostra a sobreposição das curvas DNL futuras com as curvas previstas no PEZR. As curvas futuras de helicópteros indicam que o impacto do ruído é maior que a do PEZR, nas áreas laterais da pista, no prolongamento da cabeceira 20, e na região do Centro Metropolitano, por onde ocorre a maioria das operações de pouso.

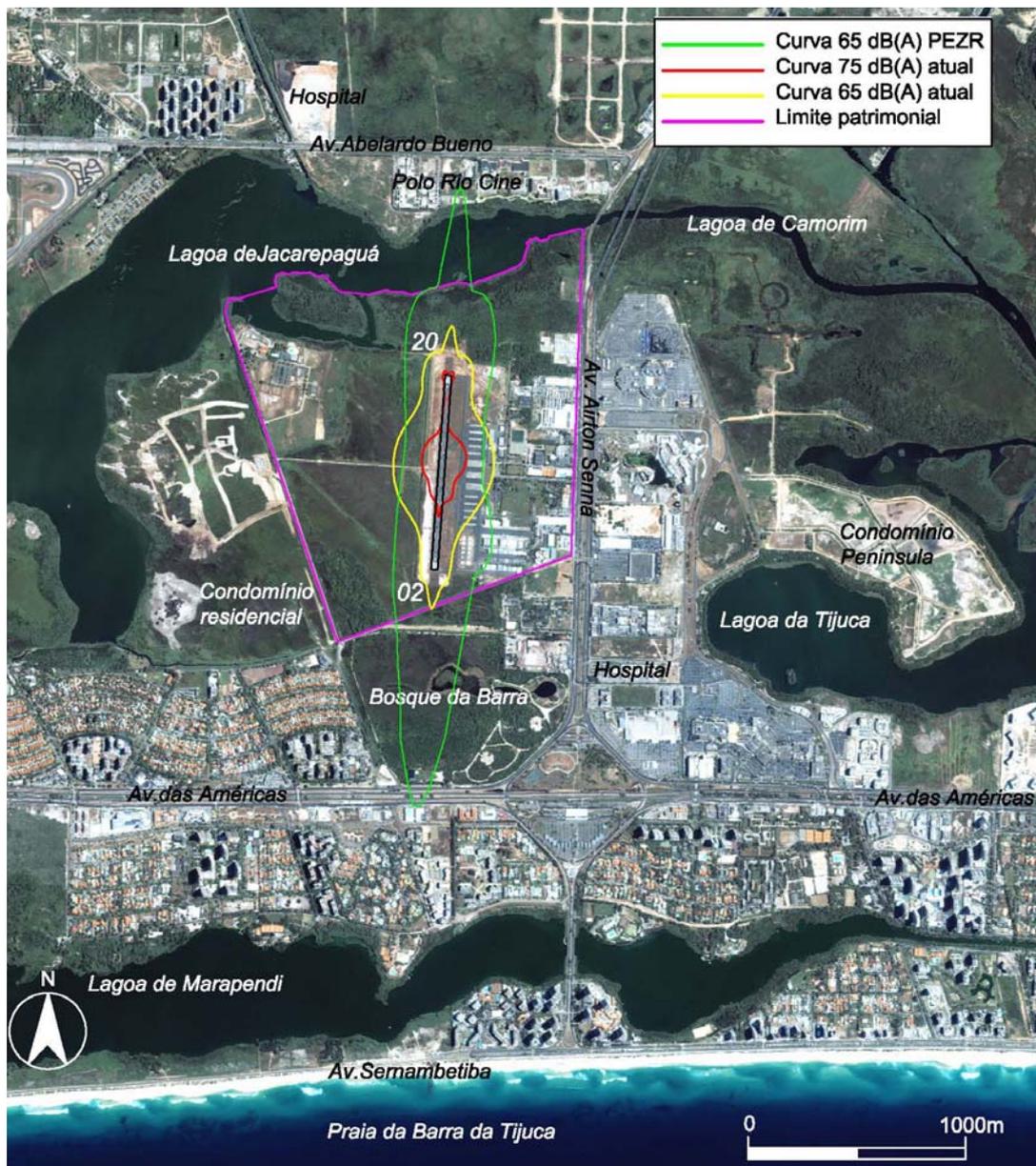


Figura 5.10: Cenário atual: Comparação das curvas DNL 75dB(A) e 65dB(A) elaboradas para a situação atual do aeroporto (274 movimentos diários), com as curvas de ruído previstas no PEZR em vigor (816 movimentos diários).

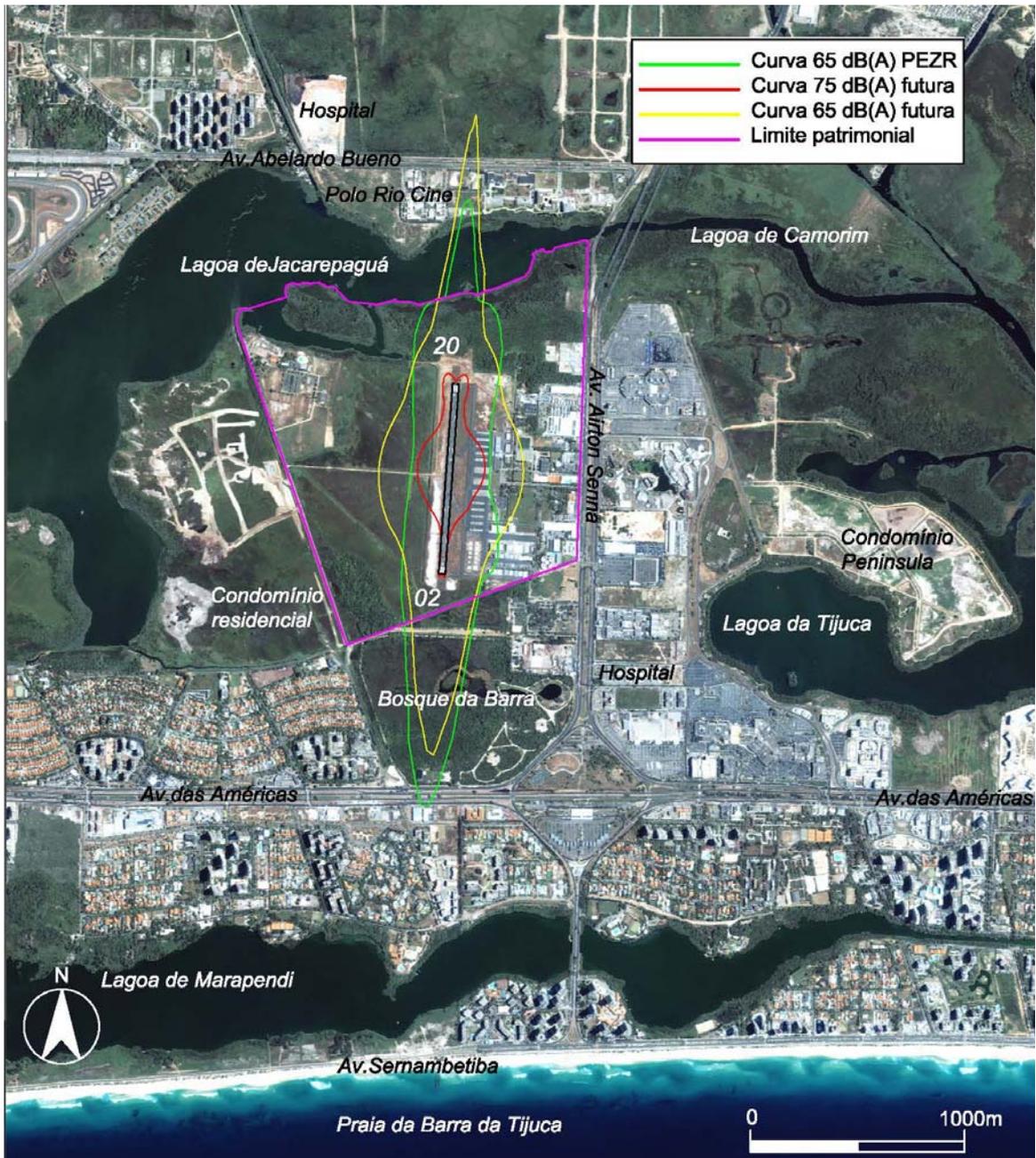


Figura 5.11: Comparação das curvas DNL 75dB(A) e 65dB(A) elaboradas para a situação futura do aeroporto (816 movimentos diários sendo 80% de helicópteros), com as curvas de ruído previstas no PEZR em vigor.

5.1.4 Diagnóstico ambiental sonoro no aeroporto SBJR

O diagnóstico ambiental sonoro na vizinhança do Aeroporto de Jacarepaguá foi empreendido com base em simulações acústicas do ruído aeronáutico, no programa INM 7.0 e levantamentos quantitativos do impacto sonoro com auxílio do Sistema de Informações Geográfica Transcad 5.0., de acordo com as etapas descritas a seguir.

5.1.4.1 Delimitação da área de estudo com base na norma NBR10151

Tendo em conta que o aeroporto funciona prioritariamente no período diurno, a área de estudo foi definida como a região delimitada pela curva de ruído LAeq Dia 50 dB(A), elaborada para a situação acústica atual, com base nos levantamentos de dados operacionais apresentados. A Figura 5.13 mostra as áreas afetadas pelo ruído gerado pelas atividades do aeroporto, de acordo com a norma NBR10151. As curvas LAeq Dia 50, 55, e 60 dB(A) recaem sobre diversas áreas ocupadas na vizinhança do aeroporto, e foram utilizadas como referência para reconhecimento da área de estudo e localização dos receptores críticos.

A Figura 5.12 mostra a contagem da população residente na área de estudo através do SIG. A partir da sobreposição da curva LAeq Dia 50 dB(A) na base cartográfica dos setores censitários do IBGE (base 2007), foi verificado que existem 20.369 residentes na área delimitada para estudo, sendo que a maior concentração de pessoas ocorre entre a Lagoa de Marapendi e a Praia da Barra da Tijuca

5.1.4.2 Mapeamento de receptores críticos

A identificação e georreferenciamento dos pontos receptores localizados na vizinhança do aeroporto foi realizada com auxílio dos aplicativos Google Earth e Wikimapia (<http://wikimapia.org>). A Figura 5.14 mostra a localização dos 27 pontos receptores considerados no estudo, o mapa de uso e ocupação no entorno do aeroporto, e as áreas de abrangência das curvas LAeq Dia 50, 55, e 60 dB(A) elaboradas para a situação atual do aeroporto.

Na determinação dos níveis de ruído aeronáutico nos pontos receptores foi utilizada a função *Noise at location points* do programa INM, para simulações em várias métricas. Os dados acústicos nos receptores são apresentados na Tabela 5.6.

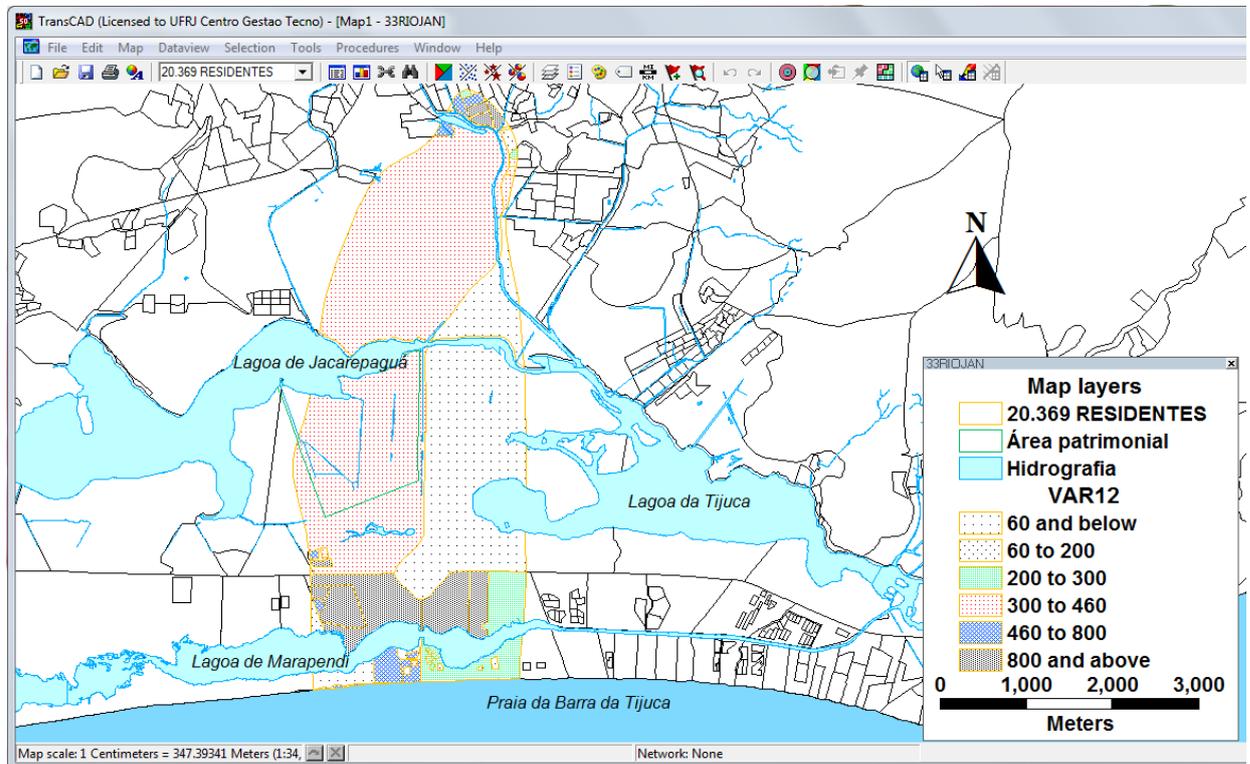


Figura 5.12: Contagem da população residente na área de estudo e distribuição dos residentes por setor censitário.

5.1.4.3 Métricas adotadas para avaliação do ruído no ponto receptor

- **DNL** - Day Night Sound Level;
- **LAeq Dia** e **LAeq Noite** -Nível sonoro equivalente calculado durante o período diurno e noturno, respectivamente.;
- **Laeq 1h** - Nível sonoro equivalente calculado para períodos de 1 hora;
- **SEL** (Nível de Exposição Sonora).

Tendo em conta que no Aeroporto de Jacarepaguá operam aviões e helicópteros, a métrica SEL foi utilizada para determinação da contribuição do ruído dos helicópteros no receptor, de acordo com o seguinte método de cálculo:

$$SEL^{HELO} = 10^{SEL^{HELO}/10}$$

$$SEL^{TOTAL} = 10^{SEL^{TOTAL}/10}$$

Assim tem-se,

$$\alpha = 100 (10^{SEL^{HELO}/10}) / (10^{SEL^{TOTAL}/10})$$

Onde,

SEL^{HELO} é o Nível de Exposição Sonora em dB(A) no ponto receptor, obtido através simulações do ruído gerado unicamente pelas operações de helicópteros.

SEL^{TOTAL} é o Nível de Exposição Sonora em dB(A) no ponto receptor, obtido através de simulações do ruído gerado pelas operações de helicópteros em conjunto com a de aviões.

A quantidade α é o percentual da exposição sonora gerada pelas operações dos helicópteros no ponto receptor.

Exemplo:

Sendo $SEL^{HELO} = 104,9$ dB(A) e $SEL^{TOTAL} = 106,8$ dB(A), valores obtidos nas simulações considerando o ponto receptor 1 – Condomínio Mandala.

Então,

$$SEL^{HELO} = 10^{SEL^{HELO}/10} = 30902954325,1360$$

$$SEL^{TOTAL} = 10^{SEL^{TOTAL}/10} = 47863009232,2639$$

$$\alpha = 100 (30902954325,1360) / (47863009232,2639) = 64,57\%$$

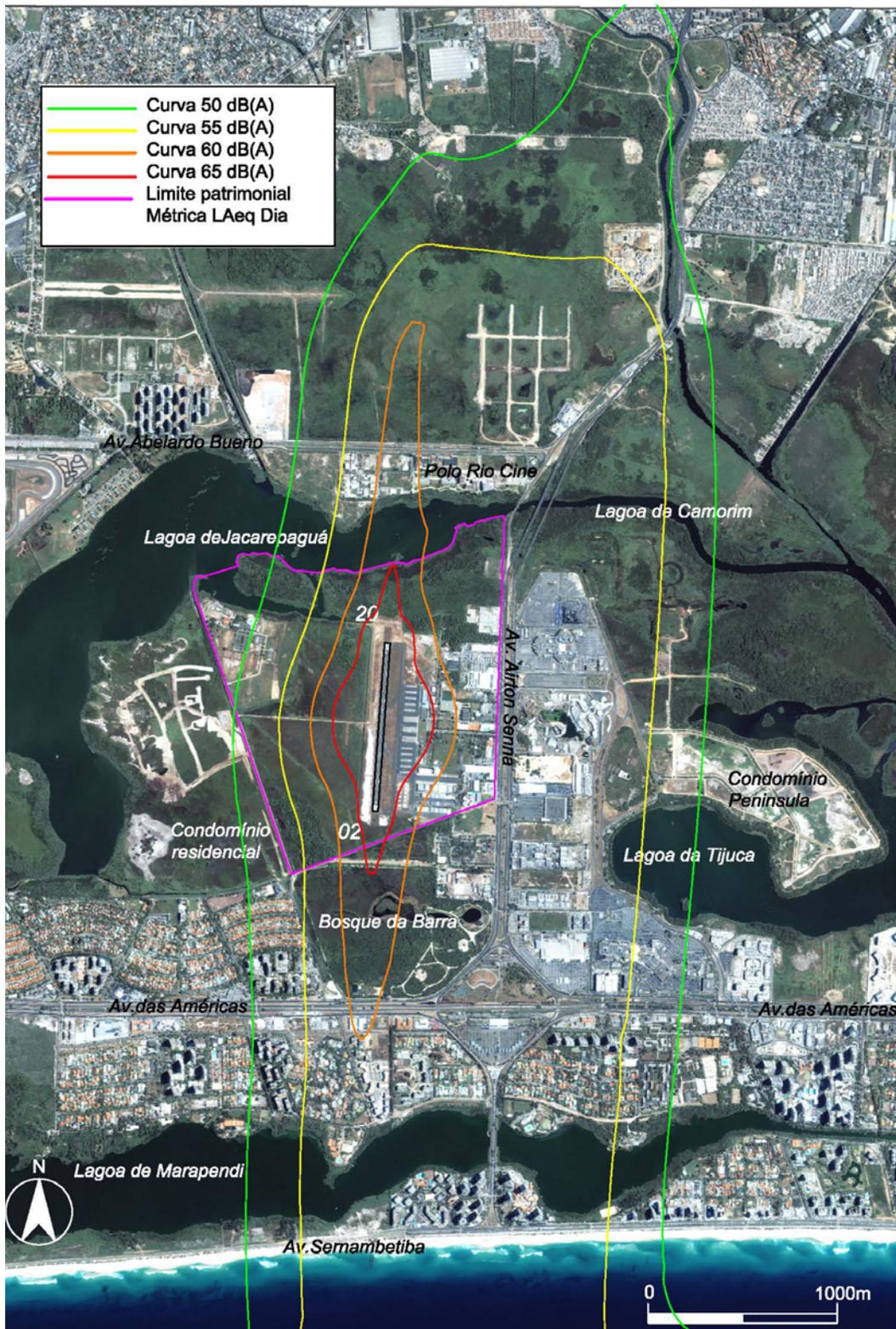


Figura 5.13: Delimitação da área de estudo. Curvas de ruído na métrica LAeq Dia elaboradas com base no movimento diário de aviões e helicópteros de 2010.

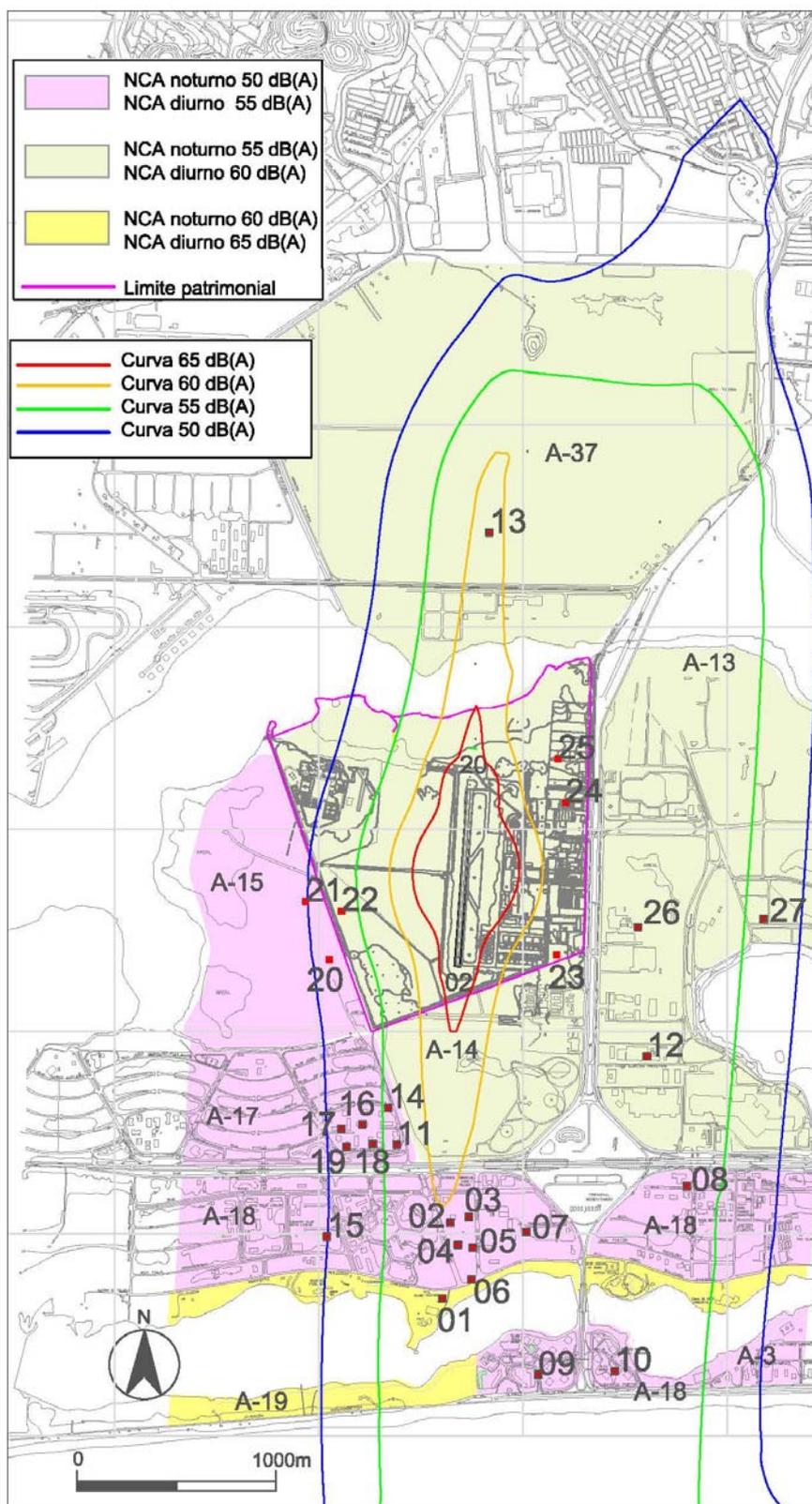


Figura 5.14: Localização dos 27 pontos receptores no entorno do SBJR no mapa de uso do solo do Zoneamento Municipal, (Elaboração própria).

5.1.5 Análise dos resultados – 1ª Etapa

Tabela 5.6–Níveis sonoros obtidos nos 27 pontos receptores identificados na área de estudo do Aeroporto SBJR.

Receptores críticos	Distância Km	DNL dB(A)	LAeqD dB(A)	LAeqN dB(A)	SEL helic. dB(A)	SEL total dB(A)	% ruído helicópteros
01- Cond. Mandala	2,06	58	59	41	104,9	106,8	64,57%
02- Cond. Barra Deck	1,71	58	60	42	104,7	107,2	56,23%
03- Cond. La Place	1,68	57	59	40	103,8	106,0	60,26%
04- Cond. Bourbon	1,83	58	59	41	104,3	106,5	60,26%
05- Cond. Parc des Princes	1,84	56	58	40	103,2	105,3	61,66%
06- Cond. Lac Premier	2,01	56	58	40	103,6	105,4	66,07%
07- Cond. Park Palace	1,78	52	54	35	99,3	100,9	69,18%
08- Cond. Nova Ipanema	1,89	55	57	37	104,3	104,3	100,00%
09- Cond. Alfa Barra I	2,51	51	52	34	98,3	99,7	72,44%
10- Cond. Alfa Barra II	2,57	53	55	34	101,8	102,1	93,33%
11-Escola E. Vicente Januzzy	1,36	54	56	38	101,1	103,3	60,26%
12- Hospital Lourenço Jorge	1,25	55	57	34	104,6	104,6	100,00%
13- Cond. em construção	1,95	60	62	38	109,0	109,5	89,13%
14- Cond. Vivendas	1,19	53	55	37	100,6	102,5	64,57%
15-Cond. Novo Leblon	1,92	48	50	31	94,4	96,9	56,23%
16-Cond. Solar da Barra	1,33	51	52	34	98,0	99,8	66,07%
17-Cond. Nau da Barra	1,40	49	51	32	96,3	98,0	67,61%
18-Cond. Portal do Bosque	1,41	52	53	35	98,7	100,8	61,66%
19-Cond. Portal do Parque	1,48	49	51	32	96,4	98,4	63,10%
20-Cond. Del Lago	0,81	49	51	30	97,7	98,3	87,10%
21-Cond. Quintas do Rio	0,84	48	50	27	96,4	96,8	91,20%
22-Conj Hab. M. da A.	0,66	51	53	31	99,6	100,1	89,13%
23- CEC Colégio	0,56	53	55	34	102,0	102,5	89,13%
24-Hospital Barra Dor	0,63	53	55	33	101,8	102,4	87,10%
25-Universidade Unigranrio	0,76	53	55	32	101,0	101,9	81,28%

26-Hospital Unimed	0,87	54	56	32	103,2	103,3	97,72%
27- Cond. Península	1,49	51	53	31	99,7	99,9	95,50%

5.1.5.1 Análise de acordo com o PEZR

Os resultados indicam que todos receptores estão expostos a níveis de ruído menor ou igual a DNL 60dB(A) e portanto apresentam conformidade com a regulação aeronáutica.

5.1.5.2. Análise de acordo com a norma ABNT NBR 10151

A Subzona A18 é uma área mista com vocação residencial onde a condição definida pela NBR 10151 é LAEq Dia 55 e LAEq Noite 50. Os níveis LAEq Dia obtidos são superiores a 55 dB(A) nos pontos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 e 11 localizados na região próxima da Lagoa de Marapendi.

A Subzona A37 é uma área mista com vocação comercial onde a condição definida pela norma é LAEq Dia 60 dB(A) e LAEq Noite 55 dB(A). O valor LAEq Dia é superior a 60 dB(A) no ponto 13, região onde existem condomínios em fase de construção.

Do ponto de vista da legislação urbana, 9 dos 27 pontos receptores não apresentam enquadramento legal com a Tabela 1 da norma ABNT NBR 10151/2000.

5.1.5.3. Determinação da contribuição do ruído dos helicópteros

Os resultados indicam que a contribuição sonora dos helicópteros é maior que a dos aviões, em todos os pontos estudados. A influência acústica dos helicópteros é menor apenas nos pontos localizados próximos da cabeceira 02 da pista do aeroporto, como nos pontos 1, 2, 3 e 4.

5.1.5.4. Análise de acordo com a norma ABNT NBR 10152

A norma NBR 10152 apresenta níveis internos de conforto e de aceitabilidade para recintos internos. A conversão destes valores para áreas externas (+10dB(A) janela aberta, +15dB(A) janela fechada), permite verificar se a atividade desenvolvida no local é compatível com os níveis de ruído aeronáuticos obtidos nas simulações.

Assim, na condição de janela aberta, foi definido o valor de 60 dB(A) como nível externo aceitável para escolas, residências e hospitais, na métrica LAeq 1 hora.

Desta forma as seguintes conclusões foram obtidas:

Com exceção do Ponto 13, o horário de pico de ruído ocorre às 10hs em todos receptores. O critério LAeq 1 hora \leq 60 dB(A) é ultrapassado nos pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 localizados em condomínios nas margens da Lagoa de Marapendi, região por onde ocorre a maioria das decolagens. Os valores de atenuação sonora na edificação para adequação da atividade residencial com o ruído aeronáutico são da ordem de 2 dB(A). A Figura 5.15 mostra os dados acústicos do ponto receptor 2 no SIG.

O Ponto 13, localizado na região de condomínios em construção possui hora crítica de ruído às 16hs. Este local é próximo da cabeceira 20 por onde ocorre a maioria dos pousos do aeroporto. O valor de atenuação sonora na edificação para adequação da atividade residencial com o ruído aeronáutico é de 6 dB(A). A Figura 5.16 mostra os dados acústicos do Ponto 13 no SIG.

É importante notar que os horários críticos de ruído não coincidem com o horário de maior movimento de aeronaves registrado às 14hs, conforme apresentado anteriormente na Gráfico 5.3 – Média dos movimentos por hora no SBJR.

Os dados obtidos nos levantamentos acústicos, ambientais e urbanos do aeroporto foram introduzidos no SIG para facilitar a consulta, comparação dos resultados e auxiliar na construção de um banco de dados sobre a exposição ao ruído aeronáutico na vizinhança do Aeroporto SBJR.

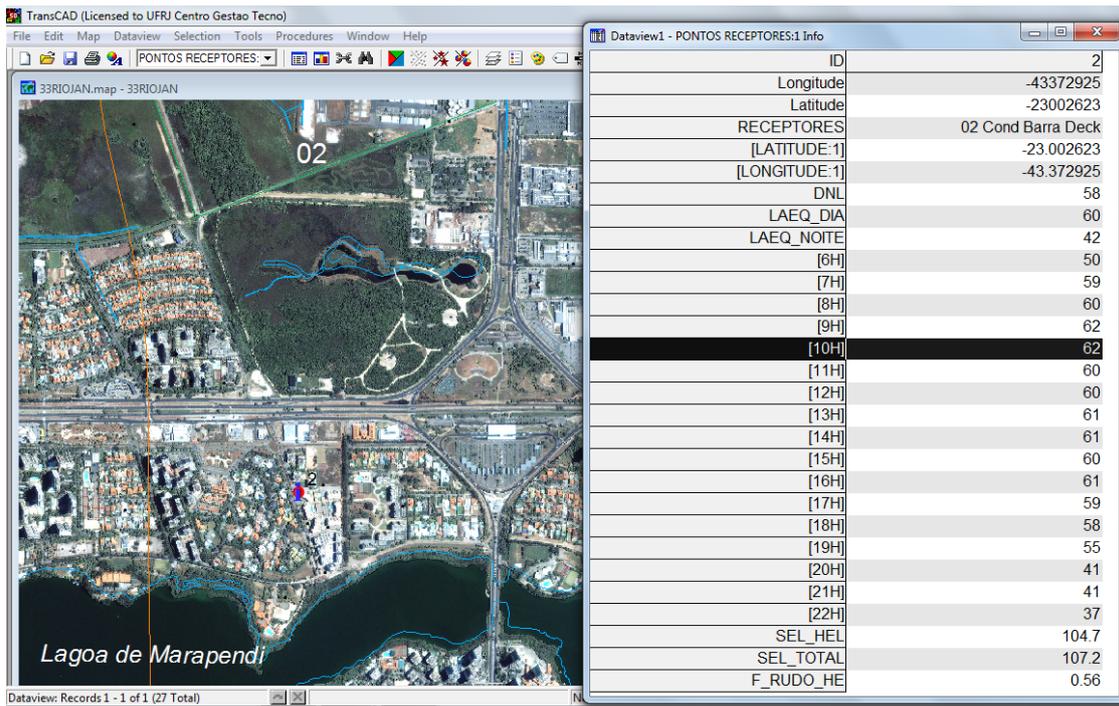


Figura 5.15: Levantamento dos dados acústicos e hora crítica de ruído no Ponto 2 – Condomínio Barra Deck, no SIG.

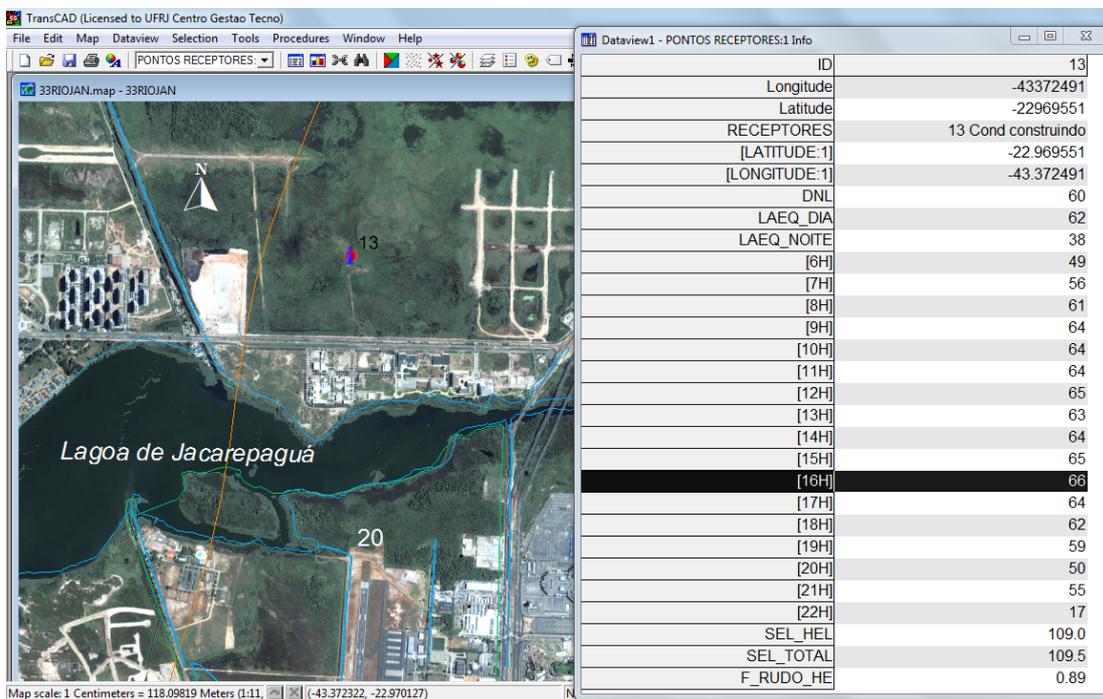


Figura 5.16: Levantamento dos dados acústicos e hora crítica de ruído no Ponto 13 – condomínios construindo, no SIG.

5.1.6 Análise das curvas de ruído

A análise das curvas de ruído LAeq Dia do aeroporto possibilitou identificar que as operações dos helicópteros produzem “rastros de ruído” ao longo de suas rotas. Diferente dos aviões, as curvas de ruído dos helicópteros estendem-se além do aeroporto e acompanham toda a sua trajetória, tais como “estradas no céu”. A comparação entre a Figura 5.17 e a Figura 5.18 permite verificar este fato. A Figura 5.17 mostra o impacto do ruído gerado apenas pelo movimento dos aviões no Aeroporto SBJR, e a Figura 5.18 mostra o movimento de helicópteros em separado.

Observa-se que as curvas de ruído LAeq Dia 55 dB(A) dos helicópteros prolongam-se pelas rotas mais utilizadas, a rota PR e a rota de toques e arremetidas praticadas pelo Aeroclube. A partir destes dados pode-se afirmar que a influência acústica do tráfego de helicópteros não está restrita às áreas vizinhas do aeródromo.

Por outro lado, verifica-se na mesma Figura 5.18, que não há “rastros de ruído” de helicópteros na rota MC. Este fato ocorre porque esta rota apresenta menor percentual de utilização, cerca de 10 a 20% do total de movimentos, e os níveis de ruído gerados ao longo desta trajetória são inferiores a 50 dB(A). Em simulações considerando valores LAeq Dia 45 dB(A) já é possível visualizar o prolongamento das curvas de ruído na rota MC.

Por estes resultados pode-se afirmar que a concentração de movimentos de helicópteros em uma determinada rota elevam os níveis de ruído ao longo do seu percurso. Este é o caso do Aeroporto de Jacarepaguá, onde cerca de 90% do movimento de helicópteros ocorre pelas rotas PR e pouso e decolagem pela cabeceira 20. Assim sendo, existe uma concentração de movimentos na rota D-H20-PR que passa sobre a quadra do Condomínio Barra Deck e outra concentração na rota A-H20-PR que passa sobre a quadra do Condomínio Nova Ipanema. Este é um dos principais fatores que elevam os níveis sonoros percebidos pelos residentes destes locais.

Por outro lado, a concentração de operações numa determinada rota, assim como os CH - Corredores Aéreos de Circulação de Helicópteros, pode ser uma importante

ferramenta de controle de ruído de tráfego de helicópteros nas áreas urbanas, desde que sejam planejadas adequadamente de modo a evitar o sobrevoo de áreas sensíveis ao ruído.

- **Influência da altitude do voo no impacto do ruído no receptor**

O programa INM possui perfis operacionais padronizados para a altitude mínima de voo dos helicópteros a 1000 pés (300m), valor adotado nos Estados Unidos. Nas simulações estes perfis foram editados para a altitude mínima de voo de 500 pés (150m), valor adotado no Brasil. Para efeito de comparação, foram elaboradas curvas de ruído LAeq Dia de acordo com os padrões do FAA, considerando apenas o movimento de helicópteros do Aeroporto SBJR, e os resultados são apresentados na Figura 5.19. A comparação entre as Figuras 5.18 e 5.19 permite visualizar a redução de até 5 dB(A) nas áreas de curvas de ruído nos locais mais afastados do aeroporto e ao longo das rotas. A Tabela 5.7 mostra as diferenças nos níveis de ruído no receptor com a mudança na altitude mínima de voo para 1000 pés. Verifica-se reduções de até 3 dB(A) nos valores LAeq Dia nos pontos receptores 8, 12 e 13.

Tabela 5.7: Níveis sonoros nos 27 pontos receptores identificados na área de estudo do Aeroporto SBJR, com altitude de voo à 500 pés e a 1000 pés.

Receptores críticos	Distância Km	LAeqD dB(A) 500 pés	LAeqD dB(A) 1000 pés	Diferença dB(A)
01- Cond. Mandala	2,06	59	57	2
02- Cond. Barra Deck	1,71	60	58	2
03- Cond. La Place	1,68	59	57	2
04- Cond. Bourbon	1,83	59	58	2
05- Cond. Parc des Princes	1,84	58	57	1
06- Cond. Lac Premier	2,01	58	56	2
07- Cond. Park Palace	1,78	54	54	0
08- Cond. Nova Ipanema	1,89	57	54	3
09- Cond. Alfa Barra I	2,51	52	53	0
10- Cond. Alfa Barra II	2,57	55	53	2
11-Escola Vicente Januzzy	1,36	56	55	1
12- Hospital Lourenço Jorge	1,25	57	54	3
13- Cond. em construção	1,95	62	59	3
14- Cond. Vivendas	1,19	55	55	0
15-Cond. Novo Leblon	1,92	50	50	0
16-Cond. Solar da Barra	1,33	52	53	0
17-Cond. Nau da Barra	1,40	51	51	0
18-Cond. Portal do Bosque	1,41	53	53	0
19-Cond. Portal do Parque	1,48	51	51	0
20-Cond. Del Lago	0,81	51	51	0
21-Cond. Quintas do Rio	0,84	50	50	0
22-Conj Hab. Aeronáutica	0,66	53	53	0
23- CEC Colégio	0,56	55	56	0
24-Hospital Barra Dor	0,63	55	56	0
25-Universidade Unigranrio	0,76	55	55	0
26-Hospital Unimed	0,87	56	54	2
27- Cond. Península	1,49	53	52	1



Figura 5.17: Curvas de ruído na métrica LAeq Dia, elaboradas para somente o movimento de aviões no SBJR. (ano base 2010).

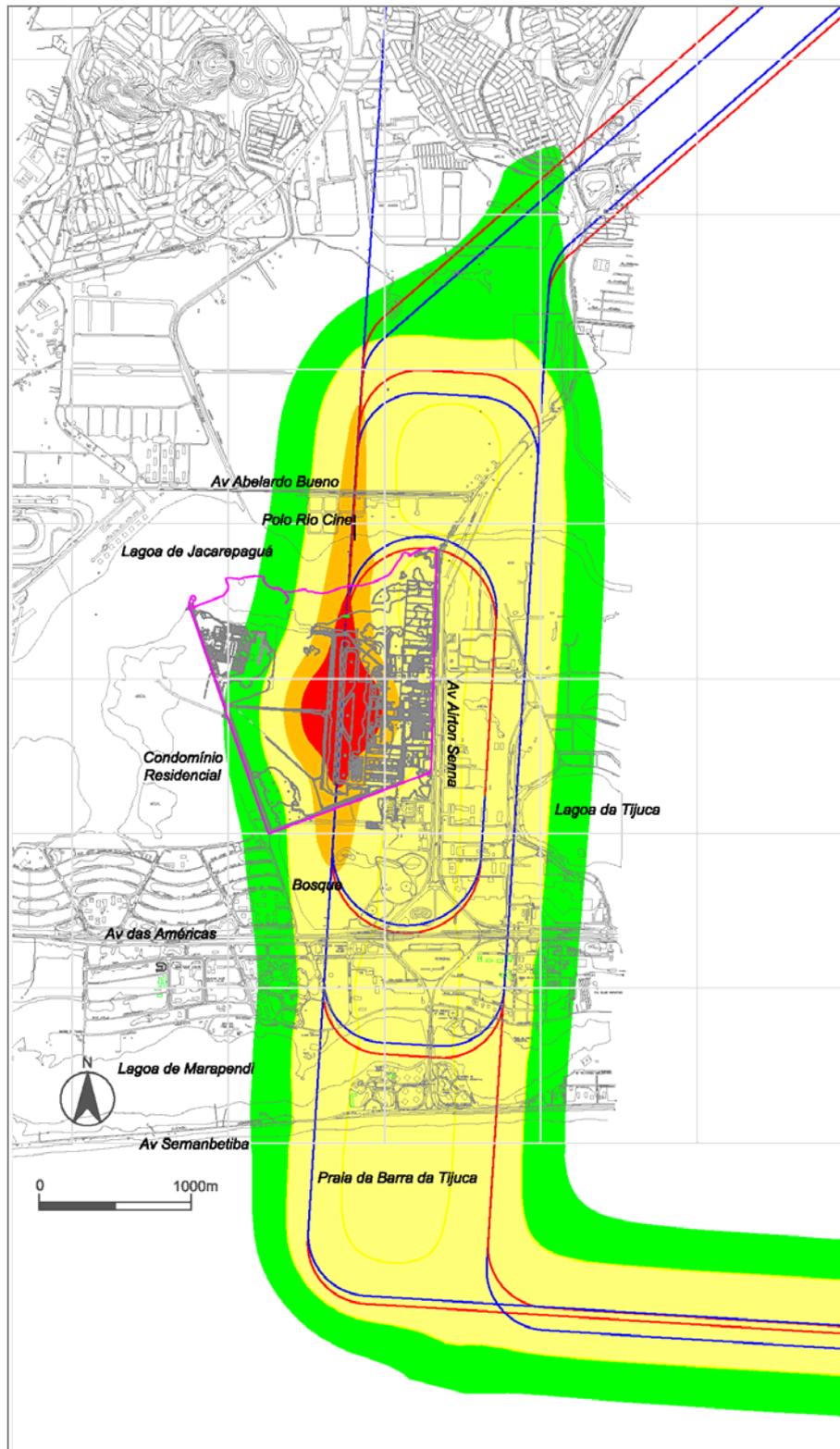


Figura 5.18: Curvas de ruído na métrica LAeq Dia, elaboradas para somente o movimento de helicópteros no SBJR, na altitude de 500 pés (ano base 2010).

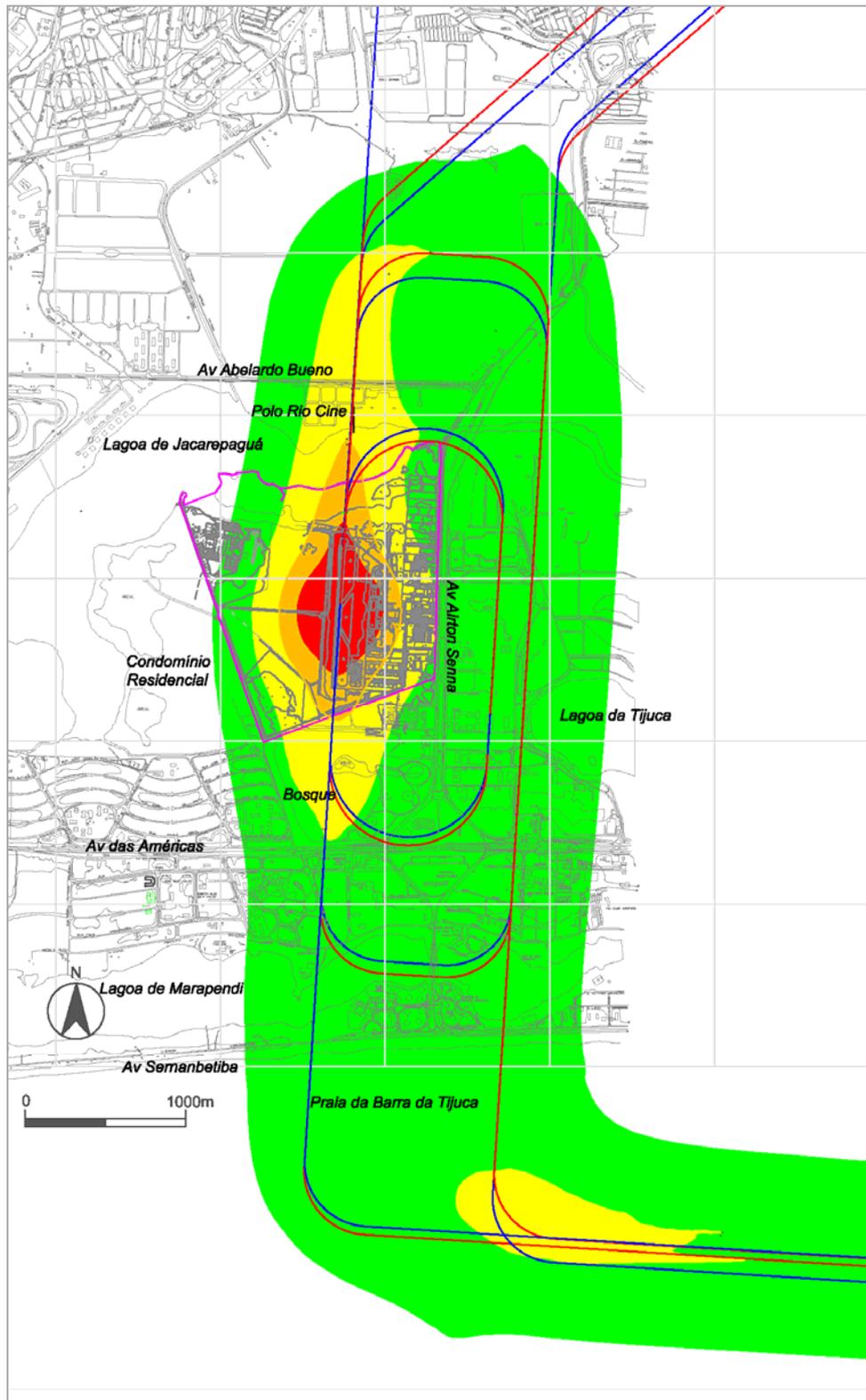


Figura 5.19: Curvas de ruído na métrica LAeq Dia, elaboradas para somente o movimento de helicópteros no SBJR, na altitude de 1000 pés (ano base 2010).

5.1.7 Aplicação da Matriz de Exposição

Sonora no SBJR

Nesta etapa da pesquisa, foi utilizado o conceito da Matriz de Exposição Sonora para análise mais detalhada dos níveis de exposição sonora e seus efeitos, nos locais identificados como os mais afetados pelo ruído aeronáutico na vizinhança do Aeroporto de Jacarepaguá.

O uso da Matriz de Exposição Sonora teve por objetivo auxiliar na identificação do problema de ruído no ponto receptor e indicar prioridades de medidas de controle para o aeródromo.

5.1.7.1. Seleção dos pontos receptores

Com base nos resultados obtidos na etapa anterior foram selecionados para estudo dois locais: o Ponto 2 – Condomínio Barra Deck e o Ponto 8 – Condomínio Nova Ipanema. Neste último constam diversas queixas dos moradores feitas ao DECEA, e solicitações para mudanças de rotas devido ao incômodo causado pelo ruído do helicópteros, conforme matéria publicada no Jornal O Globo, em 24 de novembro de 2011, <<http://oglobo.globo.com/barra/estresse-aereo-na-barra-trafego-de-aeronaves-preocupa-moradores-3304790>>.

A Matriz foi elaborada para o Ponto 2 e Ponto 8 separadamente, e possibilitou obter os seguintes dados de contribuição ao ruído aeronáutico no receptor:

- Aeronave crítica;
- Rota crítica;
- Rota e modelos de aeronaves com maior contribuição.

5.1.8 Caracterização das contribuições ao ruído no Ponto 2

O Ponto 2 - Condomínio Barra Deck está situado na distância de 1,70 km ao sul da pista do aeroporto, na direção da cabeceira 02. Neste local, sobrevoam aviões e helicópteros durante operações de pouso e decolagem, sendo que os helicópteros apresentam maior contribuição sonora no nível de ruído aeronáutico, cerca de 57 %

Os dados detalhados das simulações no Ponto 2, obtidos pela função *Detailed Grids* do programa INM, indicam que os helicópteros passam sobre o local com cerca de 500 pés de altitude e velocidade máxima na decolagem. E durante o pouso, a altitude é cerca de 400 pés com velocidade mínima.

Foram estudadas oito rotas incluindo toques e arremetidas que passam sobre a quadra do Condomínio Barra Deck, quatro dessas rotas são usadas por aviões e quatro por helicópteros, do seguinte modo:

Helicópteros:

- Decolagem pela cabeceira 20 rota praia: D-H20-PR;
- Pouso pela cabeceira 02 rota praia: A-H02-PR;
- Decolagem pela cabeceira 20 rota Maracanã/ Madureira: D-H20-MC;
- Pouso pela cabeceira 02 rota Maracanã/ Madureira: A-H02-MC.

Aviões:

- Decolagem pela cabeceira 20 rota praia: D-20-PR;
- Pouso pela cabeceira 02 rota praia: A-02-PR;
- Toques e arremetidas pela cabeceira 20: T-20-PR;
- Toques e arremetidas pela cabeceira 02: T-02-MC.

Considerando a média do movimento de aeronaves, ocorrem sobre este local 98 sobrevoos ao longo de um dia, sendo a maioria com helicópteros (62 eventos).

A Tabela 5.8 mostra a Matriz de Exposição Sonora elaborada para análise dos eventos no Ponto 2.

Tabela 5.8: Matriz de Exposição Sonora do Ponto 2 – Cond. Barra Deck

Aeronave	Tipo	Cab.	Rota	Nº Mov	SEL_1 evento dB(A)	SEL_Total dB(A)	Quantidade α	% de contribuição
PA28	D	20	PR	8,814	87	97	4843437842,16	9,944%
A109	D	H20	PR	8,427	88	97	4848962470,61	9,956%
S61	D	H20	PR	4,933	89	96	3918106627,91	8,045%
A109	A	H02	PR	1,096	95	96	3713897984,92	7,625%
CNA182	D	20	PR	1,327	94	95	3334152454,86	6,846%
S76	D	H20	PR	6,918	85	94	2344099814,24	4,813%
CNA172	T	20	PR	9,690	83	93	2119941013,61	4,353%
S76	A	H02	PR	0,879	93	93	1794369142,25	3,684%
SA350D	D	H20	PR	7,727	83	92	1690397209,02	3,471%
LEAR35	D	20	PR	0,114	102	92	1612849493,83	3,311%
BEC58P	D	20	PR	1,003	92	92	1553142463,73	3,189%
BEC58P	T	20	PR	0,714	91	90	985082242,36	2,023%
CNA206	T	20	PR	0,442	93	90	945941326,50	1,942%
SA350D	A	H02	PR	1,033	89	90	899760259,13	1,847%
CNA510	D	20	PR	0,878	90	90	898505481,75	1,845%
S61	A	H02	PR	0,642	91	89	826528029,87	1,697%
R22	D	H20	PR	10,681	79	89	756179121,80	1,553%
CNA206	D	20	PR	0,442	92	89	734284227,20	1,508%
R44	D	H20	PR	4,181	82	88	693921248,06	1,425%
R22	A	H02	PR	1,377	87	88	690007017,96	1,417%
A109	D	H20	MC	0,936	88	88	590753373,45	1,213%
A109	A	H02	MC	0,186	95	88	589113354,42	1,210%
SA365N	D	H20	PR	0,925	88	88	570265903,21	1,171%
PA31	D	20	PR	0,414	91	87	497623260,81	1,022%
S61	D	H20	MC	0,548	89	87	477346401,86	0,980%
GASEPF	D	20	PR	1,802	84	87	474074242,32	0,973%
B206B3	D	H20	PR	2,460	83	87	458076228,75	0,941%
CNA208	D	20	PR	1,288	86	87	457086574,61	0,938%
GASEPF	T	20	PR	1,270	84	85	334096640,33	0,686%
S76	D	H20	MC	0,751	86	85	312959270,34	0,643%
B206B3	A	H02	PR	0,316	90	85	308593924,11	0,634%
CNA441	D	20	PR	1,716	82	84	272034712,81	0,559%
B407	D	H20	PR	1,015	84	84	266914335,28	0,548%
SA355F	D	H20	PR	0,944	84	84	226514116,28	0,465%
B407	A	H02	PR	0,132	92	83	219055514,26	0,450%
SA365N	A	H02	PR	0,120	93	83	213923456,47	0,439%
R44	A	H02	PR	0,540	86	83	209955993,40	0,431%
SA350D	D	H20	MC	0,855	84	83	205076226,25	0,421%
S76	A	H02	MC	0,098	93	83	204017677,88	0,419%
CNA208	A	02	PR	0,163	91	83	191940663,76	0,394%
CNA172	D	20	PR	0,842	83	82	175935866,45	0,361%
CNA560E	D	20	PR	0,057	95	82	164649358,51	0,338%

DO228	D	20	PR	0,642	83	81	137314035,94	0,282%
SA355F	A	H02	PR	0,119	90	81	121390177,80	0,249%
CNA55B	D	20	PR	0,057	93	81	119277916,11	0,245%
CNA525C	D	20	PR	0,057	93	81	116562819,26	0,239%
EC130	A	H02	PR	0,117	90	80	111692112,89	0,229%
EC130	D	H20	PR	0,899	80	80	96348015,67	0,198%
CNA560XL	D	20	PR	0,086	90	80	93896910,33	0,193%
S61	A	H02	MC	0,071	91	80	91836734,04	0,189%
CNA500	D	20	PR	0,029	95	80	90267215,81	0,185%
SA350D	A	H02	MC	0,111	89	79	82434440,14	0,169%
R22	D	H20	MC	1,176	78	79	81363542,35	0,167%
R44	D	H20	MC	0,461	82	79	76507620,27	0,157%
R22	A	H02	MC	0,153	87	79	71550380,03	0,147%
SA365N	D	H20	MC	0,103	88	78	64839069,59	0,133%
CNA441	A	02	PR	0,219	84	78	60334409,40	0,124%
B212	D	H20	PR	0,128	87	78	57377847,46	0,118%
BEC58P	A	02	PR	0,126	86	77	51427278,89	0,106%
B212	A	H02	PR	0,017	94	76	41013276,56	0,084%
B206B3	D	H20	MC	0,270	82	76	40828617,39	0,084%
CNA510	A	02	PR	0,106	86	76	38420193,60	0,079%
DO228	A	02	PR	0,084	87	76	37315947,29	0,077%
CNA172	T	02	MC	1,260	75	76	37185236,26	0,076%
SA355F	D	H20	MC	0,101	84	74	26653820,70	0,055%
B407	D	H20	MC	0,113	84	74	25830220,05	0,053%
B206B3	A	H02	MC	0,035	89	74	24838985,79	0,051%
B407	A	H02	MC	0,015	92	74	24339501,58	0,050%
R44	A	H02	MC	0,060	86	74	23871700,27	0,049%
SA365N	A	H02	MC	0,013	93	74	23768482,59	0,049%
GASEPF	A	02	PR	0,230	79	72	16676515,80	0,034%
DHC6	D	20	PR	0,029	88	72	16052033,13	0,033%
CNA206	T	02	MC	0,058	84	72	15137192,29	0,031%
PA28	A	02	PR	1,138	71	72	15001827,60	0,031%
CNA560XL	A	02	PR	0,011	91	72	14349811,76	0,029%
CNA206	A	02	PR	0,058	84	72	14126849,81	0,029%
BEC58P	T	02	MC	0,093	82	71	13726125,84	0,028%
SA355F	A	H02	MC	0,013	90	71	11747578,62	0,024%
EC130	D	H20	MC	0,100	81	71	11738166,49	0,024%
CNA182	A	02	PR	0,173	78	70	11147220,26	0,023%
EC130	A	H02	MC	0,013	89	70	10808770,21	0,022%
LEAR35	A	02	PR	0,015	88	70	9589256,61	0,020%
DHC6	A	02	PR	0,004	94	69	8906866,63	0,018%
PA31	A	02	PR	0,054	82	69	7963075,83	0,016%
CNA55B	A	02	PR	0,007	90	69	7426000,00	0,015%
B212	D	H20	MC	0,014	87	69	7153445,39	0,015%
CNA560E	A	02	PR	0,007	89	67	5257205,39	0,011%
GASEPF	T	02	MC	0,165	75	67	4764420,04	0,010%
B212	A	H02	MC	0,002	94	66	4350888,68	0,009%

CNA172	A	02	PR	0,110	75	65	3232488,98	0,007%
CNA525C	A	02	PR	0,007	86	65	2823286,46	0,006%
CNA500	A	02	PR	0,004	86	61	1317422,11	0,003%
TOTAL				97,628		107	48705355523,29	100,000%

5.1.8.1 Análise dos eventos

A Tabela 5.9 mostra os valores mais elevados do SEL por evento no Ponto 2.

Tabela 5.9: Identificação e frequência dos eventos críticos no Ponto 2.

Aeronave	Tipo	Cab.	Rota	Nº Mov	SEL_1 evento dB(A)	SEL_Total dB(A)	Quantidade α (Pasques)	% de contribu
A109	A	H02	PR	1,096	95	96	3713897984,92	7,625%
LEAR35	D	20	PR	0,114	102	92	1612849493,83	3,311%
A109	A	H02	MC	0,186	95	88	589113354,42	1,210%
CNA560E	D	20	PR	0,057	95	82	164649358,51	0,338%
CNA500	D	20	PR	0,029	95	80	90267215,81	0,185%
TOTAL				1,482		98	6170777407,49	12,670%

- **Aeronave crítica**

O evento sonoro mais representativo no local é a decolagem da aeronave a jato LEAR35 pela cabeceira 20 rota PR. Contudo, o número de operações deste tipo é pequeno, cerca de 3 operações por mês.

Outros eventos sonoros representativos são os pousos do helicóptero A109 pela cabeceira 02 rotas PR e MC e as decolagens das aeronaves a jato CNA500 e CNA 560 pela cabeceira 20. O modelo A109 realiza maior número de operações de pouso no local, cerca de 1 por dia, e por isso apresenta maior potencial de provocar incômodo sonoro neste ponto.

Observa-se que a influência acústica do helicóptero A109 neste local é o mesmo das aeronaves a jato CNA500 e CNA560E.

- **Rota crítica no Ponto 2**

O valor do SEL por evento representa o impacto sonoro de uma operação. Considera-se que a rota crítica é aquela que os eventos apresentam valores SEL mais elevados.

No caso dos helicópteros, a rota mais impactante é o pouso pela cabeceira 02 rota PR (A-H02-PR) cujos eventos estão relacionados na Tabela 5.10.

Tabela 5.10: Identificação e frequência dos eventos na rota crítica A- H02-PR.

Aeronave	Tipo	Cab.	Rota	Nº Mov	SEL_1 evento dB(A)	SEL_Total dB(A)	Quantidade α (Pasques)	% de contribu
A109	A	H02	PR	1,096	95	96	3713897984,92	7,625%
S76	A	H02	PR	0,879	93	93	1794369142,25	3,684%
SA350D	A	H02	PR	1,033	89	90	899760259,13	1,847%
S61	A	H02	PR	0,642	91	89	826528029,87	1,697%
R22	A	H02	PR	1,377	87	88	690007017,96	1,417%
B206B3	A	H02	PR	0,316	90	85	308593924,11	0,634%
B407	A	H02	PR	0,132	92	83	219055514,26	0,450%
SA365N	A	H02	PR	0,120	93	83	213923456,47	0,439%
R44	A	H02	PR	0,540	86	83	209955993,40	0,431%
SA355F	A	H02	PR	0,119	90	81	121390177,80	0,249%
EC130	A	H02	PR	0,117	90	80	111692112,89	0,229%
B212	A	H02	PR	0,017	94	76	41013276,56	0,084%
TOTAL				6,386		100	9150186889,61	18,787%

- **Determinação da contribuição da sonora por rota no Ponto 2.**

A Tabela 5.11 mostra a representatividade de cada rota que passa pelo Ponto 2 no cenário acústico local.

Tabela 5.11: Contribuição sonora por rota no Ponto 2.

ROTAS				Nº Mov	SEL_Total dB(A)	Quantidade α	% RUÍDO
Helicópteros	D	H20	PR	49,238	102	15927162938,29	32,701%
Aviões	D	20	PR	19,598	102	15729040042,79	32,011%
Helicópteros	A	H02	PR	6,386	100	9150186889,61	18,728%
Aviões	T	20	PR	12,116	96	4401323017,96	9,003%
Helicópteros	D	H20	MC	5,428	93	1921049774,10	3,944%
Aviões	A	02	PR	2,515	87	496084160,08	1,021%
Aviões	T	02	MC	1,576	79	70879278,96	0,145%
Helicópteros	A	H02	MC	0,771	91	1162678494,26	2,380%
TOTAL				97,628	107	48858404596,05	100,00%

Os eventos relacionados com a rota crítica A-H02-PR são mais ruidosos, contudo o número de operações nesta rota é pequeno e a maior contribuição ao ruído é devido às operações de decolagem pela cabeceira 20 rota PR (D-H20-PR).

No caso dos aviões, a rota com maior contribuição ao ruído no Ponto 2 é a decolagem pela cabeceira 20 (D-20-PR).

- **Determinação da contribuição da sonora por modelo de aeronave**

A Tabela 5.12 mostra a quantificação da contribuição ao ruído no receptor, de cada modelo de aeronave que sobrevoa o local, durante o horário de funcionamento do aeroporto.

Tabela 5.12: Identificação e quantificação da contribuição da sonora por modelo de aeronave no Ponto 2.

AERONAVE	Nº Mov	SEL_Total dB(A)	Quantidade α	% RÚIDO
A109	10,645	100	9742727183,40	19,941%
S61	6,194	97	5313817793,68	10,876%
PA28*	9,952	97	4912923806,17	10,055%
S76	8,645	97	4655445904,70	9,528%
Outros aviões (1)	8,920	95	3539367523,16	7,244%
CNA182*	1,500	95	3399406343,35	6,958%
SA350D	9,726	95	2877668134,54	5,890%
BEC58P*	1,935	94	2627220394,46	5,377%
R22/R44	18,629	94	2603356624,14	5,328%
CNA172*	11,902	94	2352131631,86	4,814%
Outros helicópteros (2)	6,823	93	2095265543,95	4,288%
CNA206*	1,000	92	1725563815,25	3,532%
LEAR35*	0,129	92	1631582469,57	3,339%
SA365N	1,611	89	872796911,86	1,786%
PA31*	0,468	87	509130515,97	1,042%
TOTAL	98,079	107	48858404596,06	100,00%

Notas:

(*) Modelos de aviões

(1) Total dos modelos de aviões com menos de 1%

(2) Total dos modelos de helicópteros com menos de 1%

O modelo A109 é o mais ruidoso da frota de helicópteros e também apresenta o maior número de operações e, por consequência, maior contribuição ao ruído no Ponto 2. Além do helicóptero A109, os modelos S61, S76, SA350D e SA365N apresentam contribuições relevantes no Ponto 2.

No caso dos aviões, também devido ao maior número de movimentos diários, os modelos monomotores e bimotores a pistão PA28, CNA182, BEC58P, CNA172, CNA206 e PA31, sobressaem no clima acústico local.

5.1.9 Caracterização das contribuições ao ruído Ponto 8.

O Ponto 8 - Condomínio Nova Ipanema está localizado cerca de 2 km a leste, da pista do aeroporto. Neste local, sobrevoam apenas helicópteros durante operações de aproximação e saída do aeroporto.

Os dados detalhados das simulações no Ponto 8, obtidos pela função *Detailed Grids* do programa INM, indicam que os helicópteros passam sobre o local no modo de voo em rota, com cerca de 500 pés de altitude e velocidade máxima.

Foram estudadas quatro rotas de helicópteros que passam sobre o Condomínio Nova Ipanema:

- Pouso pela cabeceira 20 rota praia: A-H20-PR;
- Pouso pela cabeceira 02 rota Maracanã/ Madureira: A-H02-MC;
- Decolagem pela cabeceira 20 rota Maracanã/ Madureira: D-H20-MC;
- Decolagem pela cabeceira 02 rota praia: D-H02-PR.

Considerando a média do movimento de aeronaves, ocorrem sobre este local 61 sobrevoos ao longo de um dia. A Tabela 5.13 mostra a Matriz de Exposição Sonora elaborada para análise dos eventos no Ponto 8.

Tabela 5.13: Matriz de Exposição Sonora do ponto receptor 8 – Cond. N Ipanema.

Modelo	Tipo	Cab	Rota	Nº Mov	SEL_1 evento dB(A)	SEL_Total dB(A)	Quantidade α	% de RUÍDO
A109	A	H20	PR	8,459	88	98	5852046672,021	25,09%
S61	A	H20	PR	4,933	89	96	3656589861,482	15,68%
S76	A	H20	PR	6,757	87	95	3088380345,479	13,24%
R22	A	H20	PR	10,585	82	92	1495106861,779	6,41%
SA350D	A	H20	PR	7,727	83	91	1406009701,473	6,03%
B407	A	H20	PR	1,015	89	89	787720049,012	3,38%
R44	A	H20	PR	4,149	83	89	737815062,515	3,16%
A109	D	H02	PR	1,096	88	88	691560166,460	2,97%
A109	D	H20	MC	0,936	89	88	662836186,949	2,84%
B206B3	A	H20	PR	2,428	84	87	556169059,789	2,38%
S61	D	H02	PR	0,642	89	87	498032387,558	2,14%
S76	D	H02	PR	0,943	87	86	441239816,474	1,89%
S61	D	H20	MC	0,548	89	86	435345092,621	1,87%
S76	D	H20	MC	0,751	87	86	376259800,212	1,61%
A109	A	H02	MC	0,186	91	83	213894130,763	0,92%
SA365N	A	H20	PR	0,925	84	83	211873872,994	0,91%
R22	D	H02	PR	1,441	81	83	198949262,520	0,85%
SA355F	A	H20	PR	0,912	83	83	194985990,894	0,84%
SA350D	D	H02	PR	1,033	82	82	175440626,829	0,75%
B212	A	H20	PR	0,128	91	82	173278329,158	0,74%
SA350D	D	H20	MC	0,855	83	82	162897836,779	0,70%
R22	D	H20	MC	1,176	81	82	158646263,666	0,68%
EC130	A	H20	PR	0,899	82	82	145828622,886	0,63%
R44	D	H02	PR	0,540	84	81	135558975,049	0,58%
R44	D	H20	MC	0,461	84	81	115798969,247	0,50%
B407	D	H02	PR	0,132	89	81	112344263,076	0,48%
B407	D	H20	MC	0,113	89	79	83584953,637	0,36%
B206B3	D	H02	PR	0,316	84	79	77515289,081	0,33%
S76	A	H02	MC	0,098	88	78	66018826,464	0,28%
B206B3	D	H20	MC	0,270	84	78	63236041,139	0,27%
S61	A	H02	MC	0,071	88	77	48196603,150	0,21%
SA350D	A	H02	MC	0,111	85	76	38557484,507	0,17%
SA365N	D	H02	PR	0,120	84	75	28200603,803	0,12%
R22	A	H02	MC	0,153	83	74	27202695,791	0,12%
SA365N	D	H20	MC	0,103	84	74	25225325,230	0,11%
SA355F	D	H02	PR	0,119	83	74	24784693,211	0,11%
SA355F	D	H20	MC	0,101	83	73	22169682,416	0,10%
B212	D	H02	PR	0,017	91	73	20555330,623	0,09%
EC130	D	H02	PR	0,117	82	73	19861978,462	0,09%

B212	D	H20	MC	0,014	91	73	18815478,429	0,08%
EC130	D	H20	MC	0,100	82	72	16203180,321	0,07%
B206B3	A	H02	MC	0,035	86	72	15315594,490	0,07%
R44	A	H02	MC	0,060	82	70	9503495,050	0,04%
SA365N	A	H02	MC	0,013	89	70	9462403,354	0,04%
B407	A	H02	MC	0,015	88	70	9469164,923	0,04%
SA355F	A	H02	MC	0,013	86	67	5494755,344	0,02%
EC130	A	H02	MC	0,013	86	67	4828100,302	0,02%
B212	A	H02	MC	0,002	90	63	1813752,282	0,01%
TOTAL				61,629		104	23320623639,696	100,00%

5.1.9.1 Análise dos eventos

A Tabela 5.14 a seguir mostra os valores mais elevados do SEL por evento no Ponto 8:

Tabela 5.14: Identificação e frequência dos eventos críticos no Ponto 8.

Modelo	Tipo	Cab	Rota	Nº	SEL_1	SEL_Total	Quantidade α	% de
				Mov	evento dB(A)	dB(A)	(Pasques)	contribuição
A109	A	H02	MC	0,186	91	83	213894130,763	0,92%
B212	A	H20	PR	0,128	91	82	173278329,158	0,74%
B212	D	H02	PR	0,017	91	73	20555330,623	0,09%
B212	D	H20	MC	0,014	91	73	18815478,429	0,08%
B212	A	H02	MC	0,002	90	63	1813752,282	0,01%
TOTAL				0,348		86	428357021,255	1,84%

- **Aeronave crítica**

Os eventos sonoros mais representativo no local são relacionados com as operações dos helicópteros A109 e B212.

- **Rota crítica no Ponto 8**

A rota mais impactante no local é o pouso pela cabeceira 02 rota MC (A-H02-MC), cujos eventos estão relacionados na Tabela 5.15 a seguir.

Tabela 5.15: Identificação e frequência dos eventos na rota crítica A- H02-MC.

Modelo	Tipo	Cab	Rota	Nº Mov	SEL_1 evento dB(A)	SEL_Total dB(A)	Quantidade α (Pasques)	% de contribuição
A109	A	H02	MC	0,186	91	83	213894130,763	0,92%
S76	A	H02	MC	0,098	88	78	66018826,464	0,28%
S61	A	H02	MC	0,071	88	77	48196603,150	0,21%
SA350D	A	H02	MC	0,111	85	76	38557484,507	0,17%
R22	A	H02	MC	0,153	83	74	27202695,791	0,12%
B206B3	A	H02	MC	0,035	86	72	15315594,490	0,07%
R44	A	H02	MC	0,060	82	70	9503495,050	0,04%
SA365N	A	H02	MC	0,013	89	70	9462403,354	0,04%
B407	A	H02	MC	0,015	88	70	9469164,923	0,04%
SA355F	A	H02	MC	0,013	86	67	5494755,344	0,02%
EC130	A	H02	MC	0,013	86	67	4828100,302	0,02%
B212	A	H02	MC	0,002	90	63	1813752,282	0,01%
TOTAL				0,771		87	449757006,420	1,93%

- **Determinação da contribuição da sonora por rota no Ponto 8.**

A Tabela 5.16 mostra a representatividade de cada rota que passa pelo Ponto 8, no cenário acústico local.

Tabela 5.16: Contribuição sonora por rota no Ponto 8.

ROTA				Nº Mov	SEL_Total dB(A)	Quantidade α	% RUÍDO
Pouso	A	H20	PR	48,915	103	18295361427,224	78,55%
Pouso	A	H02	MC	0,771	87	449856697,234	1,93%
Decolagem	D	H20	MC	5,428	93	2134750784,344	9,16%
Decolagem	D	H02	PR	6,515	94	2412497107,994	10,36%
TOTAL				61,629	104	23292466016,796	100,00%

Os eventos relacionados com rota crítica A-H02-MC são mais ruidosos, contudo o número de operações nesta rota é pequeno e a maior contribuição ao ruído no receptor é devido às operações de pouso pela cabeceira 20 rota praia (A-H20-PR).

- **Determinação da contribuição da sonora por modelo de aeronave**

A Tabela 5.17 a mostra a quantificação da contribuição ao ruído no receptor, de cada modelo de helicóptero que sobrevoa o local durante o horário de funcionamento do aeroporto.

Tabela 5.17: Identificação e quantificação da contribuição da sonora por modelo de aeronave no Ponto 8.

Modelo	Nº Mov.	SEL_Total dB(A)	Quantidade α	% RUÍDO
A109	10,67	99	7454757181,433	32,01%
S61	6,19	97	4606053081,246	19,77%
S76	8,55	96	3964415838,652	17,02%
R22	13,35	93	1860124454,424	7,99%
SA350D	9,73	93	1790565434,995	7,69%
R44	5,21	90	1003713955,771	4,31%
B407	1,27	90	980957882,177	4,21%
B206B3	3,05	88	706866620,908	3,03%
SA365N	1,16	84	276431445,586	1,19%
SA355F	1,15	84	247985944,415	1,06%
B212	0,16	83	215547352,222	0,93%
EC130	1,13	83	185046824,969	0,79%
TOTAL	61,62	104	23292466016,798	100,00%

Os modelos A109 e B12 são os mais ruidosos da frota, contudo o helicóptero A109 apresenta maior contribuição ao ruído no Ponto 8. Além do helicóptero A109, os modelos S61e S76 apresentam contribuições relevantes no Ponto 2.

5.1.8 Resultados obtidos na Matriz de exposição Sonora

Tabela 5.18 - Síntese dos resultados da Matriz nos pontos 2 e 8.

	Ponto 2 – Cond. Barra Deck	Ponto 8 – Cond. N. Ipanema
Aeronave crítica	A109	A109, B212.
Rota crítica	Pouso pela cabeceira 02/ rota praia	Pouso pela cabeceira 02/ rota MC
Rota com maior contribuição ao ruído aeronáutico.	Decolagem pela cabeceira 20/ rota praia	Pouso pela cabeceira 20/ rota praia.
Aeronave com maior contribuição ao ruído aeronáutico.	A109, S61, S76	A109, S61, S76

5.2 Os helipontos e a cidade

A totalidade dos helipontos registrados no Brasil possui um Plano Básico de Zoneamento de Ruído – PBZR. No processo de obtenção de registro do heliponto, apenas o PEZR está sujeito à validação e aprovação da ANAC. Não se exige aprovação do PBZR por se tratar de curvas de ruído com geometria simplificada, e previamente definidas pela Agência. O requerente deve incluir no processo um mapa de localização do heliponto em escala com as curvas do PBZR, conforme os moldes descrito item 161.21 do RBAC161. Deve ainda atestar que está ciente que o aeródromo poderá ser objeto de restrições, podendo, inclusive, ter o seu Registro cancelado caso venham a ser implantadas edificações ou outras estruturas que interfiram nos gabaritos dos Planos de Zona de Proteção ou de Zoneamento de Ruído.

Após o registro, o administrador do heliponto é o principal responsável por manter as áreas do entorno do aeródromo, em conformidade com o PZR. Neste sentido, foi

inicialmente realizado um levantamento da situação de cada heliponto, no Município do Rio de Janeiro, em relação à ocupação residencial em suas áreas de restrição de uso do solo. A identificação das unidades residenciais foi realizado com auxílio dos aplicativos Google Earth e Wikimapia (<http://wikimapia.org>), tendo como referência os círculos de raios 100m e 300m que definem os limites para as curvas de 65 e 75 do PBZR, e a Lista de Aeródromos Privados disponibilizados pela ANAC, ano base 2011 (<www2.anac.gov.br/arquivos/pdf/aerodromos/aerodromosPrivados.xls>).

Segundo ANAC, o Estado de do Rio de Janeiro possui 227 helipontos registrados e a segunda maior frota de helicópteros do país (ano 2011). O levantamento foi realizado apenas para a capital onde foram identificados os registros de 32 helipontos privados cujas características físicas, endereços e tipos de utilização são apresentados em mais detalhes no Apêndice A2. A Tabela 6.1 a seguir apresenta uma classificação da conformidade dos helipontos levantados com o seu PBZR. Desta forma, verificou-se que dos 17 helipontos existentes na cidade, cerca de 50 % apresentam regiões de uso residencial ou misto nas áreas de abrangência do PBZR.

Por outro lado, conforme discutido em capítulos anteriores, verifica-se a existência do uso residencial em áreas do PZR na maioria dos aeroportos brasileiros e as causas para este fato são decorrentes de diversos fatores. Esta é uma situação também comum em vários outros países, sendo considerado como um dos maiores problemas enfrentados pela aviação civil. Em relação aos helipontos, na grande maioria dos casos, existe a necessidade da localização do empreendimento em áreas urbanas já consolidadas.

Tabela 5.20: Classificação da conformidade dos helipontos do Município do Rio de Janeiro com o seu PBZR.

CÓDIGO ICAO	NOME	Conformidade	Residências na Curva 65 PBZR	Residências na Curva 75 PBZR
SDIN	Clube CEU	S	-	-
SDBG	Barra Green	N	S	-
SDCX	Centro Empresarial Mourisco	N	S	-
SDDO	Cândido Mendes	S	-	-
SDFQ	Centro Empresarial Botafogo	N	-	S
SDGL	Catedral Mundial da Fé	N	-	S
SDHL	Lagoa	S	-	-

SDHU	Morro da Urca	N	S	-
SDMU	Multiplan	S	-	-
SDNU	Ministro Nelson Hungria	S	-	-
SDQD	Hospital Copa D'OR	N	-	S
SDQJ	Disco	N	S	-
SDRE	Recreio	S	S	-
SDRI	Rio Sul Center	N	S	-
SDSF	Mantecorp	S	-	-
SDUY	Rio Alpha	S	-	-
SIDT	Edise	S	-	-
SIHH	Hotel Intercontinental	N	S	-
SIHL	Rio Centro	S	-	-
SIJP	Bolsa-RJ	S	-	-
SIMN	Pier Mauá	S	-	-
SIPF	Hotel Glória	N	-	S
SIYV	Mário Henrique Simonsen	N	-	S
SJFD	Méier Medical Center	N	-	S
SJZK	Projac	S	-	-
SNEQ	Ouro Negro	N	S	-
SNRG	Furnas Centrais Elétricas S/A	N	S	-
SSXT	Clube CEU	S	-	-
SWIR	CCN Torre Norte	S	-	-
SWZK	Cidade Nova	N	S	-
SITG	Hospital INTO	N	-	-
SSHP	Hospital M. Ronaldo Gazolla	N	-	S

5.3 O Heliponto Hotel Glória

O Heliponto SPIF é localizado no terraço do Hotel Glória, na Rua do Russel no bairro da Glória, na capital do Rio de Janeiro. Em 2003, o Heliponto Hotel Glória recebeu aprovação para construção e operação por parte dos setores competentes da prefeitura e da aeronáutica através da Portaria N.º 361 / SIE, de 26 de fevereiro de 2003.

Em 2007, por meio da Portaria N.º 47 / SIE, da ANAC, o registro do heliponto foi renovado e alterado para as seguintes características:

- Denominação: Hotel Glória (SIPF);
- Município: Rio de Janeiro (RJ);
- Proprietário: Cia. Industrial de Grandes Hotéis;
- Coordenadas geográficas: 22° 55' 21" S; 043° 10' 23" W;

- Tipo: elevado;
- Elevação: 65 metros;
- Formato e dimensões da área de pouso e decolagem: quadrado-20,60 x 20,60m;
- Natureza do piso: metálico;
- Resistência do pavimento: 5,0 toneladas;
- Superfície de aproximação: 21;
- Comprimento total do maior helicóptero a operar: 13,70 metros;
- Condições operacionais: VFR diurna / noturna.

O Hotel Glória foi inaugurado em 15 de agosto de 1922. O prédio não é tombado mas situa-se no limite próximo da APAC - Área de Proteção do Ambiente Cultural dos bairros do Catete e Glória, onde as edificações são tombadas, preservadas, ou tuteladas, conforme representado no mapa da Figura 5.20 . O heliponto em estrutura metálica foi construído no terraço do prédio principal do Hotel Glória visando atender às necessidades empresariais do hotel, especialmente a chegada e saída de hóspedes e autoridades. O empreendimento está situado a 6m acima do 10º teto do prédio principal e a distância total em relação ao piso térreo é de 60m.

O Hotel é localizado a aproximadamente 1,5 km do Aeroporto Santos Dumont, na Rua do Russel, confrontando-se a esquerda com a Ladeira de Nossa Senhora e nos fundos com a Ladeira do Russel. Na frente do Hotel (Rua do Russel) não há imóveis residenciais, a área é ocupada com vias de tráfego intenso, praças, estacionamentos, posto de gasolina e outros equipamentos de uso público que fazem parte do conjunto do Aterro do Flamengo. Em contrapartida, na rua lateral e na rua dos fundos do Hotel (Ladeira de Nossa Senhora e na Ladeira do Russel) predomina o uso residencial unifamiliar, o tráfego de veículos é pequeno e o clima é de tranquilidade a maior do tempo . Contudo esta região está no rota de aproximação do aeroporto e sobrevoam diariamente o local, aeronaves e helicópteros durante operações de pouso pela cabeceira 02 no Aeroporto Santos Dumont.

Desde o início das atividades do heliponto os moradores da vizinhança fazem pressões para o seu fechamento. Em novembro de 2003, o Ministério Público ingressou com ação civil pedindo a interdição do local , alegando não só o incômodo causado pelo ruído dos helicópteros mas também fatores não acústicos como temores em relação ao

5.3.1 O zoneamento urbano na vizinhança do Heliponto SIPF

De acordo com a legislação municipal da Cidade do Rio de Janeiro, o heliponto está situado na Zona Turística ZT1 onde os níveis sonoros permitidos são 65 dB(A) durante o dia e 60dB(A) à noite. Contudo, o local é próximo da Zona Residencial ZR1, cujos níveis sonoros recomendados são 55 dB(A) durante o dia e 50dB(A) à noite.

Neste caso, quando a fonte de ruído (o heliponto) e o local onde se percebe o incômodo (residentes) estão em Zonas diferentes a Lei Municipal – Lei nº3268/ 2001 – determina que devem prevalecer os limites de ruído estabelecidos para a Zona onde se percebe o incômodo (Art.4º, S2º).

5.3.2 Características operacionais

Os dados operacionais utilizados nas simulações acústicas e apresentados a seguir foram obtidos através de visitas técnicas ao local, consultas aos responsáveis pelo aeródromo, consultas às Informações Operacionais do Heliponto da ANAC documento onde constam os registros de voo do aeródromo, e Relatório Técnico de Medição de Ruído do Heliponto Hotel Glória elaborada pela empresa Grom em 2008 e disponibilizado pelos administradores do aeródromo.

Apesar de revogada a Portaria 1.141GM5/1987 foi utilizada como fonte de consulta pois apresenta definições úteis para o entendimento de questões relacionadas as características operacionais do aeródromo.

5.3.2.1 Composição da frota

As características físicas do heliponto determinam os tipos de helicópteros que podem operar no local. As dimensões mínimas das áreas operacionais de um heliponto, assim como também o projeto estrutural, são definidos em função do maior helicóptero que irá operar no aeródromo. Figura 5.21 mostra o comprimento de referência “B” utilizado

como base de cálculo do dimensionamento do heliponto, sendo que a dimensão mínima admitida para o helicóptero de projeto é de 12m.

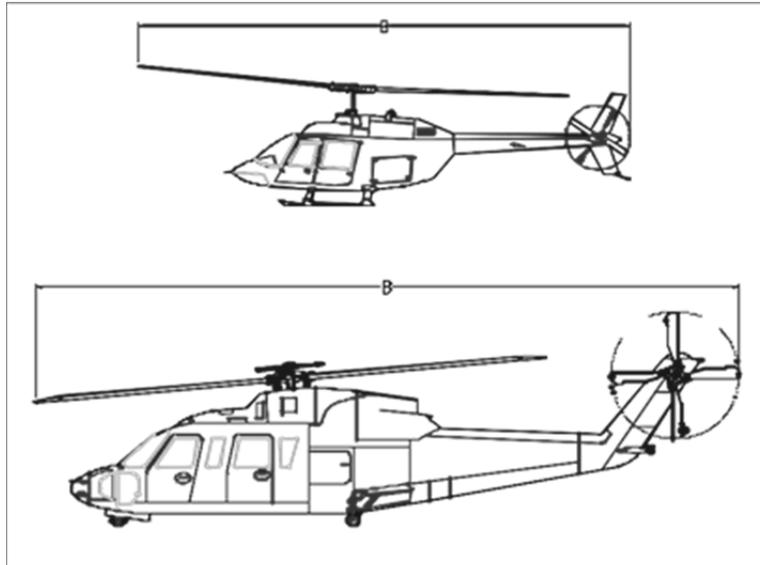


Figura 5.21: Determinação do maior comprimento do helicóptero de projeto (Fonte: Portaria 18GM5/1974).

Assim, conforme o formato da área de pouso e decolagem, tem-se as seguintes dimensões mínimas:

- Área quadrada: lado igual a $1,5 B$;
- Área retangular: lado menor a $1,5 B$, lado maior a $2 B$;
- Área circular: diâmetro igual a $2 B$.

Conforme o esquema mostrado na Figura 5.22, o mesmo parâmetro é utilizado para cálculo da área de toque (área situada no centro da área de pouso) e as seguintes dimensões mínimas são obtidas:

- Área quadrada: lado igual a $1 B$;
- Área retangular: lado igual a $1 B$;
- Área circular: diâmetro igual a $1 B$.

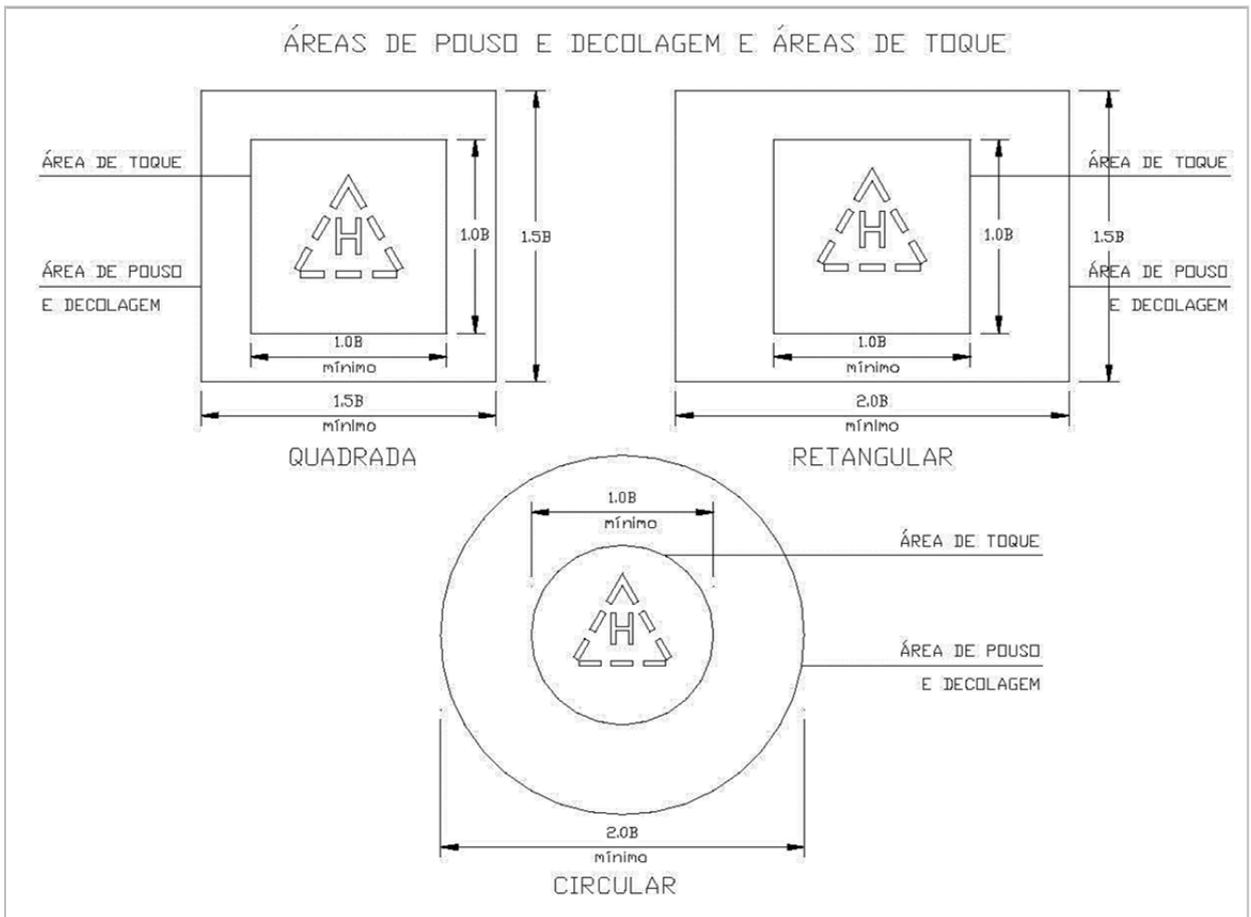


Figura 5.22: Dimensionamentos da área de pouso e decolagem e da área de toque do heliponto em função do helicóptero de projeto (Fonte: Portaria 18GM5/1974).

O Heliponto Hotel Glória possui área de pouso e decolagem quadrada medindo 20,60 x 20,60m, a resistência do pavimento é de 5 toneladas e o helicóptero de projeto utilizado tem comprimento total de 13,70m (Portaria N.º 47 /2007). Com base nestes dados, foi feito o levantamento dos modelos que atendem a tais requisitos e podem operar no local, ou seja, helicópteros com peso máximo de decolagem (MTOW) menor que 5.000kg e comprimento total de até 13,70 metros. No total foram identificados 19 modelos que podem ser considerados nas simulações acústicas do heliponto e os resultados são apresentados na Tabela 5.21 .

Tabela 5.21: Levantamento dos modelos de helicópteros que podem operar no Heliponto SIPF.

Sigla ICAO	Fabricante / Modelo	Nº e Tipo de motor	MTOW (kg)	Nº assentos	Maior dimensão da aeronave (m)
R22	Robinson R22	(1) Pistão	621	1 + 1	8,76
R44	Robinson R44	(1) Pistão	1088	2 + 2	11,72
AS50	Helibras AS350Esquilo	(1) Turbina	1950	1 + 6	12,94
AS55	Helibras AS355Esquilo	(2) Turbina	2300	1 + 6	12,94
AS65	Helibras AS365Dauphin	(2) Turbina	3850	1 + 12	12,94
A109	Agusta A-109	(2) Turbina	3175	2 + 4	13,04
B06	Bell 206L Long Ranger	(1) Turbina	1814	1 + 6	13,02
B06	Bell 206B-3	(1) Turbina	1451	1 + 3	11,92
B407	BELL 407	(1) Turbina	2268	1 + 6	12,74
B427	Bell 427	(2) Turbina	2948	1 + 7	13,00
B429	Bell 429	(2) Turbina	3175	1 + 7	13,11
EC20*	Eurocopter EC120 B	(1) Turbina	1800	1 + 4	11,52
EC30	Eurocopter EC 130	(1) Turbina	2400	1 + 6	12,64
EC35*	Eurocopter EC 135P2	(2) Turbina	2835	2 + 7	12,16
EC45*	Eurocopter BK 117 C-2	(2) Turbina	3500	2 + 9	13,00
BO105	Boewlkow	(2) Turbina	2300	1 + 1	11,86
MD600*	McDonnell Douglas	(2) Turbina	1157	1 + 2	9,94
SA341G	AS-341G Gazelle	(2) Turbina	1801	2 + 3	11,97
SC300C	Schweeizer 300C	(1) Pistão	930	1 + 2	9,40

Notas:

(*) Helicópteros que não constam no banco de dados do INM e foram substituídos por outros modelos com desempenho acústico semelhante:

EC20 equivale ao AS50;

EC35 equivale ao AS55;

EC45 equivale ao AS65;

MD600 equivale ao H500D.

Uma das atribuições da ANAC é o controle dos registros de todas as aeronaves civis brasileiras, este serviço denominado RAB – Registro Aeronáutico Brasileiro – é disponibilizado para consulta no site <http://www2.anac.gov.br/aeronaves/cons_rab>. Verificou-se nos registros da ANAC que os equipamentos BO105, H500D, SA341G e SC300C selecionados no banco de dados do INM são modelos pouco representativos na frota brasileira. Por outro lado, o modelo AS50 Esquilo e o Bell 206 apresentam maior número de registros no RAB, seguido dos modelos R22 e A109.

5.3.2.2 Configuração das rotas

Todo heliponto deve possuir um Plano de Zona de Proteção aprovado pela ANAC, documento onde constam os requisitos de limitação de obstáculos para a Área de Aproximação e Saída, Área de Transição e Área de Segurança.

Os Planos de Zona de Proteção têm por objetivo manter livres de obstáculos o espaço aéreo na vizinhança dos aeródromos, de modo a garantir a segurança operacional das aeronaves. Estes planos fixam gabaritos máximos que as edificações e demais implantações podem alcançar de forma a não interferir na operação do aeródromo. Nenhuma construção poderá ultrapassar os gabaritos estabelecidos pelo Plano, assim como nenhum helicóptero poderá voar abaixo dos limites estabelecidos. (Portaria 1.141 GM5/1987). A Figura 5.23 mostra as três superfícies limitadoras de obstáculos de um heliponto.

Os trajetos de pouso e decolagem de um heliponto passam obrigatoriamente sobre as Áreas de Aproximação e Saída, também denominadas de rampas de aproximação e saída. Trata-se de superfícies imaginárias traçadas a partir da área de pouso do heliponto. Coincide integralmente, no seu extremo inferior, com a dimensão da área de pouso de onde parte, estendendo-se para cima e para fora com a declividade de 1:13 nos 245 metros iniciais e em seguida a declividade passa a ser 1:7 nos 920 metros restantes do total de 1165m. Suas dimensões apresentam variações em função do tipo de área de pouso (área de pouso circular, quadrada ou retangular).

Do mesmo modo que nos aeroportos, as direções de aproximação e saída do heliponto são orientadas em sentido oposto aos ventos predominantes (Portaria 18GM5/1974).

A direção de aproximação e saída do heliponto Hotel Glória é orientada em relação ao norte no sentido 30° saindo do heliponto e sentido 210° chegando no heliponto. Contudo, para evitar o sobrevoos das áreas residenciais, as operações de pouso e decolagem ocorrem no mesmo sentido, na direção do Aterro do Flamengo.

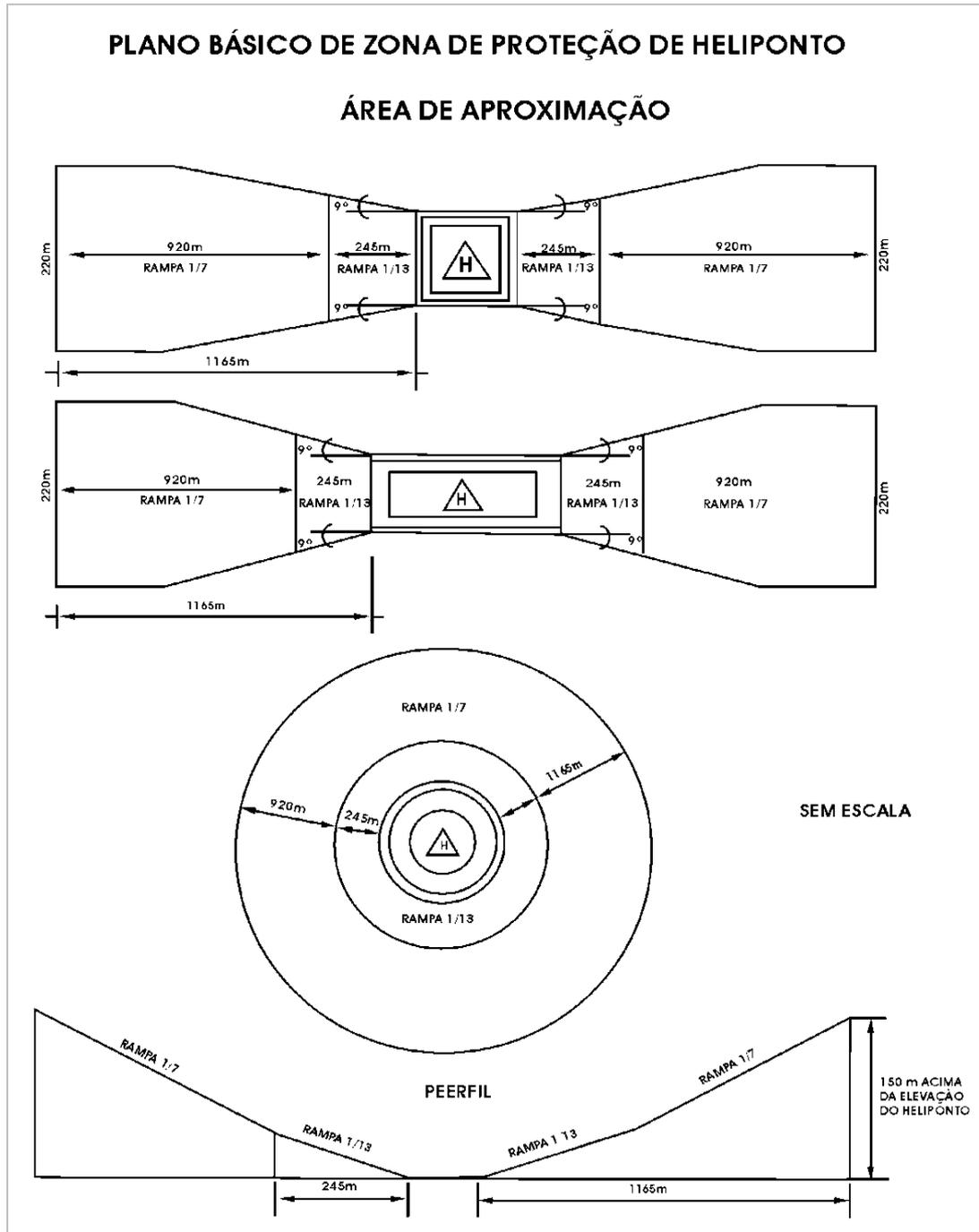


Figura 5.23: Área de Aproximação e Saída, Área de Transição e Área de Segurança do heliponto (Fonte: antiga Portaria 1.141 GM5/1987).

5.3.3.3 Número de movimentos

A Tabela 5.22 apresenta o levantamento do número de movimento do heliponto no período de 2003, quando começaram as atividades, até 2008 quando o heliponto foi fechado, por iniciativa do proprietário, para obras de reformas no Hotel Glória .

Observa-se que o movimento de aeronaves não apresenta regularidade. A média do movimento do heliponto é de 2 a 6 operações (pouso e decolagem) por mês. Contudo, nos dias de maior movimento, como durante a chegada e saída de hóspedes ilustres e autoridades, foram registrados 10 operações (5 pousos e 5 decolagens) no dia 28/10/2003, 30 operações no dia 11/02/ 2004 e 8 operações no dia 23/11/2005.

Tabela 5.22: Número de operações registradas por mês no Heliponto SIPF, no período de 2003 à 2008.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Janeiro	-	-	2	4	-	-
Fevereiro	-	30	2	8	6	2
Março	-	-	6	8	4	2
Abril	4	6	10	-	4	4
Maio	-	-	12	-	2	-
Junho	-	8	4	2	4	-
Julho	-	-	-	2	8	-
Agosto	-	4	-	4	8	-
Setembro	-	12	-	-	4	-
Outubro	24	6	-	-	-	-
Novembro	-	4	12	4	10	-
Dezembro	-	-	2	2	-	-
Total	28	70	50	34	50	8
Média p/mês	2,3	5,8	4,2	2,8	4,2	0,7

(Fonte: ANAC – GER4/DIE , Informações Operacionais do Heliponto).

5.3.2.4 Horário de funcionamento

Basicamente pode-se dizer que as operações de voo são divididas em dois tipos, condições de voos visuais – VFR, e condições de voos com auxílio de instrumentos – IFR.

Os voos com auxílio de instrumentos – IFR são monitorados de forma que o piloto recebe informações ou autorizações de um órgão de controle e pode ter sua navegação

conduzida por um controlador de tráfego aéreo. Os voos IFR devem ser realizados de acordo com as altitudes mínimas estabelecidas nas rotas e as aeronaves devem ser equipadas com instrumentos de navegação apropriados à rota ser utilizada.

Nas condições de voo IFR, os aeródromos de partida e de destino deverão estar homologados para a operação IFR. Segundo a ANAC, apenas quatro helipontos privados no Brasil são equipados para operação IFR (base 2011). A grande maioria destes empreendimentos opera nas condições de voo visuais – VFR.

As operações de voo visuais – VFR – só podem ser realizadas quando o piloto em comando conseguir assegurar, por meio de sua própria visão, a separação em relação aos obstáculos e as demais aeronaves. Para isto, as condições meteorológicas predominantes, tanto do aeródromo de partida quanto de destino, devem permitir no mínimo 50% de visualização e as condições gerais devem ser favoráveis ao voo abaixo de 300 metros de altura.

As operações noturnas nas condições de voo VFR podem ser realizadas desde que sejam atendidos os seguintes requisitos: o piloto deverá ter habilitação para voo IFR, o helicóptero deve ser homologado para IFR, e o aeródromo deverá ser homologado/registrado para VFR/Noturno, ou seja, deve ter balizamento luminoso nas pistas de pouso e decolagem e indicador de direção de vento iluminado.

O Heliponto SIPF é registrado para operações VFR diurna/noturna, ou seja, atendidas as exigências mencionadas, o heliponto pode funcionar no período diurno e noturno. Contudo, os voos no período noturno (22hs às 6hs) não são usuais neste heliponto e normalmente ocorrem nas primeiras horas da manhã, de 6hs às 7hs.

5.3.3 Avaliação de acordo com o PZR

O Heliponto SIPF possui um PBZR onde cerca de 50% das áreas de restrição de uso do solo apresentam usos incompatíveis. Neste caso, é importante avaliar a situação sonora do heliponto em relação aos receptores críticos localizados nas áreas do PBZR.

O método de avaliação do incômodo com base na métrica DNL consiste em verificar se os níveis de ruído aeronáutico nos receptores são superiores ou não ao DNL 65 dB(A) . A atual regulação RBAC161 não apresenta distinções nos procedimentos de cálculo das curvas de ruído e critérios de avaliação do incômodo sonoro proveniente das atividades de aeroportos e helipontos. Assim sendo, na modelagem das curvas em DNL, considera-se a média diária do número de movimento e as condições usuais de operação do aeródromo.

Deste modo, foi escolhido, como dados de entrada nas simulações do heliponto, o movimento de aeronaves registrado no ano de 2007. A Tabela 5.23 mostra os modelos que operaram no heliponto ao longo do ano, o número médio dos voos por modelo e o percentual de voos noturnos. Em 2007, ocorreram no total 50 operações no Heliponto SIPF (25 pousos e 25 decolagens) e a média do movimento foi de 0,13 operações por dia

Tabela 5.23: Número de movimentos (pousos e decolagens) registrados no heliponto SIPF, de janeiro à dezembro de 2007.

Modelo	Tipo de operação	Total por ano		Média diária	
		Dia	Noite	Dia	Noite
B206L	Pouso	7	1	0,019178	0,002740
	Decolagem	7	1	0,019178	0,002740
B407	Pouso	4	0	0,010959	0,000000
	Decolagem	4	0	0,010959	0,000000
EC130	Pouso	2	0	0,005479	0,000000
	Decolagem	2	0	0,005479	0,000000
R44	Pouso	1	0	0,002740	0,000000
	Decolagem	1	0	0,002740	0,000000
SA350D	Pouso	7	3	0,019178	0,008219
	Decolagem	7	3	0,019178	0,008219
Total		42	8	0,115068	0,021918

(Fonte: ANAC – GER4/DIE , Informações Operacionais do Heliponto).

A Figura 5.24 mostra os resultados obtidos nas simulações em DNL. Verifica-se que os níveis de ruído gerados pelas atividades do heliponto são inferiores ao DNL 55dB(A), valores considerados adequados para as áreas externas ao PZR onde a ocupação residencial é permitida. A Figura 5.24 também permite verificar que grande parte das

curvas de ruído recae sobre a área patrimonial do Hotel e as residências mais próximas do heliponto estão localizadas nas áreas de curva de ruído inferiores ao DNL53dB(A).

Conforme já mencionado, atividades sensíveis ao ruído como residências, escolas e hospitais não são permitidas nas áreas de restrições de uso do solo do PZR. Contudo, os níveis de ruído encontrados nas áreas do entorno do aeródromo são bem inferiores ao DNL 65dB(A) e portanto, do ponto de vista aeronáutico, o impacto sonoro na vizinhança do heliponto não é significativo e poucas ou nenhuma reclamação deve ser esperada, considerando o número de movimentos usualmente processados no local.

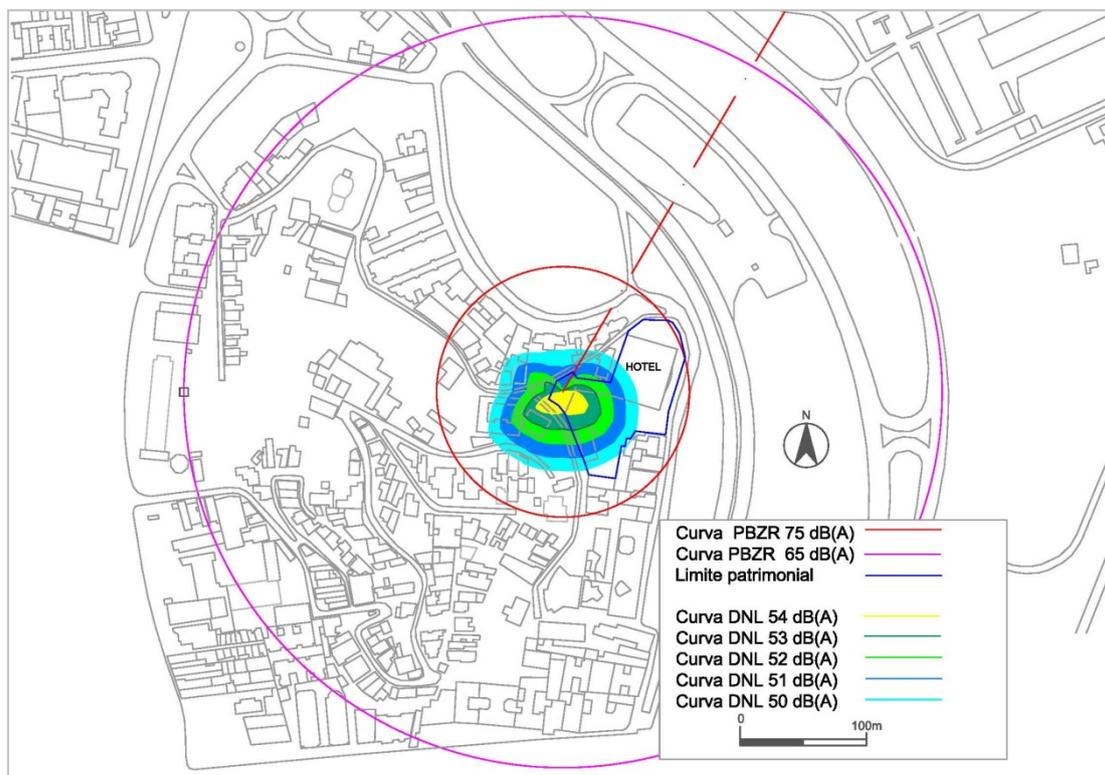


Figura 5.24: Curvas de ruído na métrica DNL elaboradas com base na média diária do movimento de aeronaves (base 2007) no Heliponto SIPF.

5.3.4 Diagnóstico ambiental sonoro no Heliponto SIPF

O mapeamento de receptores críticos na vizinhança do Heliponto Hotel Glória teve por objetivos o diagnóstico ambiental sonoro e a definição de limites operacionais, de modo a adequar os níveis de ruído da atividade nos pontos receptores, com os valores definidos pelo conjunto de normas e legislações de poluição sonora aplicáveis ao local. Neste sentido, o estudo foi desenvolvido visando atender aos seguintes quesitos:

- Indicação dos modelos de aeronaves mais adequados;
- Indicação do número de pousos e decolagens por dia;
- Definição do horário de funcionamento do heliponto, de forma a minimizar o incômodo sonoro.

5.3.4.1 Delimitação da área de estudo e identificação dos receptores críticos

Neste caso, a área de estudo foi definida como a região delimitada pela círculo de raio 300m, medido a partir do centro da área de pouso e decolagem do Heliponto SIPF e que corresponde a Curva de 65do PBZR.

O mapa da prefeitura com a delimitação da APAC - Área de Proteção do Ambiente Cultural dos bairros do Catete e Glória – Decretos 25.693/05 e 28.222/07 – foi utilizado como referência para reconhecimento da área de estudo e localização dos receptores críticos (ver, Figura 5.20).

A Figura 5.25 mostra a localização de 11 pontos receptores selecionados para estudo. Na proximidade do heliponto, predominam as residências unifamiliares e as escolas estão situadas na distância de 300m. Os endereços de pontos, coordenadas geográficas e respectivas distâncias do heliponto são descritos na Tabela 5.24.

Figura 5.25: – Localização dos 11 pontos receptores no entorno do Heliponto SIPF.



Tabela 5.24: Dados de localização dos pontos receptores no entorno do Heliponto SIPF

Sigla	Distância (m)	Endereço	Coordenadas X,Y (km)		Altitude (m)
R1	30	Lad do Russel, 71	-0.0167758	-0.0248411	42
R2	35	Lad Nossa Senhora, 146	-0.0354815	0.0081819	38
R3	60	R Goitatazes, 120	-0.0335516	-0.0497423	45
R4	100	Lad do Russel, 57	0.0000000	-0.1000000	39
R5	100	R Barão de Guaratiba, 233	-0.0560296	-0.0830681	46
R6	150	R Constatntino Coelho, 28	-0.0838789	-0.1243556	42
R7	200	R Barão de Guaratiba, 136	-0.1114269	-0.1651972	37
R8	250	R Barão de Guaratiba, 99	-0.1397985	-0.2069899	30
R9	250	Igreja do Outeiro da Glória	-0.1817904	0.1712522	25
R10	300	CIEP, Rua do Catete	-0.3000000	0.0000000	15
R11	300	Colégio Sto A.M. Zacaria, R do Catete	-0.2512917	-0.1638673	16

5.3.4.2 Contagem e distribuição da população residente

O número de residentes e a distribuição destes residentes na área de estudo foram os parâmetros utilizados na determinação das áreas de sensibilidade ambiental da vizinhança do heliponto. A partir das quantificações feitas no SIG, com a base cartográfica dos setores censitários do IBGE (ano 2007), verificou-se que existem 3.044 residentes e 1.366 domicílios nas áreas de abrangência do PBZR. A Figura 5.26 mostra a distribuição dos residentes por setor censitário. Observa-se que a rota de pouso e decolagem ocorre no sentido oposto aos locais de maior concentração de residentes.

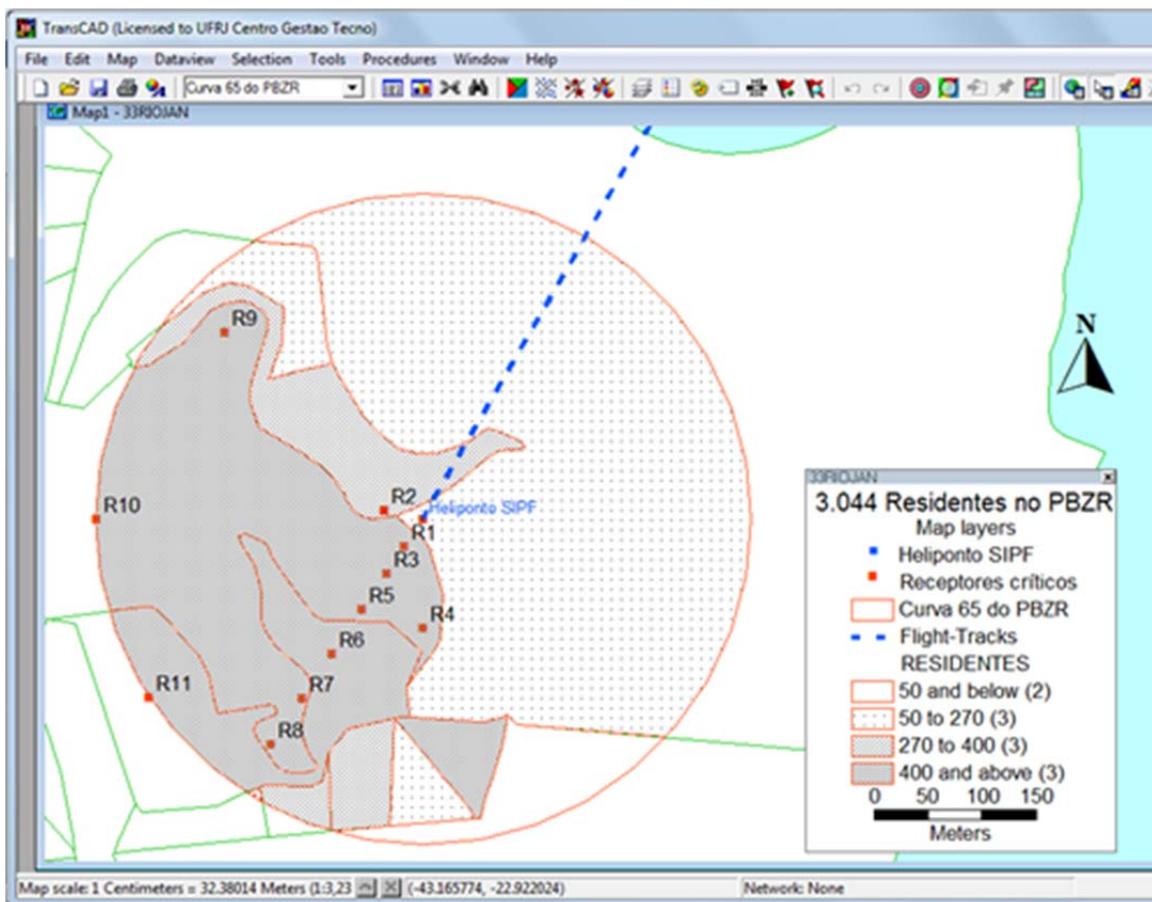


Figura 5.26: Quantificação da população residente nas áreas do Plano de Zoneamento de Ruído do Heliponto Hotel Glória.

5.3.4.3 Determinação dos níveis de ruído nos pontos receptores

Na identificação do problema de ruído e determinação da área de influência acústica do heliponto foram elaboradas simulações acústicas nas métricas DNL, LAeq Dia, LAeq Noite e LAeq 1hora considerando o dia de maior movimento registrado no ano de 2007, conforme apresentado na Tabela 5.25 a seguir:

Tabela 5.25: Número de operações registradas em 25/02/2007 no Heliponto SIPF.

Modelo	Tipo de operação	Nº máximo de operações por dia	
		Dia	Noite
B407	Pouso	1	0
	Decolagem	1	0
SA350D	Pouso	1	1
	Decolagem	1	1
Total		4	2

(Fonte: ANAC – GER4/DIE , Informações Operacionais do Heliponto).

Os níveis de ruído aeronáutico nos 11 pontos receptores foram calculados em várias métricas, para análise de acordo com o conjunto de critérios definidos na Tabela 5.26.

Tabela 5.26: Critérios de avaliação do ruído no ponto receptor.

Legislações e Normas	Limites máximos de ruído para ambientes externos
PZR	\leq DNL 65
ABNT NBR10151	LAeq Dia \leq 55 e LAeq Noite \leq 50
ABNT NBR10152 / NBR13368	LAeq 1h Dia \leq 60 e LAeq 1h Noite \leq 55

As Figuras 5.27, 5.28 e 5.29 mostram as curvas de ruído calculadas para o dia de maior movimento e a Tabela 5.27 apresenta os dados acústicos encontrados nos pontos receptores.

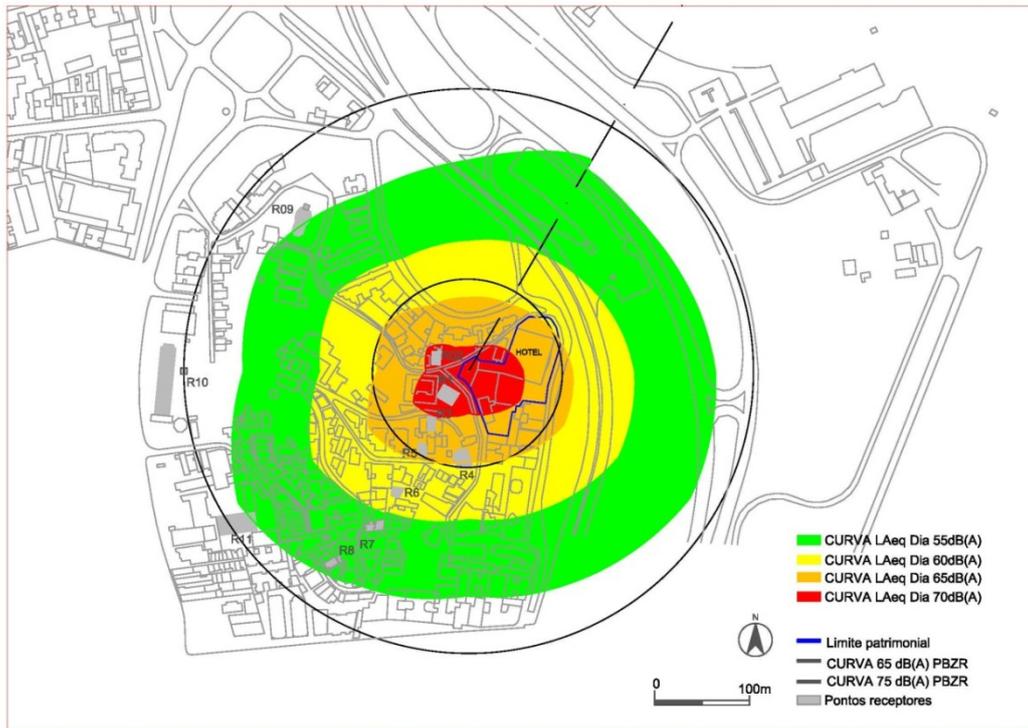


Figura 5.27: Curvas de ruído LAeq DIA para análise segundo a Norma NBR10151 (2 operações do BELL407 e 2 operações do AS50 Esquilo)

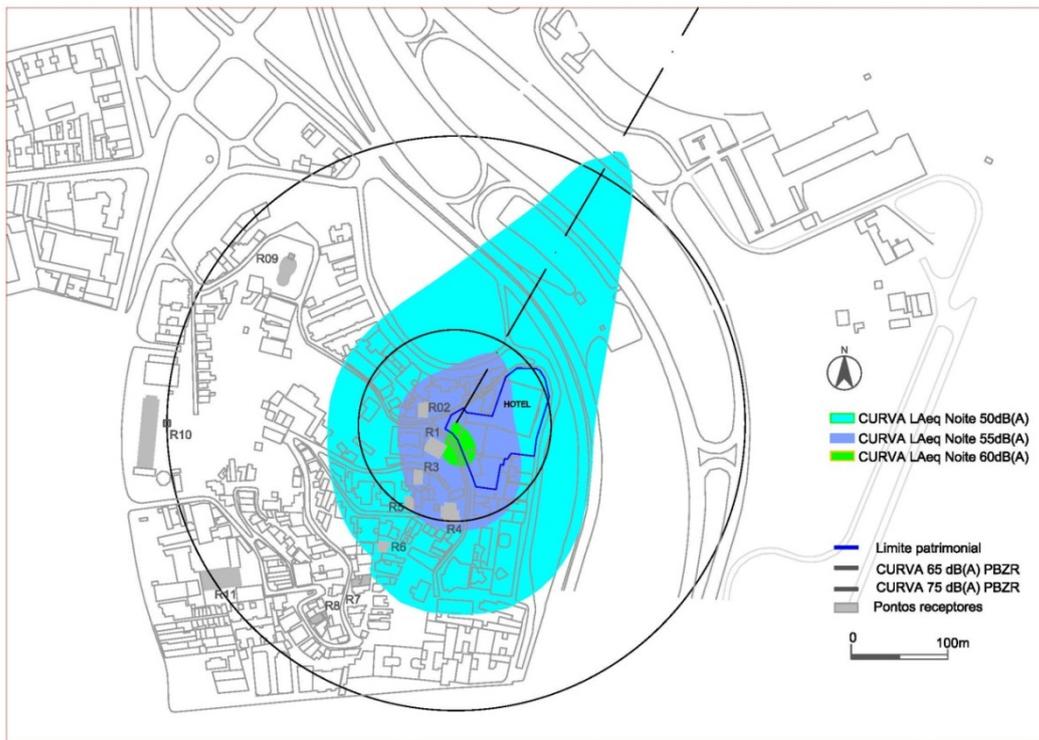


Figura 5.28: Curvas de ruído LAeq Noite para análise segundo a Norma NBR10151 (2 operações do AS50 Esquilo).



Figura 5.29: Curvas de ruído DNL para análise segundo o PBZR (2 operações diurnas do BELL407, 2 operações diurnas e 2 operações noturnas do AS50 Esquilo).

Tabela 5.27: Níveis sonoros obtidos nos pontos receptores para o dia crítico de movimento.

Local / distancia (m)	PZR			NCA da NBR10151			NBR 10152 / NBR 13368			$\Delta 1h$
	DNL dB(A)	DNL ≤ 65		LAeqD dB(A)	LAeqN dB(A)	LAeqD ≤ 55 LAeqN ≤ 50	LAeqD_1h dB(A)	LAeqN_1h dB(A)	LAeqD_1h ≤ 60 LAeqN_1h ≤ 55	
R1	30	72	(N)	73	59	(N)	84	67	(N)	24
R2	35	70	(N)	71	57	(N)	83	66	(N)	23
R3	60	69	(N)	70	57	(N)	81	66	(N)	21
R4	100	65	A	65	56	(N)	76	65	(N)	16
R5	100	65	A	66	54	(N)	78	64	(N)	18
R6	150	62	A	62	51	(N)	73	60	(N)	13
R7	200	58	A	59	48	(N)	70	58	(N)	10
R8	250	56	A	56	48	(N)	67	53	(N)	7
R9	250	54	A	54	44	A	66	54	(N)	6
R10	300	52	A	52	42	A	63	52	(N)	3
R11	300	54	A	54	43	A	66	53	(N)	6

Legenda:

(N) – Não atende, (A) – Atende.

Notas:

- Os valores LAeqDia_1hora correspondem à 2 operações do modelo B407;

- Os valores LAeqNoite_1hora correspondem à 2 operações do modelo AS50;
- $\Delta 1h$: Valores de atenuação sonora na edificação para a hora crítica de ruído.

A análise dos resultados apresentados na Tabela 5.27 indica que os níveis de ruído na maioria pontos receptores, durante um dia crítico de movimento no Heliponto SIPF, ultrapassam os critérios de ruído adotados nas várias métricas, confirmando que medidas de controle de ruído devem ser estudadas.

Os dados acústicos obtidos nos pontos receptores com as operações do BELL 407 indicam a necessidade de atingir valores de atenuação sonora de 18 à 24dB(A) nas edificações residenciais localizadas na Curva de 75 do PBZR, e valores de atenuação da ordem 10 dB(A) nas edificações localizadas na Curva de 65 do PZR. Por estes resultados, verifica-se que as operações com o BELL 407 não são adequadas ao heliponto.

5.3.5 Aplicação da Matriz de Exposição

Sonora no SIPF

Nesta etapa, a Matriz de Exposição Sonora foi utilizada no dimensionamento das possibilidades de operação do heliponto, em função das características de uso do solo existentes em sua vizinhança.

Inicialmente, os limites operacionais do aeródromo foram verificados com base no ponto receptor mais próximo, a residência unifamiliar (ponto R1) situada na Ladeira do Russel nº 71, na distância de 30 m do Hotel.

No total foram testados 19 modelos de helicópteros que atendem aos requisitos operacionais do aeródromo e por isso podem pousar e decolar no local. A Tabela 5.28 mostra a Matriz calculada a partir das coordenadas geográficas do Ponto R1.

Tabela 5.28 - Matriz de Exposição Sonora do ponto receptor R1

Modelo	Tipo	Nº Mov	SEL_1 evento dB(A)	Quantidade α	TA 70 (minutos)
B427	A	1,00	119,9	977237220955,81	20,8
B427	D	1,00	118,4	691830970918,94	14,4
B407	A	1,00	117,9	616595001861,49	22,0
R44	A	1,00	116,9	489778819368,45	20,0
R44	D	1,00	116,7	467735141287,20	19,3
B407	D	1,00	115,3	338844156139,20	12,1
B206B3	A	1,00	112,5	177827941003,89	10,6
SA365N	A	1,00	112,5	177827941003,89	16,9
SA365N	D	1,00	112,2	165958690743,76	16,2
B429	A	1,00	112,1	162181009735,89	13,0
B206B3	D	1,00	111,7	147910838816,82	8,6
B429	D	1,00	111,2	131825673855,64	10,4
EC130	A	1,00	108,5	70794578438,41	11,2
EC130	D	1,00	108,2	66069344800,76	10,6
BO105	A	1,00	106,5	44668359215,10	10,3
BO105	D	1,00	105,7	37153522909,72	9,4
SA355F	A	1,00	105,7	37153522909,72	8,5
A109	A	1,00	105,6	36307805477,01	8,3
SA355F	D	1,00	105,2	33113112148,26	8,1
SC300C	A	1,00	105,0	31622776601,68	8,3
A109	D	1,00	103,9	24547089156,85	7,7
H500D	A	1,00	103,6	22908676527,68	7,8
SA341G	A	1,00	103,4	21877616239,50	7,5
H500D	D	1,00	103,1	20417379446,70	7,3
SA341G	D	1,00	103,0	19952623149,69	7,1
R22	A	1,00	102,9	19498445997,58	5,9
SC300C	D	1,00	102,4	17378008287,49	4,5
R22	D	1,00	102,3	16982436524,62	5,6
SA350D	A	1,00	101,5	14125375446,23	4,2
B206L	A	1,00	101,3	13489628825,92	5,9
SA350D	D	1,00	100,6	11481536214,97	3,9
B206L	D	1,00	100,5	11220184543,02	5,5
Total		32,00		5116315428551,87	

5.3.6 Análise dos resultados da Matriz

Os helicópteros não sobrevoam o local durante as operações. Os dados acústicos detalhados no ponto R1, obtidos pela função *Detailed Grids* do programa INM, indicam que o ruído dos helicópteros neste local é devido aos procedimentos iniciais da decolagem e procedimentos finais do pouso, tais como *Hover* – operação de voo parado sem deslocamento ou *Ground Idle* – pousado com o motor acionado em baixa potência. A menor distância entre a fonte de ruído e o Ponto R1 é de 67m durante as operações.

Os valores SEL por evento representam o impacto sonoro de uma operação. Os resultados da Matriz mostram que os valores SEL por evento são menores para os modelos de aeronaves SA350D (AS50 Esquilo) e B206L.

Os valores na métrica TALA 70, expressos em minutos, apresentados na Matriz representam o tempo de interferência do ruído das operações na comunicação. A interferência é maior durante os procedimentos de pouso e decolagem do modelo R44 com motor convencional (pistão), o tempo acima de 70 dB(A) é de 39 minutos (20 minutos durante o pouso e 19 minutos durante a decolagem). Os modelos SA350D (AS50 Esquilo) e EC20 são os que apresentam menor tempo de interferência, 8 minutos. Neste aspecto o modelo B206L não é o mais adequado, o tempo de interferência é de 11 minutos.

5.3.6.1 Possibilidades operacionais

Tendo em conta os resultados da Matriz no Ponto R1 foram elaboradas simulações considerando apenas o modelo AS50 Esquilo realizando 2 operações dia e 2 operações noite. A Tabela 5.29 mostra os dados acústicos obtidos nos 11 pontos.

Tabela 5.29: Níveis sonoros nos pontos receptores com 2 operações dia e 2 operações noite do modelo AS50.

Local /		PZR		NCA da NBR10151			NBR 10152 / NBR 13368			
distancia	(m)	DNL	DNL ≤ 65	LAeqD	LAeqN	LAeqD ≤ 55	LAeqD_1h	LAeqN_1h	LAeqD_1h ≤ 60	Δ1h
		dB(A)		dB(A)	dB(A)	LAeqN ≤ 50	dB(A)	dB(A)	LAeqN_1h ≤ 55	
R1	30	65	A	57	59	(N)	67	67	(N)	12
R2	35	63	A	55	57	(N)	66	66	(N)	11
R3	60	63	A	55	57	(N)	66	66	(N)	11
R4	100	62	A	54	56	(N)	65	65	(N)	10
R5	100	60	A	52	54	(N)	64	64	(N)	9
R6	150	57	A	49	51	(N)	60	60	(N)	5
R7	200	54	A	46	48	A	58	58	(N)	3
R8	250	51	A	43	45	A	53	53	A	0
R9	250	51	A	43	45	A	54	54	A	0
R10	300	48	A	40	42	A	52	52	A	0
R11	300	49	A	41	43	A	53	53	A	0

Δ1h : Valores de atenuação sonora na edificação para a hora crítica de ruído.

(N) – Não atende , (A) – Atende.

Análise de acordo com o PZR

Os níveis obtidos em todos receptores atendem a condição $DNL \leq 65dB(A)$.

Análise de acordo com o NCA da NBR 10151

Os resultados indicam que a condição LAeq Dia 55 e LAeq Noite 50 não pode ser obtida no raio com menos de 200 m de distância do heliponto. A Figura 5.30 mostra as áreas afetadas pelas curvas de ruído 55 dB(A) durante o período diurno, e 50 dB(A) durante noturno.

Contudo, recomenda-se que as operações no horário noturno (22hs às 6 horas) sejam evitadas e limitadas a atender às situações de emergência. A Figura 5.31 mostra a quantificação do impacto no período noturno realizada a partir da sobreposição das curvas de ruído LAeq Noite 50 , SEL 95 e SEL 90 calculadas para 2 operações (pouso e decolagem) do AS50. Os resultados apontam que o número de residentes expostos a níveis de ruído superiores a 50 dB(A), durante o período noturno será de 627 pessoas. Considerando a curva SEL 95 dB(A) , existe a possibilidade de despertar 126 destes

residentes. Na área de curva SEL 90 dB(A), existe a possibilidade de despertar mais 416 pessoas.

Por estes resultados, são recomendáveis apenas operações no período diurno, desta modo a condição LAeq Dia 55 dB(A) pode ser obtida a partir do raio de 60 m de distância do heliponto, conforme mostra a Figura 5.30.

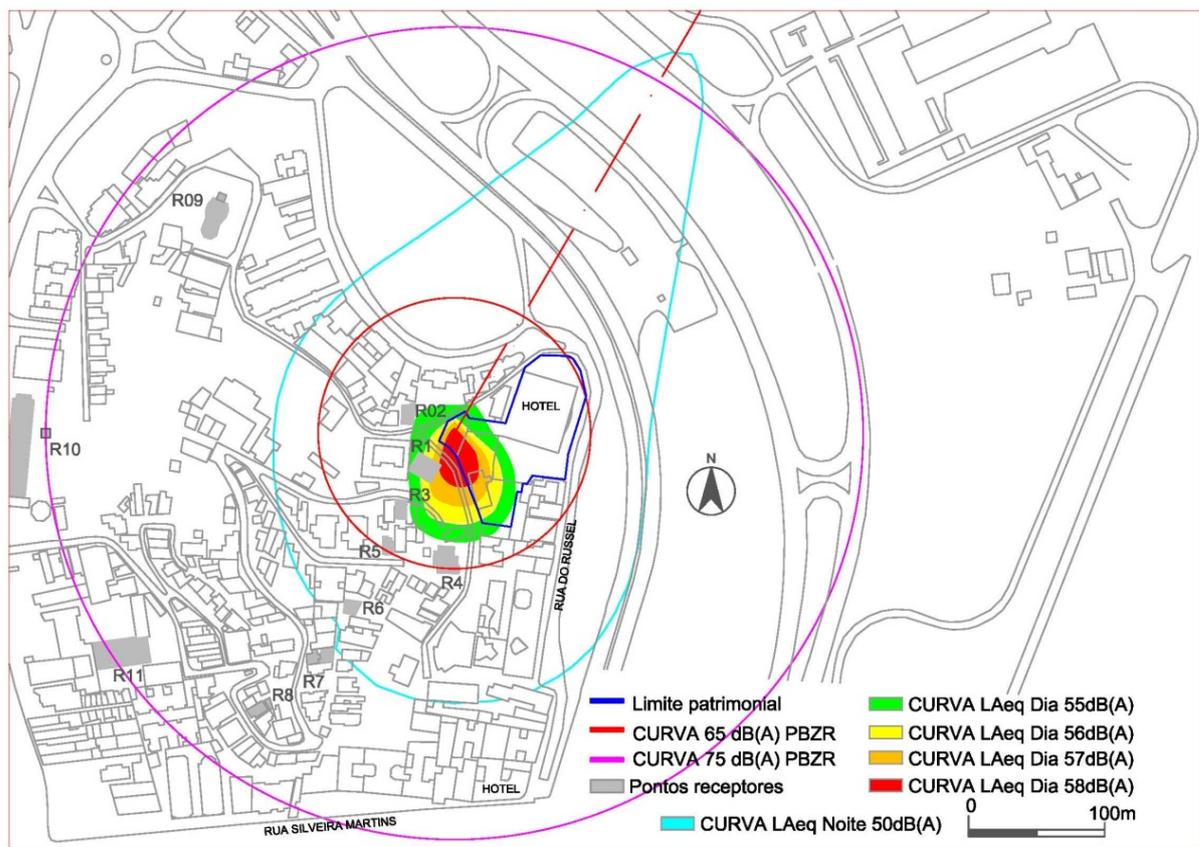


Figura 5.30: Sobreposição das curvas de ruído LAeq Dia 55 e LAeq Noite 50 para avaliação segundo a norma ABNT NBR10151 (2 operações dia e 2 operações noite do AS50 Esquilo).

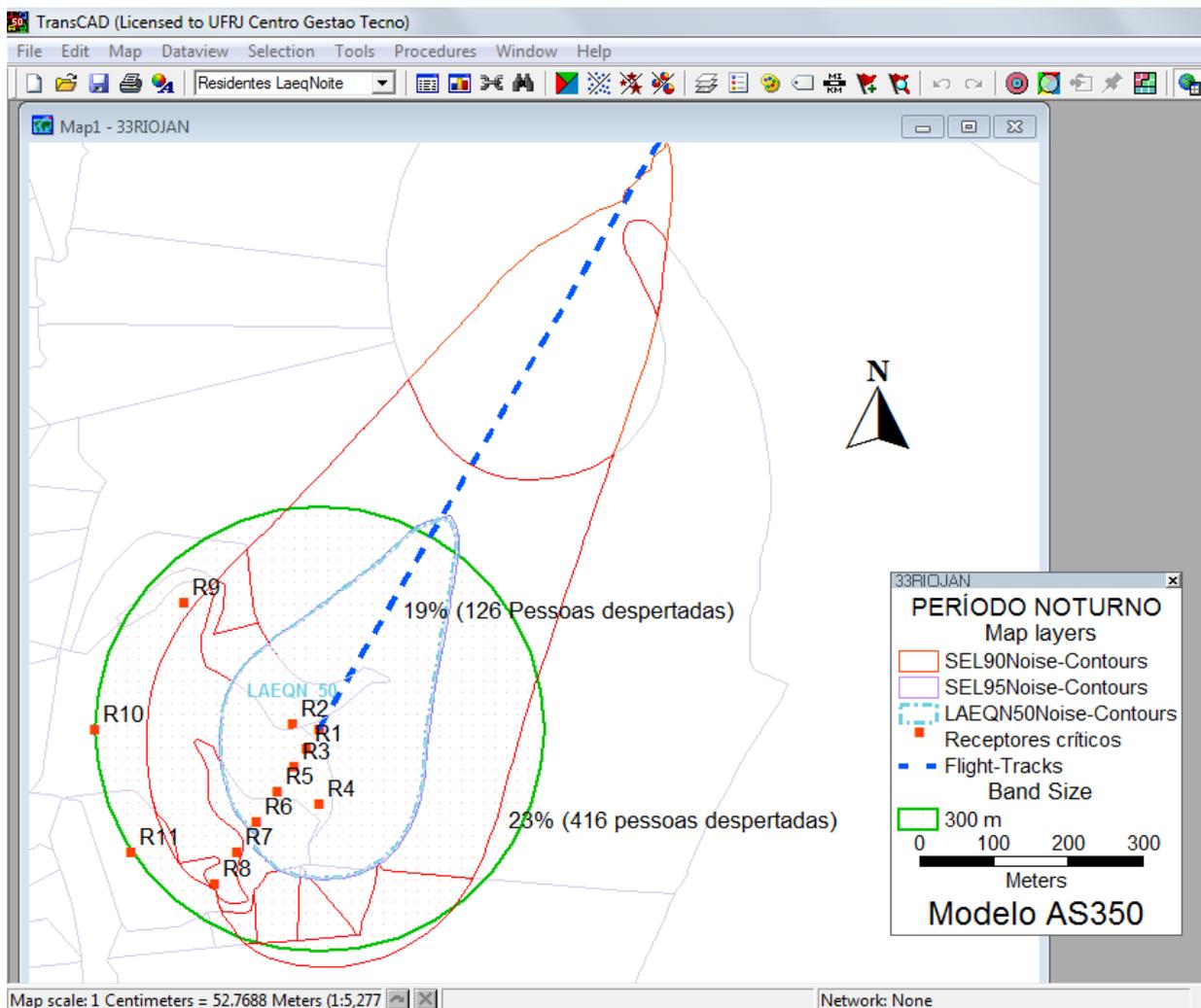


Figura 5.31: Sobreposição das curvas LAeq Noite 50 , SEL 95 e SEL 90 para quantificação do impacto do ruído de 2 operações do AS50 Esquilo no período noturno.

A Figura 5.32 mostra a quantificação do impacto no período diurno realizada a partir da sobreposição das curvas de ruído LAeq Dia 55 e TALA 70 calculadas para 2 operações (pouso e decolagem) do AS50. Os resultados apontam que o número de residentes expostos a níveis de ruído superiores a 55 dB(A), durante o período diurno será de até 15 pessoas. Por outro lado, considerando a curva TALA 70 expressa em minutos, existe a possibilidade de incômodo devido a interferência na comunicação de até 614 residentes.

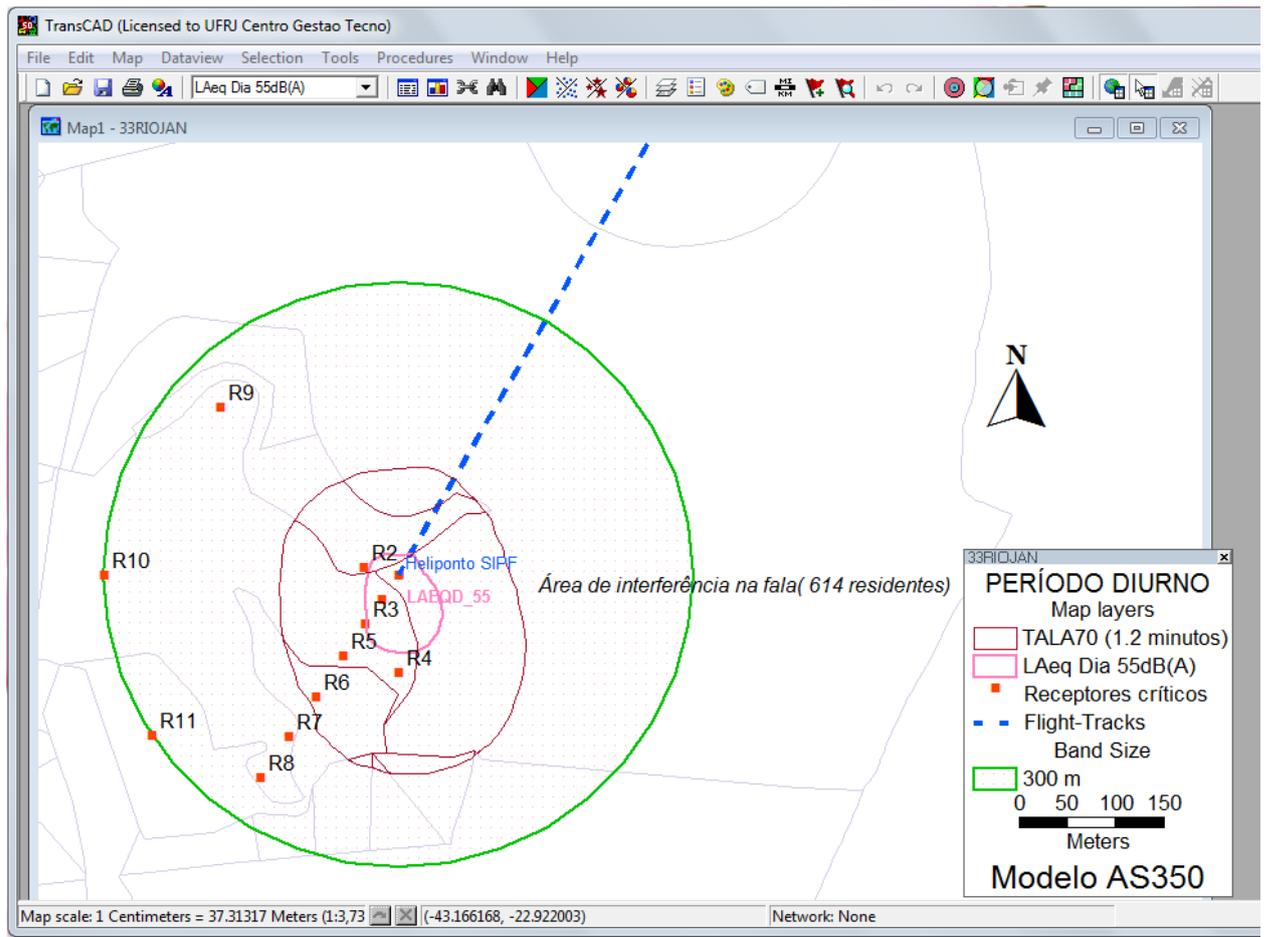


Figura 5.32: Sobreposição da curva LAeq Dia 55 e da curva TALA70 (1,2 minutos) para quantificação do impacto do ruído de 2 operações do AS50 Esquilo no período diurno.

Análise de acordo com a NBR 10152

A aplicação da norma NBR 10152 tem por objetivo determinar os valores de atenuação sonora a serem aplicados na edificação em função da atividade desenvolvida.

Os níveis LAeq 1 hora são mais elevados durante a noite e os valores de atenuação sonora para adequar o nível de ruído externo com o tipo de atividade nos pontos receptores R1, R2, R3, R4, R5, R6 e R7 é da ordem de 12 dB(A) . Estes receptores localizam-se na distância até 200m do heliponto, região que corresponde a área de curva de 65 do PBZR.

Usualmente, valores de atenuação até 10 dB(A) podem ser obtidos com a melhoria da qualidade acústica das esquadrias da edificação. Contudo, tratam-se de prédios tombados e preservados, o que exige a verificação da viabilidade da execução de tratamento acústicos nestes locais.

5.3.7 Medições de ruído

No dia 15 de julho de 2008 foram realizadas no heliponto SIPF diversas operações de voo com o modelo AS50 Esquilo especialmente para o levantamento do ruído no local. As medições de ruído foram realizadas pela empresa Grom priorizando a residência mais próxima do Hotel que é o ponto receptor R1 localizado na Ladeira do Russel 71.

O tempo de medição foi de 1 hora e 22 minutos, sendo 49 minutos durante o período diurno e 33 minutos no período noturno. Foram registrados os níveis de ruído ambiente e do ruído proveniente dos vários ensaios de voo do modelo AS50 Esquilo.

Os níveis de ruído ambiente medidos são característicos de áreas urbanas LAeq Dia 66 dB(A) e LAeq Noite 55 dB(A) .

5.5 O Heliponto Lagoa

O Heliponto SDRJ é localizado às margens da Lagoa Rodrigo de Freitas entre o Parque dos Patins e o Clube Naval Piraque no bairro da Lagoa, na capital do Rio de Janeiro. O aeródromo possui infraestrutura para estacionamento de até cinco helicópteros e instalações para recepção e atendimento de passageiros, contando com serviços de bar em um deck externo com vista para a bela paisagem da Lagoa, um dos mais conhecidos cartões postais da Cidade.

Em 2008, por meio da Portaria N.º 982 / SIE, da ANAC, o registro do heliponto foi renovado e alterado para as seguintes características:

- Denominação: Prefeitura do Rio de Janeiro (SDRJ);
- Município: Rio de Janeiro (RJ);
- Proprietário: Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro;
- Coordenadas geográficas: 22° 58' 16" S; 043° 12' 59" W;
- Tipo: solo;
- Elevação: 2 metros;
- Formato e dimensões da área de pouso e decolagem: quadrado-24 x 24m;
- Natureza do piso: asfalto;
- Resistência do pavimento: 5,0 toneladas;
- Superfície de aproximação: 27/36;
- Comprimento total do maior helicóptero a operar: 16 metros;
- Condições operacionais: VFR diurna / noturna.

A vizinhança do heliponto abriga áreas de lazer, parques, centros de esportes e entretenimento. Conforme mostra a Figura 5.33, a maior parte das áreas de restrições de uso solo do PBZR recaem sobre o espelho d'água e não há receptores críticos (residências, escolas e hospitais) localizados na curva 75 e curva 65 do heliponto.



Figura 5.33: Mapa da vizinhança do Heliponto SDRJ (Fonte: Google Earth).

No local são oferecidos passeios de helicópteros em pontos turísticos da cidade com vários roteiros. O aeródromo, cujo proprietário é a Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, está em concessão às empresas Helisul e Helisight, do mesmo grupo, que exploram voos panorâmicos e táxi aéreo. Esta companhia disponibilizava até meados de 2012, nove opções de voos panorâmicos com duração de seis a sessenta minutos, dependendo do roteiro. O passeio de helicóptero é cobrado por pessoa, a lotação mínima é 3 passageiros e os preços são fornecidos em função do tempo de duração do voo. (<http://www.helisight.com.br>, 02/09/12).

Em agosto de 2012, atendendo às reivindicações de várias associações de moradores, a referida empresa comprometeu-se a encerrar três rotas de voos que passavam sobre os bairros do Jardim Botânico, Botafogo, Humaitá e Urca, e a alterar o traçado de outras seis rotas, visando reduzir o incômodo sonoro causado na população. Também fazem parte deste acordo a redução do horário de operação e o aumento da altitude mínima de voo de 500 pés para 1000pés.

5.4.1 O zoneamento urbano na vizinhança do Heliponto SDRJ

Do mesmo modo que o Heliponto Hotel Glória, o Heliponto da Lagoa está situado na Zona Turística – ZT1 – onde os níveis sonoros permitidos são 65 dB(A) durante o dia e 60dB(A) à noite. Contudo o aeródromo é próximo da Zona Residencial – ZR3 –cujos níveis sonoros recomendados são 55 dB(A) durante o dia e 50dB(A) à noite.

5.4.2 Características operacionais

Os dados operacionais, utilizados nas simulações acústicas e apresentados a seguir, foram obtidos em visitas técnicas ao local, consultas aos responsáveis pelo aeródromo e nos registros de tráfego aéreo do Aeroporto de Jacarepaguá que processa uma conexão com o heliponto em estudo. A empresa de taxi aéreo responsável pelos voos panorâmicos no Heliponto Lagoa possui um hangar neste aeroporto, onde a sua frota de helicópteros fica estacionada.

Segundo o DTA – Dados de Tráfego Aéreo do Aeroporto de Jacarepaguá referente ao mês de janeiro de 2012, a média diária do movimento de aeronaves entre os dois aeródromos foi de 14 operações (7 pouso e 7 decolagens). Nos dias de pico de movimento ocorreram até 25 operações por dia.

5.4.2.1 Composição da frota

A Tabela 5.30 apresenta todos os modelos de helicópteros que operam na conexão com o Aeroporto de Jacarepaguá. Os modelos utilizados nos voos panorâmicos da empresa com sede em Jacarepaguá são Bell 206B-3, Bell 206L Long Ranger, Helibrás AS350 Esquilo, Robinson R44 e McDonnell Douglas MD-600.

Tabela 5.30: Levantamento da composição da frota de helicópteros que opera no Heliponto SDRJ.

Sigla ICAO	Fabricante / Modelo	Nº e Tipo de motor	MTOW (kg)	Nº de assentos	% de uso
AS50	Helibras AS350Esquilo	(1) Turbina	1950	1 + 6	29,05%
R44	Robinson R44	(1) Pistão	1088	2 + 2	18,47%
A109	Agusta A-109	(2) Turbina	2599	2 + 4	14,64%
B407	BELL 407	(1) Turbina	2268	1 + 6	8,11%
EC20*	Eurocopter EC-120 B	(1) Turbina	1800	1 + 4	6,31%
EC30	Eurocopter EC 130	(1) Turbina	2400	1 + 6	6,31%
EC35*	Eurocopter EC 135P2	(2) Turbina	2835	2 + 7	6,08%
MD600*	McDonnell Douglas	(2) Turbina	1157	1 + 2	1,60%
B06	Bell 206L Long Ranger	(1) Turbina	1814	1 + 6	2,00%
B06	Bell 206B-3	(1) Turbina	1451	1 + 3	3,38%
EC55*	Eurocopter EC 155 B1	(2) Turbina	4920	1 + 12	1,80%
EC45*	Eurocopter BK 117 C-2	(2) Turbina	3500	2 + 9	1,35%
S76	Sikorsky S-76	(2) Turbina	4763	1 + 12	0,68%
AS65	Aerospatiale SA-365N	(2) Turbina	3850	1 + 13	0,23%

Fonte: INFRAERO, dados de tráfego aéreo base janeiro de 2012.

(*) Helicópteros que não constam no banco de dados do INM e que foram substituídos por outros modelos com desempenho acústico semelhante:

EC20 equivale ao AS50;

EC35 equivale ao AS55;

EC55 e EC45 equivalem ao AS65;

MD600 equivale ao H500D.

5.4.2.2 Configuração das rotas

Conforme indicado na Figura 5.34, a direção de aproximação e saída do Heliponto SDRJ é sobre a Lagoa Rodrigues de Freitas, e assim são evitados sobrevoos de casas e prédios. Os trajetos de saída e chegada utilizados na conexão com o Aeroporto de Jacarepaguá ocorrem sobre a rota do Jardim de Alah, conjunto de praças conhecidas como o limite geográfico entre os bairros de Ipanema e Leblon.



Figura 5.34: Trajetórias de pouso e decolagem no Heliponto SDRJ sobre a Lagoa Rodrigues de Freitas (à esquerda) e rota Jardim de Alah (à direita).

A rota do voo panorâmico escolhida para estudo é um dos roteiros oferecidos no site da empresa de taxi aéreo Helisul. O desenho da trajetória do voo turístico no programa INM foi estimado nas ilustrações divulgadas pela referida empresa, conforme mostra a Figura 5.35.



Figura 5.35: Rota do passeio de helicóptero sobre a Zona Sul da cidade.

A modelagem da rota foi realizada em dois segmentos, rota de decolagem e rota de pouso. Na saída do heliponto (decolagem) foi considerado o trajeto passando pela rota do Jardim de Alah e prosseguindo pelas praias de Ipanema e Copacabana. No retorno ao heliponto (pouso) foi considerado o trajeto passando pelo bairro da Urca, fazendo curva

sobre a Enseada de Botafogo, passando em seguida por todo o bairro de Botafogo ao longo da Rua Voluntários da Pátria, e depois sobre parte do bairro de Humaitá e Lagoa, conforme mostra a Figura 5.36.

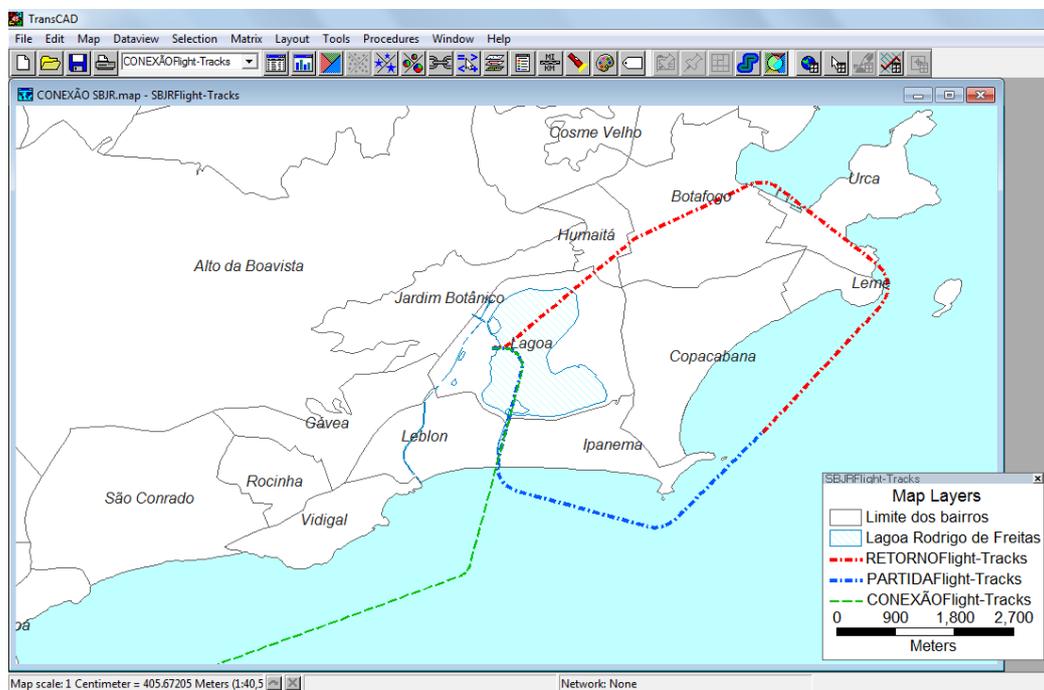


Figura 5.36: Rota do passeio de helicóptero sobre a Zona Sul da cidade e rota da conexão com o Aeroporto de Jacarepaguá.

5.4.2.3 Número de movimentos

Não foi possível obter o número de movimentos dos voos panorâmicos realizados a partir do Heliponto Lagoa. Segundo relatos das Associações de Moradores, estima-se que os sobrevoos sobre os locais turísticos da cidade podem ser de 100 a 200 por dia nos períodos de fins de semana, feriados e eventos como Réveillon e Carnaval, quando há grande fluxo de visitantes na capital.

Com relação aos movimentos de partida e chegada de aeronaves entre os aeródromos da Lagoa e Jacarepaguá, ocorreram 444 operações (222 partidas e 222 chegadas) no mês de janeiro de 2012 e a média do movimento foi de 14 operações por dia. A Tabela 5.31 mostra os dados operacionais considerados nas simulações (modelos que operaram na

conexão entre os aeródromos ao longo do mês, o número médio dos voos por modelo e o percentual de voos noturnos).

Tabela 5.31: Número de movimentos registrados na conexão com Jacarepaguá em janeiro de 2012.

Modelo	Tipo de operação	Total no mês		Média diária	
		Dia	Noite	Dia	Noite
AS50	Pouso	57,0	7,5	1,838710	0,241935
	Decolagem	57,0	7,5	1,838710	0,241935
R44	Pouso	39,5	1,5	1,274194	0,048387
	Decolagem	39,5	1,5	1,274194	0,048387
A109	Pouso	32,5	0	1,048387	0
	Decolagem	32,5	0	1,048387	0
B407	Pouso	18,0	0	0,580645	0
	Decolagem	18,0	0	0,580645	0
EC30	Pouso	14,0	0	0,451613	0
	Decolagem	14,0	0	0,451613	0
EC20*	Pouso	14,0	0	0,451613	0
	Decolagem	14,0	0	0,451613	0
EC35**	Pouso	12,5	1	0,403226	0,032258
	Decolagem	12,5	1	0,403226	0,032258
MD60***	Pouso	8,0	0	0,258065	0
	Decolagem	8,0	0	0,258065	0
B06	Pouso	7,5	0	0,241935	0
	Decolagem	7,5	0	0,241935	0
EC55****	Pouso	4,0	0	0,129032	0
	Decolagem	4,0	0	0,129032	0
EC45****	Pouso	2,5	0	0,080645	0
	Decolagem	2,5	0	0,080645	0
S76	Pouso	1,5	0	0,048387	0
	Decolagem	1,5	0	0,048387	0
AS65	Pouso	0,5	0,5	0,016129	0,016129
	Decolagem	0,5	0,5	1,838710	0,241935
Total		423	21	13,629032	0,661290

Fonte: INFRAERO.

Substituições no programa INM:

(*)AS50, (**) EC130, (***) HD500, (****) AS65

5.4.2.4 Horário de funcionamento

Do mesmo modo que a maioria dos helipontos da cidade, o Heliponto Lagoa é homologado para operações VFR diurna/noturna, e pode operar no período diurno e noturno. Em meados de 2012, o heliponto teve seu período de funcionamento reduzido ao horário comercial devido as reclamações de incômodo sonoro feitas por várias associações de moradores da cidade.

5.4.3 Seleção dos pontos de receptores

Foram selecionados 4 pontos para base de cálculo das simulações, localizados ao longo do trajeto de retorno ao heliponto, sendo 1 ponto por bairro, conforme descrito na Tabela 5.32.

Tabela 5.32: Pontos de cálculo selecionados para o Heliponto SIPF

Sigla	Bairro	Endereço	Coordenadas X,Y (km)		Distância (m)
P1	URCA	Residência R Odílio Bacelar	5.0176413	1.9025141	5.366
P2	BOTAFOGO	Condomínio Cibel, R Voluntários da Pátria	2.5605440	1.8025773	3.131
P3	HUMAITÁ	CIEP	1.6869366	1.2506978	2.100
P4	LAGOA	Igreja Sta Margarida Maria	1.3549134	0.9720973	1.667

5.4.4 Aplicação da Matriz de Exposição

Sonora no SDRJ

Nesta etapa, a Matriz de Exposição Sonora foi utilizada para o dimensionamento do número máximo de operações ao longo do trajeto selecionado. Foi escolhido, como base de cálculo da Matriz, o Ponto P4 – Lagoa, localizado mais próximo do heliponto.

A Tabela 5.33 apresenta os valores do SEL por evento obtidos nas simulações acústicas, considerando 11 modelos de helicópteros que operam regularmente na

conexão entre o Aeroporto de Jacarepaguá e o Heliponto da Lagoa, (base janeiro de 2012). A Matriz foi elaborada tendo como base 1 viagem (pouso e decolagem) por dia de cada modelo selecionado para estudo.

Tabela 5.33: Matriz de Exposição Sonora do Ponto P4 – Lagoa.

Modelo	Tipo	Nº Mov	SEL_1 evento dB(A)	Quantidade α	TALA 70 (segundos)
A109	A	1	95	2884031503,13	24 s
B206B3	A	1	92	1548816618,91	18 s
S76	A	1	91	1258925411,79	12 s
SA365N	A	1	91	1202264434,62	18 s
SA355F	A	1	90	1000000000,00	12 s
B407	A	1	90	912010839,36	12 s
SA350D	A	1	89	870963589,96	12 s
EC130	A	1	89	776247116,63	12 s
B206L	A	1	88	645654229,03	12 s
H500D	A	1	86	363078054,77	12 s
R44	A	1	83	218776162,39	6 s
Total		11,00		11680767960,59	

5.4.5 Resultados

Os resultados da Matriz mostram que os valores SEL por evento são menores os para os modelos de aeronaves H500D, R44 e B206L.

Considerando apenas operações no horário diurno, os resultados da Tabela 5.33A indicam que a condição LAEq Dia55 no Ponto P4 pode ser obtida com até 60 movimentos por dia, considerando os modelos H500D e R44.

Contudo, visto que o modelo R44 possui capacidade de transporte de somente 3 pessoas, foi testado a possibilidade de incluir as operações com o modelo B206L. A Tabela 5.33B mostra que condição LAEq Dia55 no ponto P4 pode ser obtida com até 50 movimentos por dia, considerando os modelos H500D, R44 e B206L.

Tabela 5.33A: Número máximo de movimentos por dia com os modelos H500D e R44 no Heliponto SDRJ.

Níveis dB(A)					
Laeq Dia		55			
Modelo	Tipo	Nº Mov	SEL_1 evento dB(A)	SEL_Total dB(A)	Quantidade α
H500D	A	40	85,6	101,6	14523122190,80
R44	A	20	83,4	96,4	4375523247,90
Total		60,00		102,8	18898645438,70

Tabela 5.33B: Número máximo de movimentos por dia com os modelos B206L, H500D e R44 no Heliponto SDRJ.

Níveis dB(A)					
Laeq Dia		55			
Modelo	Tipo	Nº Mov	SEL_1 evento dB(A)	SEL_Total dB(A)	Quantidade α
B206L	A	10	88,1	98,1	6456542290,35
H500D	A	25	85,6	99,6	9076951369,25
R44	A	15	83,4	95,2	3281642435,92
Total		50,00		102,7	18815136095,52

Adicionalmente, foram feitas simulações na métrica TALA 70 para verificar o tempo de interferência do ruído na comunicação, devido a passagem dos helicópnos no locais selecionados para estudo. Os resultados da Matriz no Ponto 4 mostram que valores TALA70 obtidos por evento são inferiores a 24 segundos para todos os modelos testados e portanto, a possibilidade de incômodo devido à interferência na fala é muito reduzida. As Figuras 5.37, 5.38, 5.39, 5.40 e 5.41 mostram as curvas de ruído geradas para o trajeto do passeio turístico pela cidade com 50 operações diárias dos modelos mais silenciosos da frota, na altitude de 1000 pés.

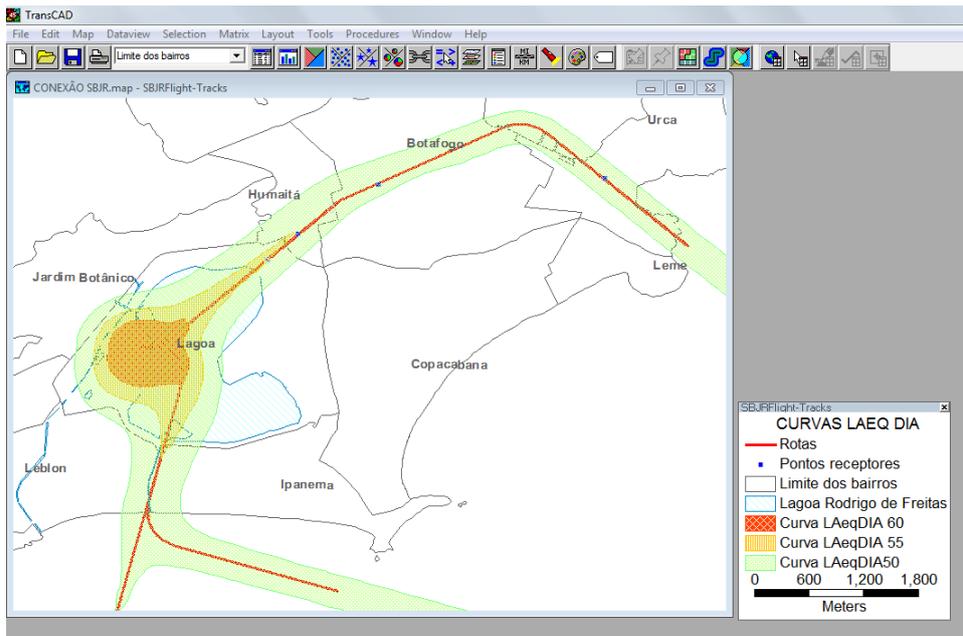


Figura 5.37: Curvas de ruído geradas para 50 movimentos por dia, considerando os modelos H500D, R44 e B206L.

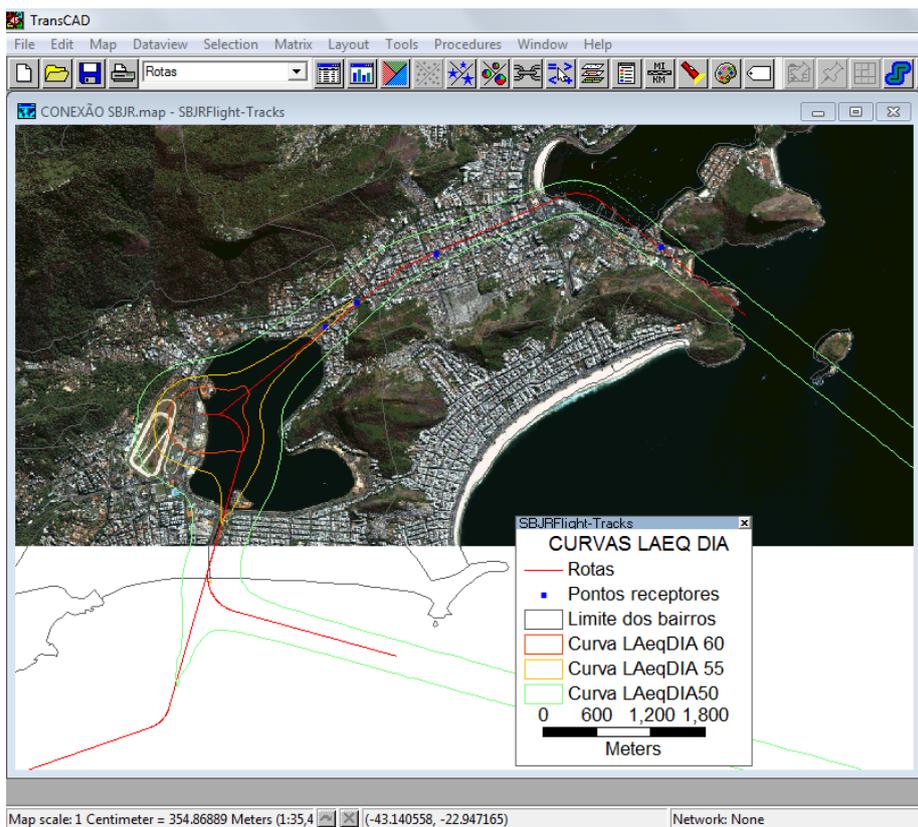


Figura 5.38: Curvas de ruído sobre a foto de satélite, considerando 50 movimentos por dia, dos modelos H500D, R44 e B206L.

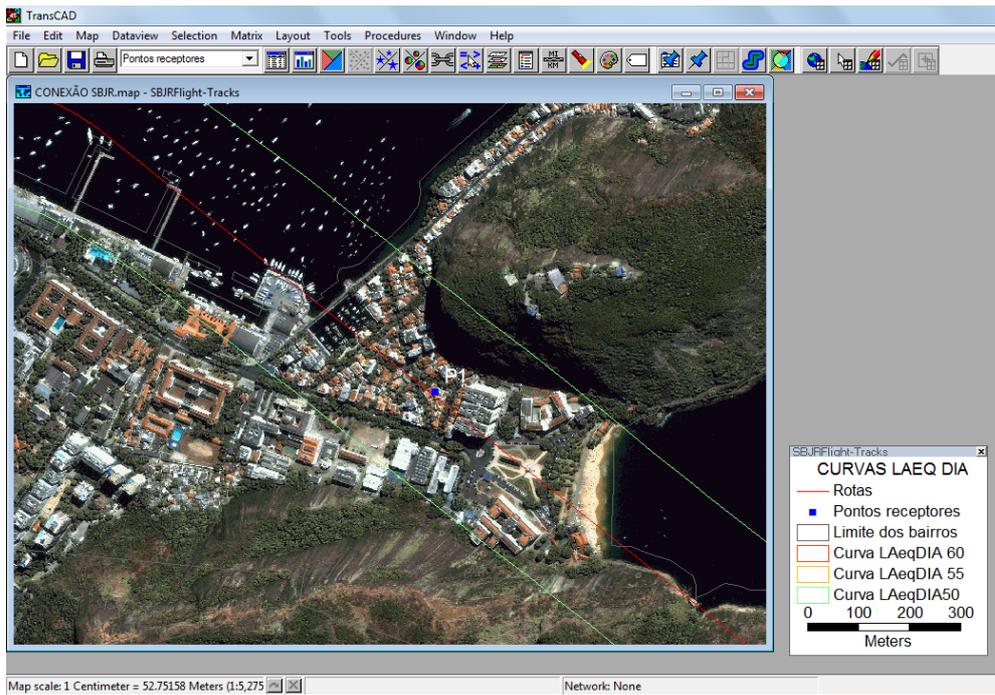


Figura 5.39: Curvas de ruído sobre a foto de satélite do Bairro da Urca, considerando 50 movimentos por dia, dos modelos H500D, R44 e B206L.

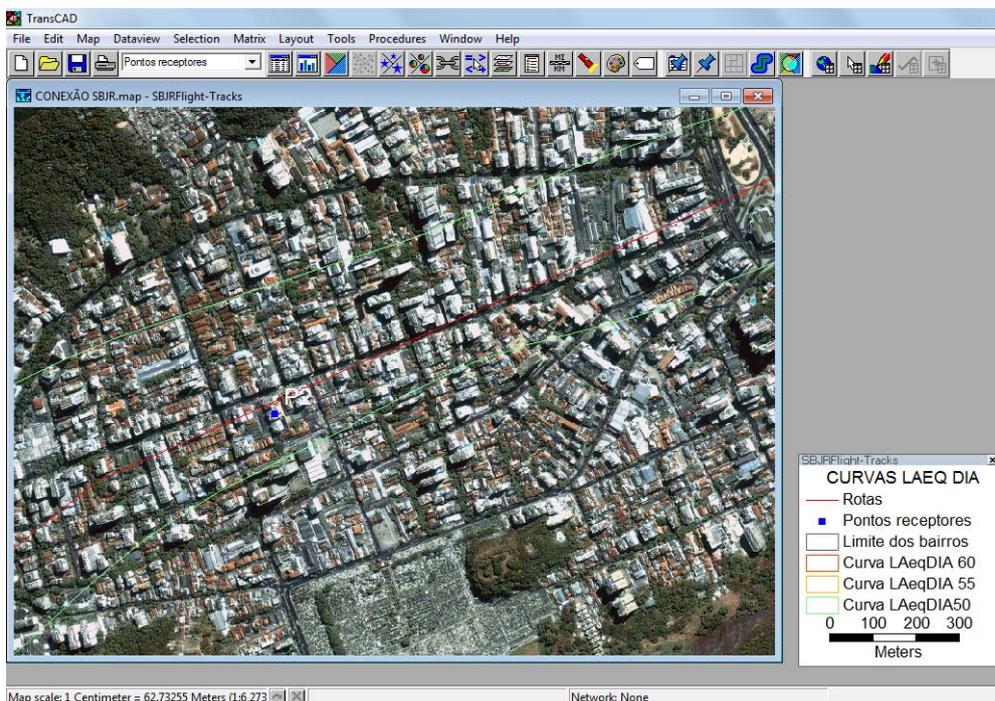


Figura 5.40: Curvas de ruído sobre a foto de satélite do Bairro de Botafogo, considerando 50 movimentos por dia, dos modelos H500D, R44 e B206L.

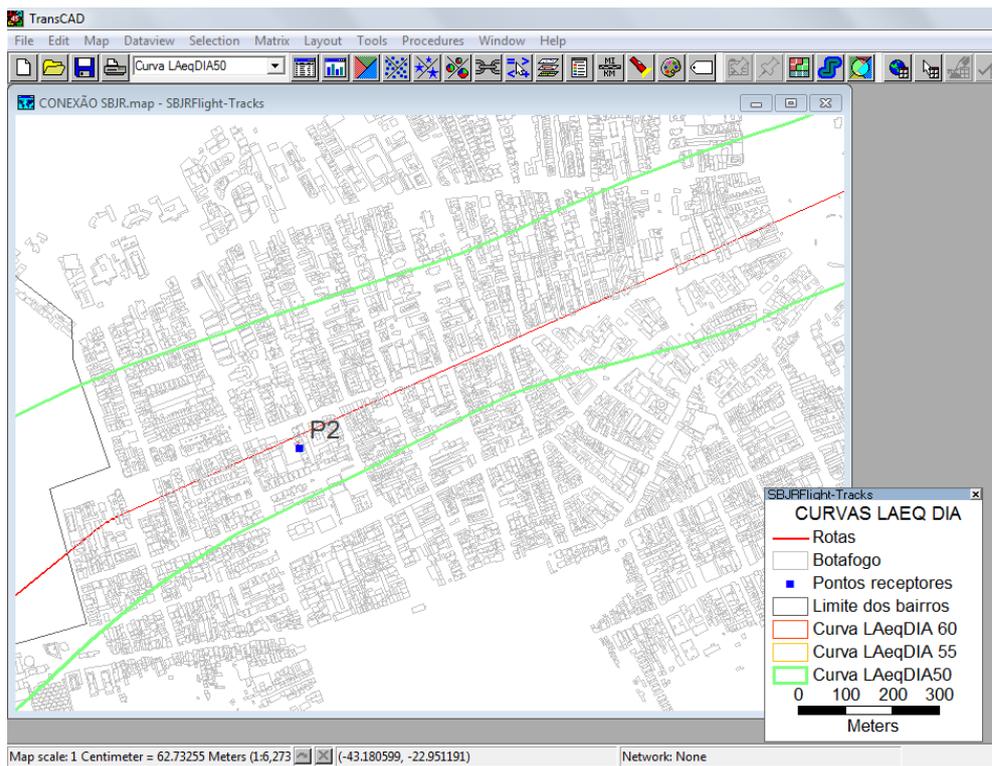


Figura 5.41: Curvas de ruído sobre o Bairro de Botafogo. O trajeto de retorno ao heliponto foi considerado sobre a Rua Voluntários da Pátria.

6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Esta tese partiu da hipótese de que há necessidade de um novo conceito para o estudo do impacto do sonoro do transporte por helicóptero, pois o modelo atualmente utilizado é insatisfatório.

A abordagem metodológica proposta permitiu caracterizar o ruído nos receptores de modo similar a uma campanha de monitoração de ruído, sendo que o número de pontos considerados pode ser maior e com um custo menor.

A aplicação da metodologia também permitiu evidenciar a possibilidade de incômodo sonoro causado a população, em locais onde os métodos convencionais de avaliação do ruído aeronáutico apontam para a inexistência de problemas com o ruído dos helicópteros.

No mesmo sentido, demonstrou ser uma ferramenta útil no atendimento de questões como, identificação dos eventos críticos, determinação do conjunto de aeronaves com maior contribuição ao incômodo sonoro na população, determinação dos modelos de aeronaves mais adaptados às operações do heliponto ou de uma rota específica, com o uso Matriz de Exposição de Sonora.

A Matriz pode ser utilizada para auxiliar em campanhas de medição de ruído aeronáutico, visto que podem ser identificadas previamente, as contribuições de ruído das aeronaves mais relevantes no ponto de medição.

Os resultados alcançados nos três estudos de caso possibilitaram concluir que abordagem metodológica proposta apresentou-se adequada a gestão do ruído de helicópteros em helipontos, heliportos (aeroportos) e ao longo das suas rotas, evidenciando os seguintes aspectos:

- **Métricas de avaliação**

Nas avaliações do impacto sonoro do movimento de helicópteros na vizinhança de aeroportos/ helipontos, não se pode utilizar apenas a métrica DNL pois esta apresenta resultados subestimados. O DNL considera um período de 24hs e o movimento de helicópteros durante o período noturno é muito reduzido. Por esse fato não permite caracterizar adequadamente o ruído emitido por este equipamento.

O uso das LAeq Dia, LAeq Noite e LAeq 1hora mostraram uma melhor correlação da reação de incômodo das pessoas com o ruído gerado pelas operações com helicópteros.

- **Altitude mínima do voo**

A baixa altitude do voo (150m) é um dos principais fatores de contribuição ao incômodo sonoro ao longo das rotas dos helicópteros.

Recomenda-se o aumento da altitude do voo para 300m visto que permite uma redução de até 5 dB(A) nos níveis de ruído nos locais mais afastados do aeroporto e ao longo das rotas.

- **Área de influência acústica do aeródromo**

A área de influência acústica do movimento de helicópteros não está restrita às áreas vizinhas do aeroporto/ heliponto.

A análise das curvas de ruído LAeq Dia do Aeroporto de Jacarepaguá possibilitou identificar que as operações dos helicópteros produzem “rastros de ruído” ao longo de suas rotas, ou seja, diferente dos aviões, as curvas de ruído dos helicópteros estendem-se além do aeroporto e acompanham toda a sua trajetória.

Assim, para determinação da área de influência acústica do aeroporto/ heliponto recomenda-se o uso da curva de ruído LAeq Dia > 50 dB(A), que corresponde ao limite sonoro recomendado para Áreas Estritamente Residenciais .

- **Planejamento das rotas de voo**

A concentração de movimentos de helicópteros em uma determinada rota associada ao voo com baixa altitude são os principais fatores que elevam os níveis sonoros percebidos pelos residentes nas áreas sobrevoadas.

Quando planejadas adequadamente, de modo a evitar o sobrevoos de áreas sensíveis ao ruído, a concentração de movimentos em uma determinada rota, assim como o CH - Corredores Aéreos de Circulação de Helicópteros adotados em São Paulo, pode ser uma importante ferramenta de controle de ruído de tráfego de helicópteros nas áreas urbanas.

Considera-se, que a otimização das rotas dos helicópteros deveria ser estudada, bem como a criação de um programa de educação de pilotos com o objetivo de conscientizá-los da importância de respeitarem as áreas mais sensíveis ao ruído.

- **PEZR de helipontos**

O critério de ruído da aeronáutica DNL 65 dB(A) tem pouca aplicabilidade ou nenhuma nas regiões mais afastadas do aeroporto. Nestes locais devem prevalecer os critérios de ruído da NBR10151 (critério para conforto acústico).

O DNL é a métrica de ruído oficial nos Estados Unidos onde é utilizada para ambos, zoneamento urbano e zoneamento aeroportuário. No Brasil, o DNL é utilizado apenas no zoneamento aeroportuário e diverge da métrica adotada nos municípios brasileiros gerando diversos conflitos entre as autoridades aeroportuárias e a população.

É preciso ter em conta que as prefeituras utilizam a métrica LAeq e outros critérios de avaliação do ruído. O uso da métrica DNL para avaliação do ruído aeronáutico não é prático, pois exige um estudo com simulações acústicas para conversão de métricas.

A regulação aeronáutica atribui ao administrador do heliponto a responsabilidade pela implantação e preservação das restrições de uso do solo do seu Plano de Zoneamento de Ruído. Do mesmo modo, as prefeituras não oferecem garantias para a preservação e monitoramento destas áreas.

O ruído aeronáutico é quase sempre a principal causa de conflitos com a população e o fator limitante das atividades de um heliponto. O zoneamento de ruído do heliponto proposto neste trabalho foi dimensionado tendo em conta os níveis de conforto recomendados pelas normas ABNT 10151 e ABNT 10152, e não unicamente nos parâmetros de altamente incomodados, relacionados com métrica DNL (níveis sonoros 65dB(A) e 75dB(A)).

Os padrões de conforto acústico em áreas externas estabelecidos pelas normas, para áreas residenciais, estão de acordo com os níveis sonoros recomendados pela

Organização Mundial da Saúde para conforto (segundo a OMS, a partir de 50dB(A) pode haver incômodo moderado durante o dia e a partir de 45dB(A) pode haver interferência no sono à noite) e referem-se à aceitabilidade do ruído pela comunidade.

O PEZR de aeroportos é elaborado com base em previsões futuras do movimento de aeronaves e na quantidade máxima de operações que o aeroporto pode processar com segurança e eficiência, em função de suas dimensões físicas. Nestes termos, os limites operacionais de uma aeroporto são definidos em função da capacidade de cada um de seus componentes como o sistema de pistas, terminal de cargas e passageiros, pátio de estacionamento de aeronaves, e demais áreas de apoio e instalações. Após aprovado o PEZR do aeroporto, o zoneamento municipal deve se adequar às restrições de uso do solo deste PEZR.

Os helipontos são implantados em áreas urbanas consolidadas. Neste contexto, diferente dos aeroportos, o PEZR do heliponto precisa se adequar às características existentes do seu entorno para garantir sua eficiência. Neste sentido recomenda-se o dimensionamento dos limites operacionais do empreendimento priorizando as características e a sensibilidade ambiental de sua vizinhança.

6.1 Estudos futuros

A metodologia é proposta especificamente para o movimento de helicópteros em helipontos, heliportos (aeroporto) e suas rotas, porque utiliza como critério níveis de ruído na condição de conforto que são aplicáveis aos helicópteros devido à sua maior flexibilidade operacionais.

A sua aplicação no caso de aviões exige uma reavaliação dos critérios que poderá ser objeto de novos estudos.

7 - BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10151- Avaliação de ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro : 2000.

_____. NBR 10152 - Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro : 2000.

A. PIKE, ‘Institute of Acoustics : Helicopter Noise – What is important from a Community Prospective?,’ in The Improvement of the Management of Helicopter Noise, University of Salford, 2008.

BATISTA, S. S, 2003, Metodologia para Previsão de Ruído Proveniente da Implantação de Helipontos e Heliportos. Dissertação de Mestrado, Publicação T.DM - 016A/03, Departamento de Eng. Civil e Ambiental, Universidade de Brasília.

BERANECK, L. Noise And Vibration Control. New York: Mac Graw Book Company, 1971.

BERENDT, R. & CORLISS. E L. Quieting: A Pratical Guide to Noise Control. Washington: National Bureau of Standards, 1976.

BLUMENTHAL, V. L., RUSSEL, R. E., STRECKENBACH, J. M., Aircraft Community Noise Research and Development: a Historical Overview. Boeing Commercial Airplane Company, Seattle, Washington, 1975.

BROOKER, P., J. B. CRITCHLEY, D. J. MONKMAN, AND C. RICHMOND, “United Kingdom Aircraft Noise Index Study: Main Report,” Jan 1985.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resoluções Conama,-1984/1990. Brasília: IBAMA, 1990.

COUTO, C.M.F, ALVES, C.J.P., Infraestrutura para VTOL na Cidade de São Paulo, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Sitraer 7 (2008) 41-48-Tr 72.

CREMONESI, J.F.C. Ruído Urbano- Natureza, medição e Controle. In Tecnologia de Edificações. Projeto de divulgação tecnológica. São Paulo: Ed. Pini/IPT, 1988, p. 447-452.

DAVIS, M. L. et al. Introduction to environmental engineering. New York: Mc Graw-Hill,.

DORA R&D “Adverse Effects of Night-Time Aircraft Noise,” March 2000

EGAN, M.D. Concepts in Architectural Acoustics. United States of America: McGrall-Hill, 1972.

ECAC.CEAC Doc 29 : Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports” European Civil Aviation Conference, 2-3 July, 1997

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. *Integrated Noise Model*. User’s Guide, versão 7.0, FAA, 2007.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, “Report to Congress: Nonmilitary Helicopter Urban Noise Study”, 2004.

FIDELL, S., BARBER, D. S., Updating a Dosage-effect Relationship for the Prevalence of Annoyance due to General Transportation Noise, BBN Systems and Technology Corporation, California, 1990.

FIDELL, S., SILVATI, L., An Assessment of the Effect of Residential Acoustic Insulation on Prevalence of Annoyance in an Airport Community. BBN Systems and Technologies Corporation, California, 1990.

FIELDS, J. M., “Effect of personal and situational variables on noise annoyance in residential areas,” The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 93, pp. 2753-2763, 1995.

FIELDS, J. M., POWELL C. A., “Community reactions to helicopter noise: Results from an experimental study,” NASA: Langley Research Center, 1987.

GREEN, D. M., FIDELL, S., Variability in the Criterion for Reporting Annoyance in Community Noise Surveys, University of Florida, 1990.

GIERKE, H. E.V. *et al. Effects of noise on people. In Noise/News International*

HAI “Helicopter Association International : <http://www.rotor.com/>

HAI - Fly Neighbourly Guide: Helicopter Association International, 1993

HANSON, C.E., “Aircraft Noise Effects on Cultural Resources: Review of Technical Literature,” Report to National Park Service under Contract CX-2000-0-0025, Sep 1991.

HUBBARD, HARVEY H., “Noise Induced House Vibrations and Human Perception,” Noise Control Engineering Journal, 19 (2), pp 49-55, Sep-Oct 1982.

IGNACCOLO, M. *Environmental capacity: noise pollution at Catania-Fontanarossa international airport. Journal of Air Transport Management* 6,p. 191-199. www.elsevier.com/locate/jairtraman. Italy:2000.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, “Airport Planning Guidance”, DOC9184, Part 2 – Land Use and Environmental Control , Montreal: ICAO,1999.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, “Final draft of Guidance on the Balanced Approach to Aircraft Noise Management”, Montreal: ICAO, February 2004.

INSTITUTO DE AVIAÇÃO CIVIL, “Curso de Planejamento no Entorno de Aeroportos” Rio de Janeiro: IAC, 2000.

INSTITUTO DE AVIAÇÃO CIVIL, "Curso de Controle de Ruído Aeroportuário". Rio de Janeiro: IAC, 2000.

KERRY, G., "Responding to complaints about noise from military light aircraft," Telford Research Institute of Acoustics, University of Salford 1997.

LEISHMAN, J. G., "Principles of helicopter aerodynamics", Cambridge University Press, 2006.

LERCHER P., BRAUCHLE G., KOFLER W., WIDMANN U., MEIS M., "The assessment of noise annoyance inschoolchildren and their mothers," in Inter-Noise, Nice,France, 2000.

LEVERTON, J. W., PIKE, A. C., "Helicopter noise - What is Important from a Community Prospective," in American Helicopter Society 63rd Annual forum Virginia Beach, VA, 2007.

LONDON ASSEMBLY - ENVIRONMENT COMMITTEE "London in a spin - a review of helicopter noise," October 2006.

LOWSON, M. V., "Progress towards quieter civil helicopters," 96, vol. The Aeronautical journal, pp. 209 - 209, 1996.

MACEDO, M.R.V. et al. "A qualidade acústica de habitações destinadas à população de baixa renda". In Anais do NUTAU. São Paulo: USP, 1998.

MACEDO, M.R.V., "Avaliação Pós-Ocupação Acústica: um Instrumento de Apoio ao Planejamento e Gestão Ambiental na Circunvizinhança de Pequenos Aeroportos", Tese COPPE/UFRJ, 2004.

MARCO, C.S., "Elementos de Acústica Arquitetônica". São Paulo: Editora Nobel, 1990.

MAYNER S., “Institute of Acoustics meeting: Living with London’s Heliport” in The Improvement of the Management of Helicopter Noise, University of Salford, 2008.

MIEDEMA, H. M. E., “Annoyance caused by environmental noise: Elements for evidence-based noise policies”. Journal of Social Issues 63, p.41–57, 2007.

MILLER, J. D., “Effects of noise on people. Journal of Acoustical Society of America”, 1974, p. 112-144.

MILLER, N.P., E.M. REINDEL, D.A. SENZIG, AND R.D. HORONJEFF, “Low-frequency Noise from Aircraft Start of Takeoff, Proceedings Internoise 98.

MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA. Portaria no 1.141/GM5, de 8 de dezembro de 1987. Diário Oficial da União: Brasília, 1987.

MOORHOUSE, D. A., WADDINGTON, D. D., ADAMS, D. M., “DEFRA NANR45: Proposed criteria for the assessment of low frequency noise disturbance,” University of Salford 2005.

MUGRIDGE P. J., HUMPHESON D., SIXSMITH, K., “A Study of Noise Issues Associated with Helicopter Activity from RAF Shawbury,” Command Scientific Support Branch Royal Air Force Centre of Aviation Medicine 2000.

OWENS, T., MCCLAUGHLIN, B., “Institute of Acoustics meeting: Management of Helicopter Noise,” in The Improvement of the Management of Helicopter Noise, University of Salford, 2008.

PASSCHIER-VERMEER W., PASSCHIER, W. F., “Noise exposure and public health,” Environ Health Perspect., vol. 108, pp. 123-131, 2000.

RABINOWWITZ, J., “Les effets physiologiques du bruit”. La recherche – Vol.22- p. 178-187, 1991.

REVOREDO, T.C., “Estimação dinâmica do ruído aeronáutico utilizando sistemas diferencialmente planos e redes neurais artificiais”, Tese COPPE/UFRJ, 2011.

ROCHA, R.B., “Um Método para Adequação do Zoneamento Urbano à Influência Sonora dos Aeroportos com Auxílio de Sistemas de Informação Geográfica: O Caso do Aeroporto de Congonhas e seu Entorno”, Dissertação UFRJ/COPPE, 2009.

SMITH, M. J. T., “Do we really need 57 ways of rating aircraft noise?,” in *Internoise 90*, 1990, pp. 467-470.

SIXSMITH, K., “Institute of Acoustics meeting: Psychological response to Helicopter noise at RAF Shawbury,” in *The Improvement of the Management of Helicopter Noise*, University of Salford, 2008.

SCHOMER, P. D., “A Survey of Community Attitudes Toward Noise Near a General Aviation Airport,” *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 74, pp. 1773-1781, 1983.

SCHOMER, P. D., NEATHAMMER, R. D., “Community Reaction to Impulsive Noise. A Final 10-Year Research Summary. Revised.,” *Construction Engineering research Lab (Army)* 1985.

SCHOMER, P. D., BRADLEY J. S., “A test of proposed revisions to room noise criteria curves,” *Noise Control Engineering Journal*, vol. 48, pp. 124-129, 2000.

SCHULLER, W.M, PEUTZ, A . P. P. J et al. “Contrôle du bruit en milieu industriel” Paris: Editions Eyrolles, 1981.

SEKYRA, C. A., STOREY, W. C., YATES, R., “Validity of Aircraft Noise Data”, Boeing Commercial Airplane Company, Seattle, Washington, 1975.

SHAW, E. A.G., “Noise pollution – What can be done?” *Physics today*, 1975, p. 12-22.

SCHULTZ, T. J., “Synthesis of Social Surveys on Noise Annoyance”, Bolt Beranek and Newman Incorporated, Cambridge, Massachusetts, 1978.

SPERRY, W. C., “Effectiveness of Aircraft Takeoff Procedures for Noise Abatement”, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C., 1978.

STANSFELD, S., HAINES, M., BRETNALL S., HEAD J., ROBERTS, R., BERRY B., JIGGINS M., “West London Schools Study: Aircraft noise at school and children's cognitive performance and stress responses,” Department of Health 2001.

SUTHERLAND, L. C., “Assessment of Potential Structural Damage from Low Altitude Subsonic Aircraft,” Wyle Laboratories Report WR 89-16®, submitted to Martin Marietta Energy Systems, Inc., Oak Ridge, TN, June 1990.

SCHOMER, P. D., NEATHAMMER, R., “The Role of Vibration and Rattle in Human Response to Helicopter Noise”, U.S. Army CERL Tech. Report N-85/14, 1985.

SOUSA, D.S., “Instrumentos de Gestão da Poluição Sonora para a Sustentabilidade das cidades Brasileiras”, Tese COPPE/UFRJ, 2004.

THE LONDON HELIPORT LTD – “London Heliport Environmental Issues”: http://www.londonheliport.co.uk/page_environmental.asp

WHILE RESEARCH AND CONSULTING, “Noise Exposure Map Report and Noise Compatibility Program Update for San Antonio International Airport”, Job No. T56279, February 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). “Community Noise”. Stockholm: Center for Sensory Research, 1999.

The Directive On Environmental Noise. 2002/49/EC: EU, 2002.

8 - APÊNDICES

A1: Levantamento da composição da frota de aeronaves de asa fixa do Aeroporto de Jacarepaguá.

Fabricante	Modelo	Sigla ICAO	Sigla INM	DESCRIÇÃO INM	Percentual na frota	Nº de motores	Tipo motor	Peso máximo de decolagem-kg	Nº máximo de passageiros
AEROMOT	AMT-600	GURI	PA28	PIPER WARRIOR PA-28-161 / O-320-D3G	28,512%	1	PISTÃO	900	1
NEIVA	EMB-712	P28A	PA28		14,256%	1	PISTÃO	1157ou930	3
CIRRUS DESIGN	SR22	SR22	PA28		5,950%	1	PISTÃO	1542	3
CESNA AIRCRAFT	182G	C182	CNA182	Cessna 182H / Continental O-470-R	4,132%	1	PISTÃO	1270	4
XAVANTE	A-122-B	A122	PA28		12,893%	1	PISTÃO	840	1
Z	RV-10	RV10	PA28		2,355%	1	PISTÃO	1224	3
PIPER AIRCRAFT	PA-34-220T	PA34	BECS8P	BARON 58P/TS10-520-L	2,149%	2	PISTÃO	2155	5
CESNA AIRCRAFT	170A	C170	CNA172	Cessna 172R / Lycoming IO-360-L2A	2,893%	1	PISTÃO	998	1
CESNA AIRCRAFT	152	C152	GASEPF	1985 1-ENG FP PROP	2,025%	1	PISTÃO	757	1
CESNA AIRCRAFT	T206H	C206	CNA206	Cessna 206H / Lycoming IO-540-AC	1,488%	1	PISTÃO	1633	5
PIPER AIRCRAFT	PA-31	PA31	PA31	PIPER NAVAJO CHIEFTAIN PA-31-350 / TIO-5	1,198%	2	PISTÃO	3052	2
CESNA AIRCRAFT	172M	C172	CNA172	Cessna 172R / Lycoming IO-360-L2A	1,157%	1	PISTÃO	1043	3
Z	RV-7A	RV7	GASEPF	1985 1-ENG FP PROP	1,653%	1	PISTÃO	816	1
AMERICAN CHAMPION	7GCBC	CH7A	GASEPF	1985 1-ENG FP PROP	0,785%	1	PISTÃO	748	1
AVIONS MUDRY	CAP-10B	CP10	GASEPF	1985 1-ENG FP PROP	0,785%	1	PISTÃO	830	1
CIRRUS DESIGN	SR20	SR20	PA28		0,620%	1	PISTÃO	1361	3
RAYTHEON AIRCRAFT	58	BE58	BECS8P	BARON 58P/TS10-520-L	0,579%	2	PISTÃO	2.495	5
Z	CONQUEST 180	ULAC	GASEPF	1985 1-ENG FP PROP	0,455%	1	PISTÃO	750	1
PIPER AIRCRAFT	PA-46-350P	PA46	GASEPF	1985 1-ENG FP PROP	0,289%	1	PISTÃO	1950	5
Z	JABIRU J450	J450	GASEPF	1985 1-ENG FP PROP	0,207%	1	PISTÃO	700	3
BEECH AIRCRAFT	95-855	BE55	BECS8P	BARON 58P/TS10-520-L	0,207%	2	PISTÃO	2313	5
Z	T-211	T211	GASEPF	1985 1-ENG FP PROP	0,165%	1	PISTÃO	570	1
AERO BOERO	AB-115	AB11	GASEPF	1985 1-ENG FP PROP	0,165%	1	PISTÃO	770	1
Z	TOYS 4 BOYS JC	J100	PA28		0,165%	1	PISTÃO	1497	1
CESNA AIRCRAFT	LC42-550FG	COL3	PA28		0,124%	1	PISTÃO	1542	3
CESNA AIRCRAFT	LC42-550FG	COL3	PA28		0,124%	1	PISTÃO	1542	3
EXPERIMENTAL	RV-10	ZZZZ	PA28		0,083%	1	PISTÃO	1224	3
Z	JABIRU J450	J430	GASEPF	1985 1-ENG FP PROP	0,083%	1	PISTÃO	700	3
BEECH AIRCRAFT	36	BE36	PA28		0,083%	1	PISTÃO	1633	5

Fabricante	Modelo	Sigla ICAO	Sigla INM	DESCRIÇÃO INM	Percentual na frota	Nº de motores	Tipo motor	Peso máximo de decolagem-kg	Nº máximo de passageiros
CESNA AIRCRAFT	525	C525	CNA510	Cessna Mustang Model 510 / PW615F	1,529%	2	JATO / TURBOFAN	4808	6
EMBRAER	EMB500	E50P	CNA510	Cessna Mustang Model 510 / PW615F	0,661%	2	JATO / TURBOFAN	4750	5
RAYTHEON AIRCRAFT	400A	BE40	CNA560E	Cessna Citation Encore 560 / PW535A	0,165%	2	JATO / TURBOFAN	7303	9
LEARJET	35A	LJ35	LEAR35	LEAR 36/TFE731-2	0,165%	2	JATO / TURBOFAN	8165	8
CESNA AIRCRAFT	525B	C25B	CNA525C	Cessna Citation CJ4 525C / FJ44-4A	0,165%	2	JATO / TURBOFAN	6291	9
EMBRAER	EMB505	E55P	LEAR35	LEAR 36/TFE731-2	0,165%	2	JATO / TURBOFAN	8150	8
CESNA AIRCRAFT	510	C510	CNA510	Cessna Mustang Model 510 / PW615F	0,165%	2	JATO / TURBOFAN	3921	5
CESNA AIRCRAFT	550	C550	CNA55B	Cessna 550 Citation Bravo / PW530A	0,165%	2	JATO / TURBOFAN	6850	5
CESNA AIRCRAFT	551	C551	CNA500	CIT 2/JT15D-4	0,083%	2	JATO / TURBOFAN	5670	8
CESNA AIRCRAFT	560	C560	CNA560XL	Cessna Citation Excel 560 / PW545A	0,083%	2	JATO / TURBOFAN	9163	9
EMBRAER	EMB500	E50P	CNA510	Cessna Mustang Model 510 / PW615F	0,041%	2	JATO / TURBOFAN	4750	4
EMBRAER	EMB500	EP50P	CNA510	Cessna Mustang Model 510 / PW615F	0,041%	2	JATO / TURBOFAN	4750	5
TOTAL					3,43%				

Fabricante	Modelo	Sigla ICAO	Sigla INM	DESCRIÇÃO INM	Percentual na frota	Nº de motores	Tipo motor	Peso máximo de decolagem-kg	Nº máximo de passageiros
BEECH AIRCRAFT	C90A	BE9L	CNA441	CONQUEST II/TPE331-8	3,264%	2	TURBOHELICE	4763	7
CESSNA AIRCRAFT	208B	C208	CNA208	Cessna 208 / PT6A-114	2,066%	1	TURBOHELICE	3969	9
Z	COMPAIR CA-8	CA8	CNA208	Cessna 208 / PT6A-114	1,612%	1	TURBOHELICE	2727	5
BEECH AIRCRAFT	B300	B350	DO228	Dornier 228-202 / TPE 311-5	1,198%	2	TURBOHELICE	6804	9
PILATUS	PC-12/47E	PC12	CNA441	CONQUEST II/TPE331-8	1,074%	2	TURBOHELICE	4740	9
LET	L410 UVP-E20	L410	DO228	Dornier 228-202 / TPE 311-5	0,455%	2	TURBOHELICE	6600	19
BEECH AIRCRAFT	F90	BE9T	CNA441	CONQUEST II/TPE331-8	0,248%	2	TURBOHELICE	4967	5
RAYTHEON AIRCRAFT	B200	BE20	CNA441	CONQUEST II/TPE331-8	0,165%	2	TURBOHELICE	5625	10
BEECH AIRCRAFT	B300	BE350	DO228	Dornier 228-202 / TPE 311-5	0,124%	2	TURBOHELICE	6804	10
BEECH AIRCRAFT	C90	BE9L	CNA441	CONQUEST II/TPE331-8	0,124%	2	TURBOHELICE	4377	7
EMBRAER	EMB-121A	E121	CNA441	CONQUEST II/TPE331-8	0,083%	2	TURBOHELICE	5670	5
EMBRAER	EMB-110P1	E110	DHC6	DASH 6/PT6A-27	0,083%	2	TURBOHELICE	5670	20
BEECH AIRCRAFT	B300	BE350	DO228	Dornier 228-202 / TPE 311-5	0,041%	2	TURBOHELICE	6804	10
TOTAL					10,54%				

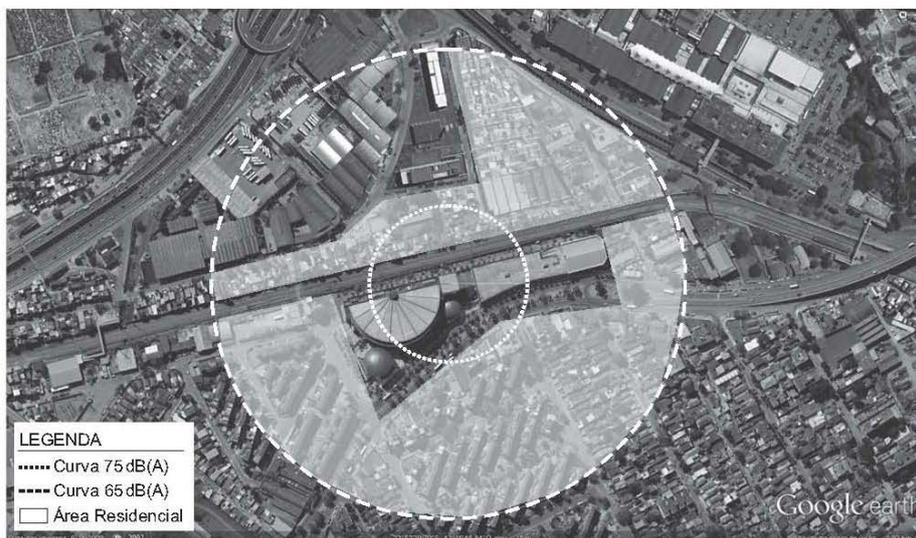
(Fonte: INFRAERO, Dados de Tráfego Aéreo base outubro de 2010).

A2: Levantamento dos helipontos registrados no município do Rio de Janeiro.

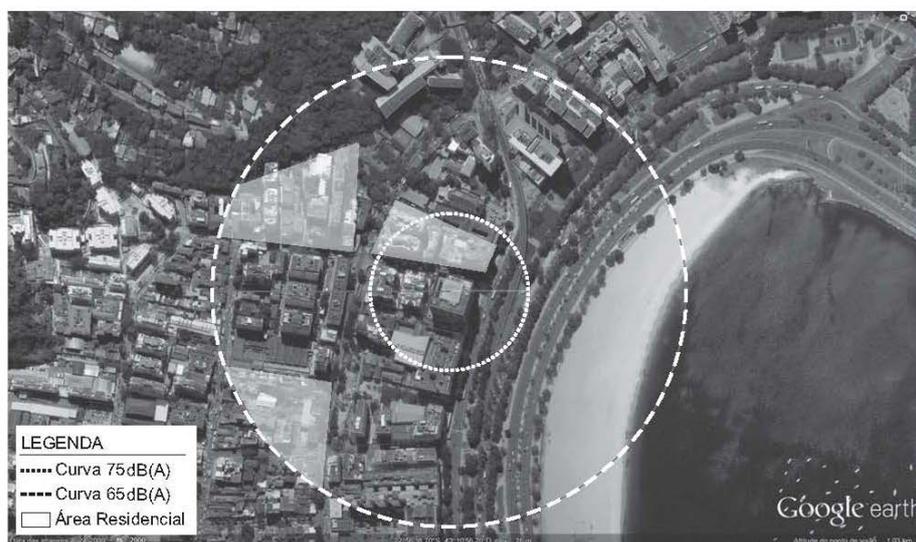
CÓDIGO OACI	NOME	PROPRIETÁRIO	MAI	ENDEREÇO
SDBG	Barra Green	GD Empreendimentos Imobiliários S/A	LINK	Av. Prefeito Dulcício Cardoso, Barra da Tijuca
SDDO	Cândido Mendes	Cond. do Ed. Cândido Mendes	LINK	Rua da Assembléia, 10 Centro
SDFQ	Centro Empresarial Botafogo	Cond. do Ed. Centro Empresarial Botafogo	LINK	Praia de Botafogo, 300
SDGL	Catedral Mundial da Fé	Igreja Universal do Reino de Deus	LINK	Av. Dom Helder Câmara, Del Castilho
SDHL	Polícia civil (Lagoa)	de Janeiro	LINK	Av. Borges de Medeiros, 1444 - Lagoa
SDHU	Morro da Urca	Helisul Taxi Aéreo Ltda.	LINK	Av Pasteur, 520
SDMU	Multiplan	Multishopping Emp. Imobiliários S A	LINK	Av. Almirante Barroso, 63- Centro
SDQD	Hospital Copa D'OR	FMG Empreendimentos Hospitalares Ltd	LINK	Rua Vitória Régia - Lagoa
SDRE	Recreio	Helimar Helicopteros Ltda	LINK	Av. das Américas, 14020 - Recreio dos Bandeirantes
SDRJ	Prefeitura do Rio de Janeiro	Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro	LINK	Av Borges de Medeiros - Lagoa
SDFS	Mantecorp	Ind. Química Farmac. Shering Plough S/A	LINK	Est. dos Bandeirantes, 3091, Jacarepaguá
SDUY	Rio Alpha	Universidade Federal do Rio de Janeiro	LINK	Av República do Chile, Centro
SIDT	Edise	Petroleo Brasileiro S/A - Petrobras	LINK	Av República do Chile, Centro
SIHH	Hotel Intercontinental	Intercontinental Hoteleira Ltda	LINK	Eng. Amandino de Carvalho - São Conrado
SHL	Rio Centro	Rio Centro S/A	LINK	Av Salvador Allende - Jacarepaguá
SJJP	Bolsa-RJ	Condomínio do Edifício Bolsa do Rio	LINK	Av Alfredo Agache, 18 - Centro
SJPF	Hotel Glória	EBX, Administradora	LINK	Ladeiar N.S. da Glória, 146 - Glória
SJYV	Mário Henrique Simonsen	Centro Empresarial Mário Henrique Simonsen	LINK	Rua Soldado Bento de Abreu, 70 - Barra da Tijuca
SJFD	Méier Medical Center	Méier Medical Center S/c Ltda	LINK	Travessa Borges, 14 - Todos os Santos
SJZK	Projac	Globo Comunicações e Participações S.A.	LINK	Estrada do Curicica, 1050, Jacarepaguá
SNEQ	Ouro Negro	PETROS	LINK	Rua Moraes e Silva, 30 - Maracanã
SNRG	Furnas Centrais Elétricas S/A	Furnas Centrais Elétricas S/A	LINK	Rua Henrique Novaes, 22 - Botafogo
SSXT	Clube CEU	Clube Esportivo de Ultraleve - CEU	LINK	Autódromo da Cidade do R.J., Barra da Tijuca
SWIR	CCN TORRE NORTE	Racional Engenharia Ltda	LINK	Rua Beatriz Larragoiti Lucas - Cidade Nova
SWZK	CON_CN-CIDADE NOVA	Nova Ltda.	LINK	Rua Visc. De Duprat, 103 - Estácio
SITG	HOSPITAL INTO	Instituto Nacional de Traumatologia-Ortopedia	LINK	Av. Rio de Janeiro, Caju
SSHP	H. M.L RONALDO GAZOLLA	EMPRESA MUNICIPAL DE URBANIZAÇÃO	LINK	R Piracambu - Acari

(Fonte: ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil 2011).

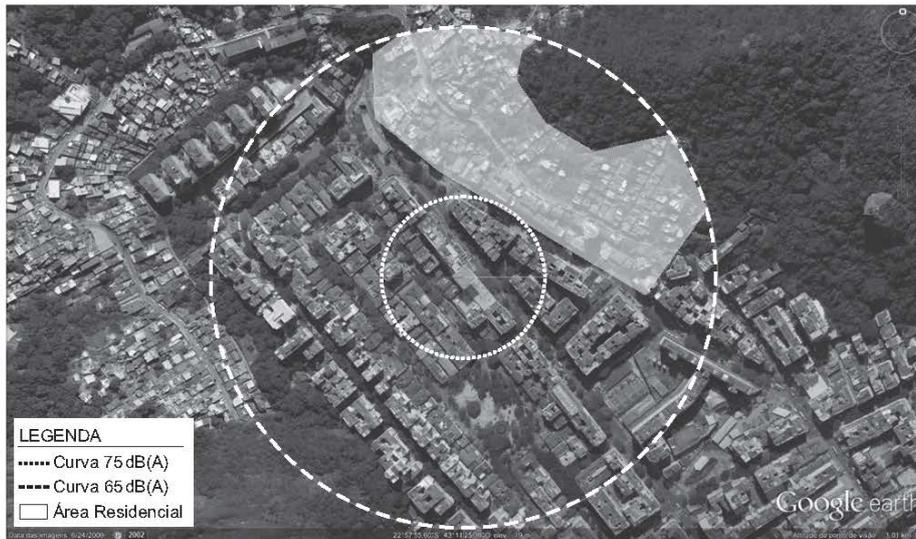
A3: Levantamento dos helipontos com áreas residências no PBZR.



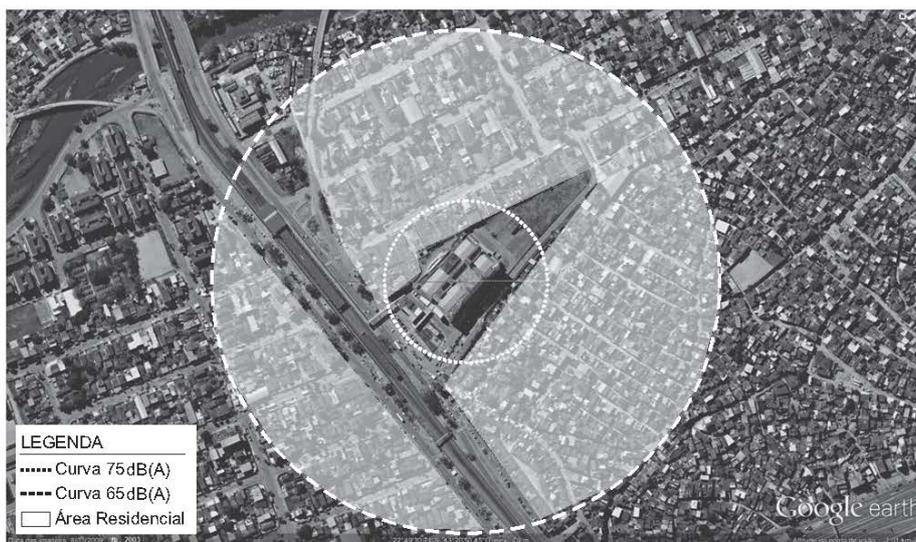
Catedral Mundial da Fé



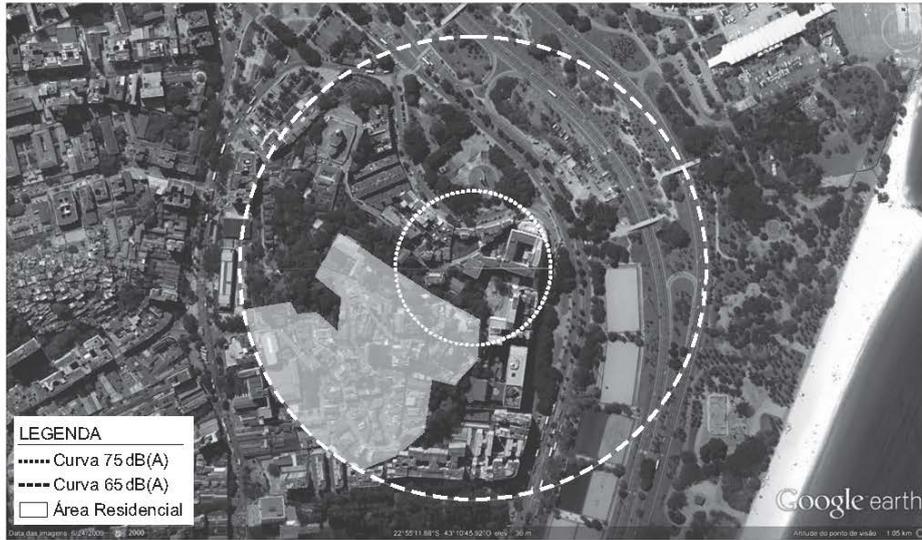
Centro Empresarial Botafogo



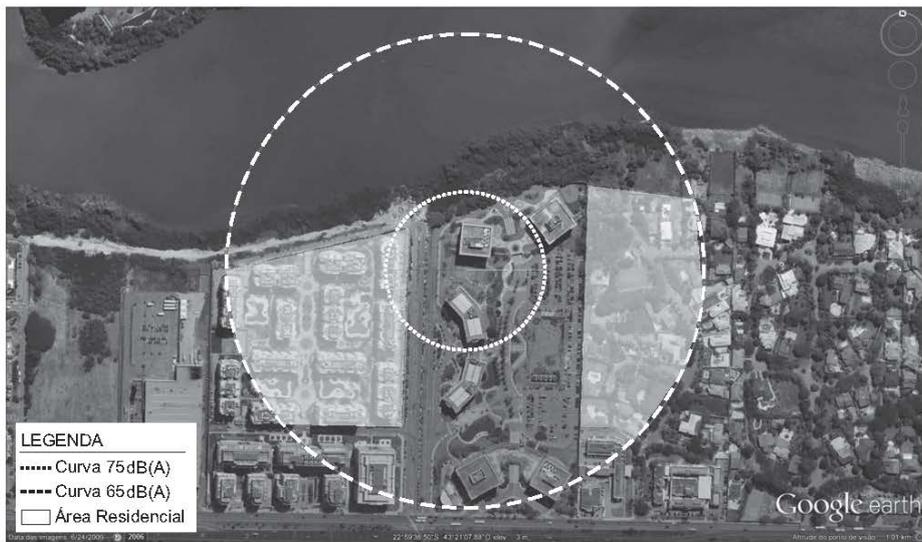
Hospital Copa Dor



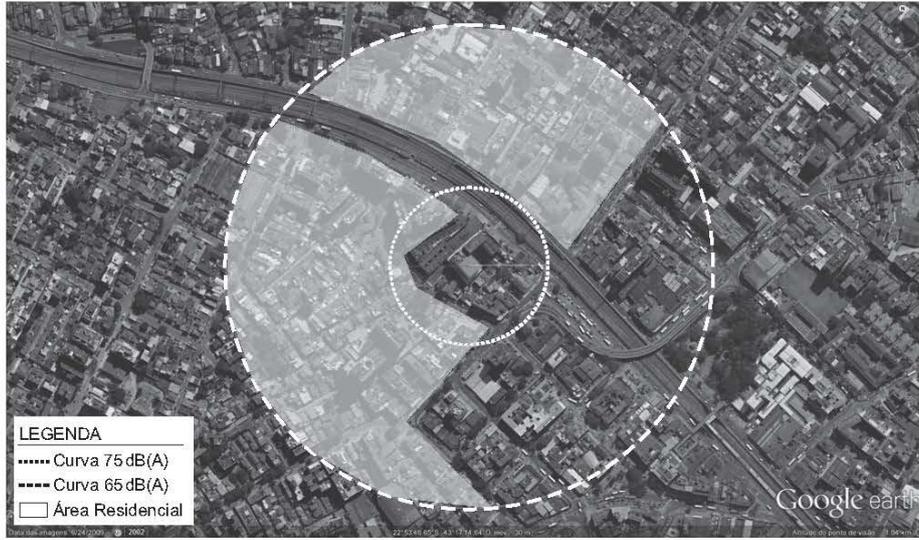
Hospital Municipal Ronaldo Gazzolla



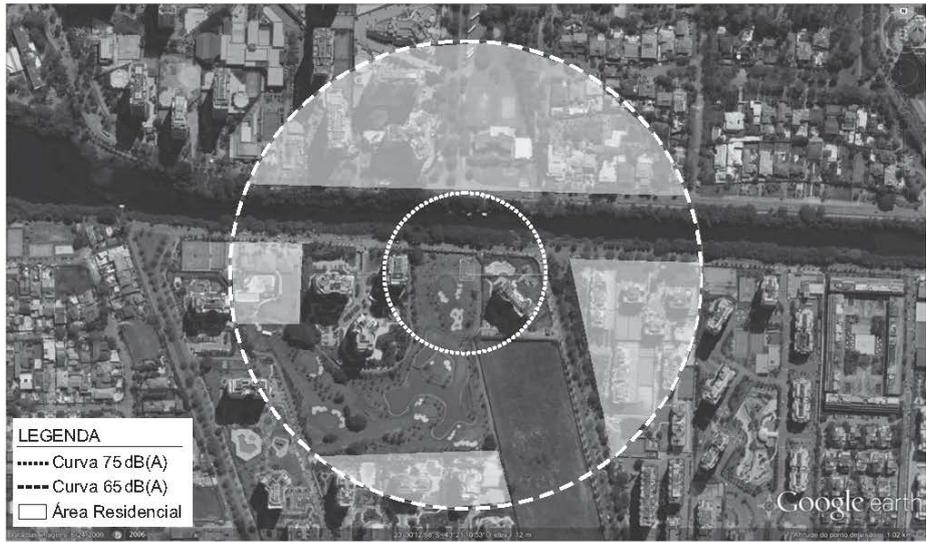
Hotel Gloria



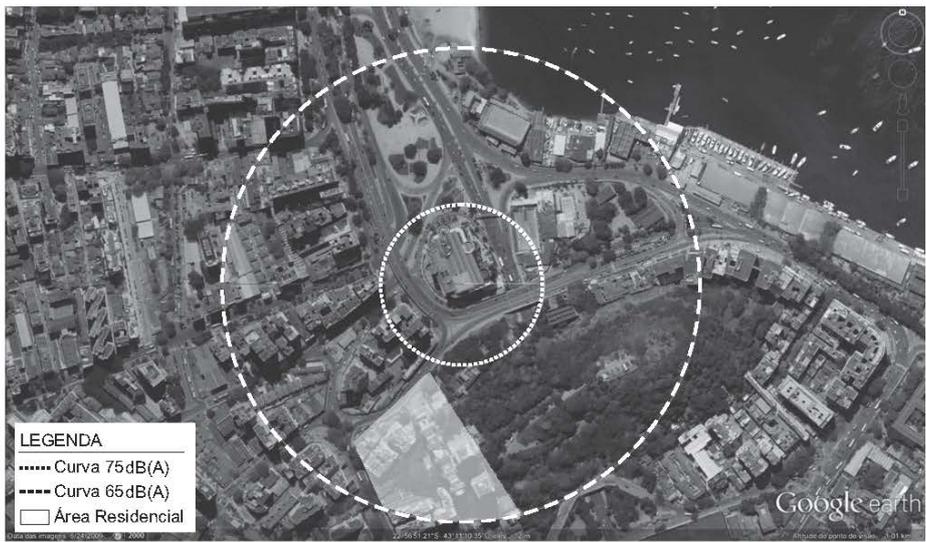
Mario Henrique Simonsen



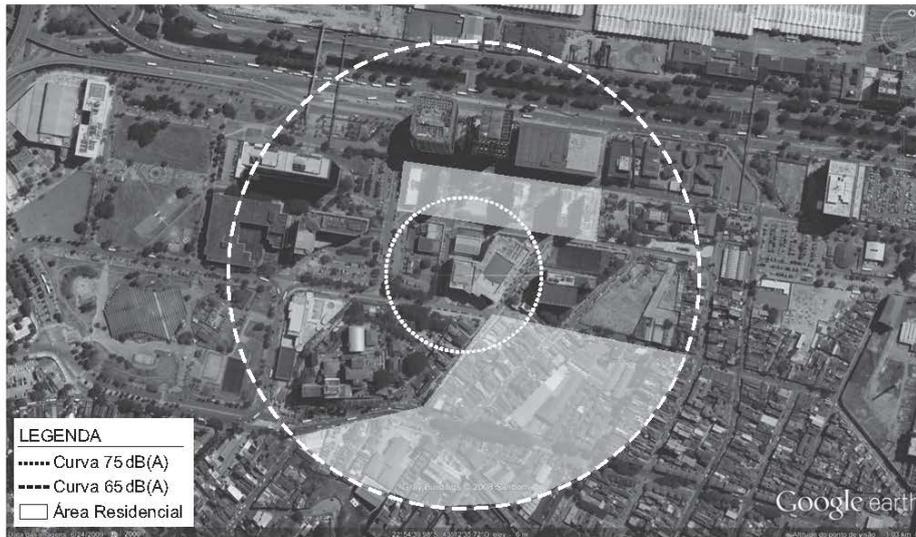
Meier Medical Center



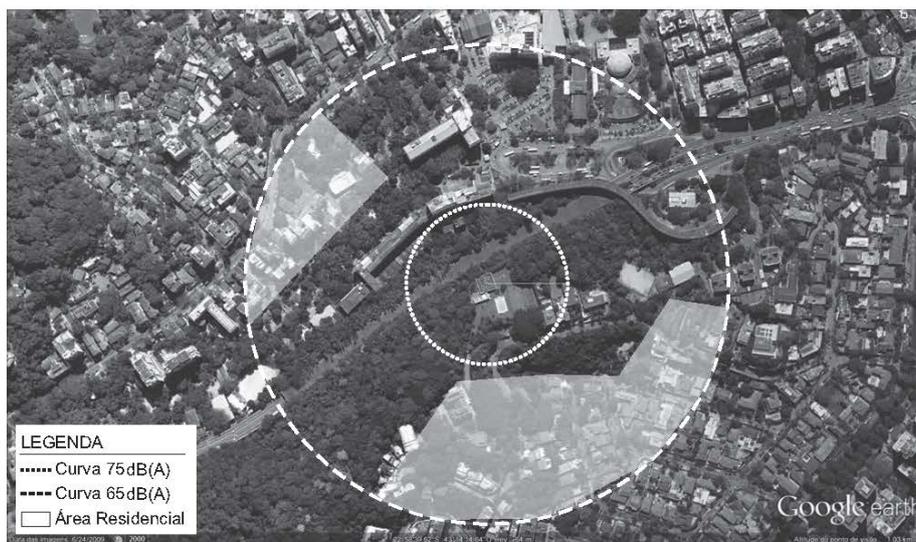
Barra Green



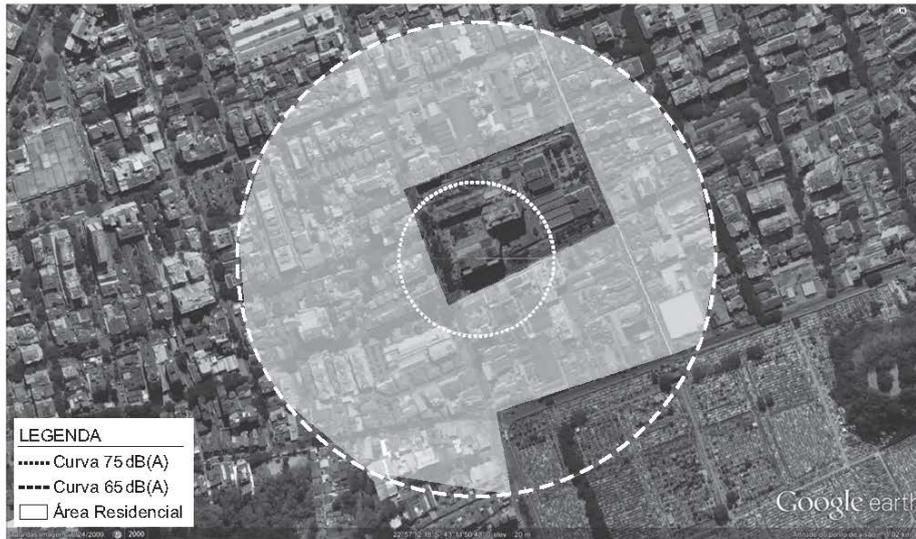
Centro Empresarial Mourisco



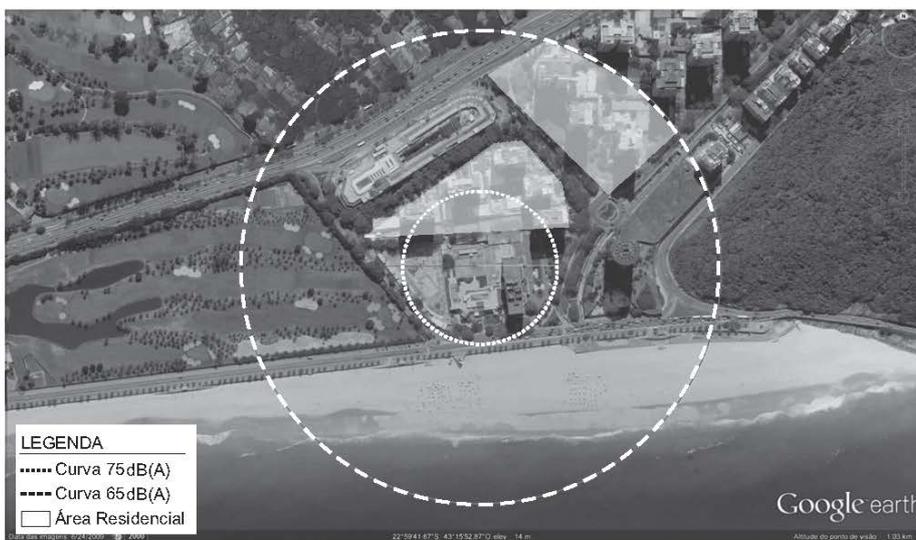
CO_CN Cidade Nova



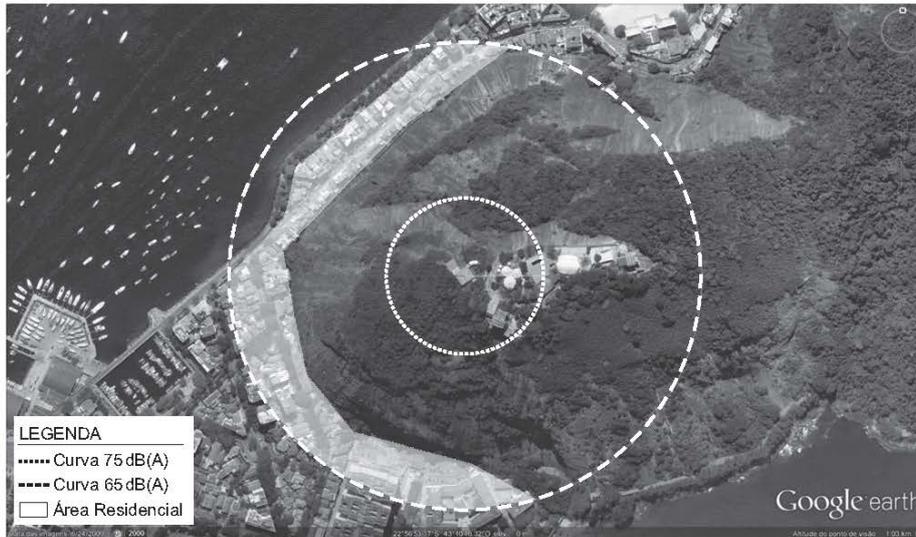
Disco



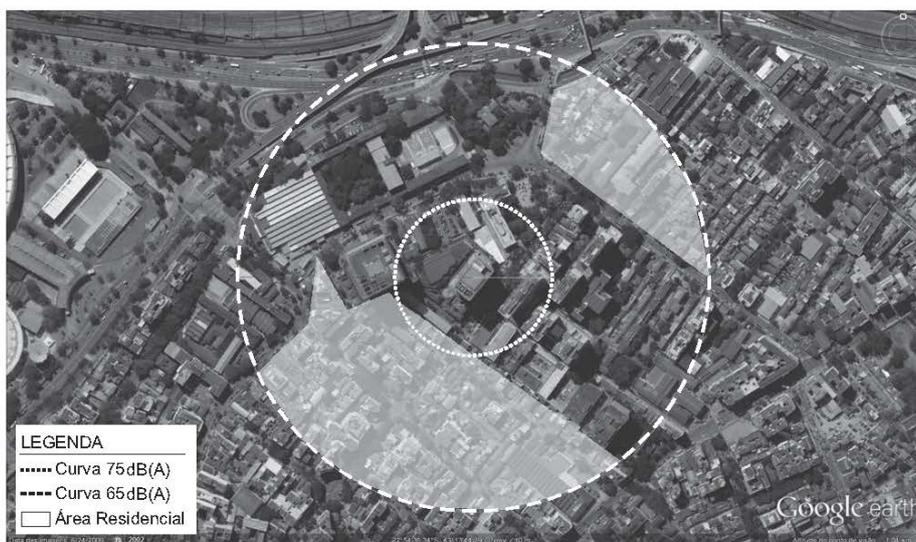
Furnas



Hotel Intercontinental



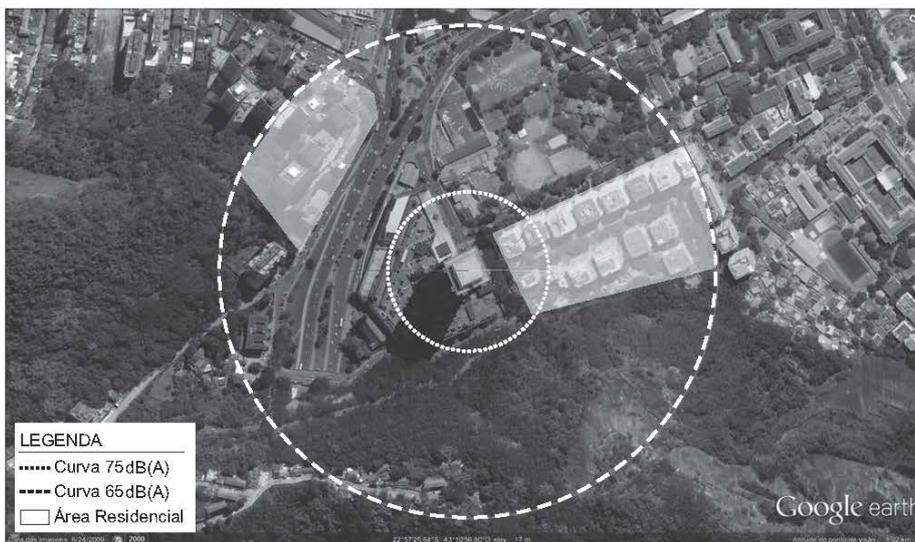
Morro da Urca



Ouro Negro



Recreio



Rio Sul Center