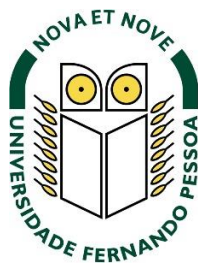


Regis Brito Nunes

Impacto do ruído do Aeroporto Internacional de Macapá
na zona Urbana – Estudo de Caso

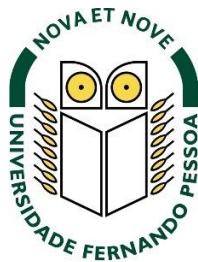


Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2017

Regis Brito Nunes

Impacto do ruído do Aeroporto Internacional de Macapá
na zona Urbana – Estudo de Caso



Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2017

Regis Brito Nunes

Impacto do ruído do Aeroporto Internacional de Macapá
na zona Urbana – Estudo de Caso

Orientado: Prof. Doutor Nelson A. Barros

Trabalho apresentado à Universidade
Fernando Pessoa como parte dos requisitos
para obtenção do grau de mestre em
Engenharia e Gestão Ambiental

Assinatura do Aluno: _____

SUMÁRIO

O mundo está passando por transformações e cada vez mais buscando qualidade de vida, neste sentido, é crescente a preocupação com o meio ambiente.

Relativamente ao ruído aeroportuário, muito embora as frotas mais antigas e ruidosas estejam sendo substituídas por novas e menos ruidosas, essa substituição não acompanha o crescimento acelerado modal aéreo e nem o populacional, pelo que têm sido adotadas medidas proativas de implantação de normas e procedimentos para reduzir os impactos destes problemas.

O aeroporto Internacional de Macapá - Alberto Alcolumbre, é uma infraestrutura de pequeno porte, localizada em uma zona totalmente urbanizada com um crescimento desordenado que o tem vindo a sufocar.

Este trabalho contribuiu com a visualização de um cenário atual e com projeções futuras de forma a alertar que em breve um aeroporto de pequeno porte, como o de Macapá, terá os mesmos problemas que os aeroportos de grande porte. Também contribuiu com a comparação com o método L_{den} adotado na Europa, através da aplicação da diretiva europeia 2002/49/CE, e a métrica DNL, adotada no Brasil.

O software INM (Integrated Noise Model) foi usado para gerar as curvas de ruído DNL75,70,65,60 e 55 e L_{den} 75, 70, 65, 60 e 55, considerando os dados do aeródromo de 2015 e com cenários futuros para as mesmas curvas e buscou-se verificar entre as duas métricas os seus efeitos quanto ao uso do solo quanto aos impactos causados pelo ruído na zona urbana de Macapá.

O método comparativo entre as métricas DNL e L_{den} , permitiu verificar que L_{den} é mais conservadora em relação as áreas restritivas ao uso do solo e a DNL é mais conservadora em relação aos distúrbios relacionados ao ruído aeronáutico.

O trabalho apresenta o problema dos impactos causados pelo ruído aeronáutico na zona urbana de Macapá em relação ao uso do solo e quanto ao incômodo e distúrbio nas pessoas. Como ficou demonstrado, este impacto pode ser mitigado de forma satisfatória com mudanças de procedimento de pouso e decolagem, mudanças de planos de sobrevoo, controle de áreas críticas referente ao uso do solo e as suas restrições conforme RBAC n°161.

Muito embora seja um estudo de caso específico, serve de referência para outros aeroportos semelhantes no que diz respeito ao número de operações e a sua localização em relação a zona urbana.

Embora os resultados deste trabalho possam ser considerados válidos, estes precisam ser ratificados com a calibração das curvas através de medição *in locu* dos modelos adotados, bem como o estudo de efeitos combinados do ruído aeronáutico e rodoviário. Sendo assim, este trabalho constitui-se como um primeiro passo que deverá ter continuidade no sentido do seu aprofundamento.

Palavras-chave: Aeroporto Internacional de Macapá, Zoneamento Urbano, Curva de Ruído, Impacto de Ruído.

ABSTRACT

The world is going through transformations and increasingly seeking quality of life, in this sense, concern about the environment is increasing.

Regarding airport noise, although the older and noisy fleets are being replaced for new and less noisy ones, this replacement does not follow the aerial and population modal accelerated growth, so proactive measures have been taken to implement standards and procedures to reduce the impact of these problems.

Macapá International Airport – Alberto Alcolumbre, is a small sized infrastructure, located in a totally urbanized area with a disorderly growth that has been suffocating it.

This work contributed with the visualization of a current scenario and with future projections in order to alert that soon a small size airport, as the Macapá one, will have the same problems as the large size airports. It also contributed with the comparison with the Lden method adopted in Europe, through the application of the 2002/49/CE European directive, and the DNL metric, adopted in Brazil.

The INM software (Integrated Noise Model) was used to generate the DNL 75, 70, 65, 60 and 55 and Lden 75, 70, 65, 60 e 55 noise curves, considering the 2015 aerodrome data and with future scenarios for the same curves and was sought to verify between the two metrics its effects regarding soil use as for the impacts caused by the noise in the Macapá urban area.

The comparative method between the DNL and Lden metrics allowed to verify that the Lden is more conservative relating to the soil use of restrictive areas and the DNL is more conservative relating to the disturbances related to aeronautical noise.

The work presents the problem of the impacts caused by the aeronautical noise in the Macapá urban area in relation to the soil use and regarding the discomfort and disturbance in people. As shown, this impact can be satisfactorily mitigated with changes in the landing and takeoff procedures, changes in overflight plans, control of critical areas regarding the soil use and its restrictions according to the RBAC n° 161.

Although it is a specific case study, it serves as reference to other similar airports in terms of the number of operations and its location in relation to the urban area.

Although the results of this work can be considered valid, these need to be ratified with the calibration of the curves through in loco measuring of the adopted

models, as well as the study of the combined effects of the aeronautical and road noise. Therefore, this work constitutes a first step that shall be continued in its deepening sense.

Keywords: Macapá International Airport, Urban Zoning, Noise Curve, Noise Impact.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Francisco Regis de Oliveira Nunes e Terezinha Brito Nunes que sempre me apoiaram na minha educação continua. Não posso esquecer que mesmo nos momentos mais conturbados sempre estiveram dispostos a ajudar.

A minha esposa, Flavia Priscila Almeida dos Santos Nunes, que vem me acompanhando nos últimos anos em todos os meus momentos, me proporcionando tempo de desenvolver os trabalhos.

Aos meus filhos, Gabriel Regis dos Santos Nunes e Pedro Regis dos Santos Nunes, que são minha maior inspiração e motivo de alegria.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Miguel Branco pela orientação inicial no desenvolvimento de minha dissertação.

A minha família pela paciência e pela disponibilidade do tempo para que fosse possível vencer mais esta etapa de minha vida.

A todos os professores que de uma forma ou de outra acrescentaram grandes conhecimentos e se doaram em ajudar.

Aos meus colegas Izabel Maria Montenegro Diniz, Josélio de Oliveira e Márcio Uchôa Barbosa, que contribuíram com suas experiências e companheirismo durante nossos momentos em coletivos.

Ao grupo de Pesquisa em Acústica e Poluição Atmosférica da UNICEUB pela contribuição com os tratamentos de dados.

Ao Prof. Doutor Edson Benício, pela orientação para a formulação da modulação dos dados e intervenções que foram de forma surpreendente, deixando meu profundo respeito e admiração.

A minha co-orientadora Professora Doutora Maria Lobato de Moraes, pela dedicação em orientar-me e dispor de um tempo valioso.

Um agradecimento de forma especial ao Prof. Doutor Nelson Barros, pelas intervenções, correções, dedicação em minha orientação para que esta etapa pudesse ser vencida. Sinto-me privilegiado em ter sido orientado e agradeço a paciência.

À Universidade Fernando Pessoa pela oportunidade de desenvolver este trabalho

ÍNDICE GERAL

Sumário

SUMÁRIO	v
ABSTRACT	vii
ÍNDICE GERAL	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABELAS	xv
LISTA DE ABREVIATURAS	xvii
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	1
I.1 – Contextualização	1
I.2 – Objetivos da Dissertação	12
I.3 - Estrutura e Organização da Dissertação	13
CAPÍTULO II – O AEROPORTO E O RUÍDO AMBIENTAL	14
II.1 – O Efeito do Ruído	14
II.2 – Legislação	20
II.2.1 – Política Nacional de Aviação Civil – PNAC	20
II.2.2 – Portaria N. ° 1.141/GM5/87	24
II.2.3 – Resolução CONAMA N. ° 01/1990	27
II.2.4 – Resolução CONAMA N. ° 02/1990	28
II.2.5 – Resolução CONAMA N. ° 272/2000	29
II.2.6 – RBAC N. ° 161/2013	30
II.2.7 – Diretiva Europeia 2002/49/CE	38
II.2.8 – Regulamento Geral sobre o Ruído - Decreto-Lei N. ° 09/2007 (Portugal)	41
II.2.9 – Decreto Lei N. ° 146/2006 (Portugal)	44
II.2 – Classificação	45
CAPÍTULO III – METODOLOGIA	52
III.1 – Métricas Utilizadas	56
III.1.1 – DNL	56
III.1.2 – <i>Lden</i>	57
CAPÍTULO IV – ESTUDO DE CASO	58
CAPÍTULO V – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	61
CAPÍTULO VI – CONCLUSÃO	76
VI.1 – Limitações do Estudo	79
VI.2 – Recomendações Futuras	79
Bibliografia	80

ANEXO I – Requisitos para os Mapas de Ruídos.....	88
ANEXO II – Normas Brasileiras.....	89
II.1 – NBR 11.415/1990.....	89
II.2 – NBR 10.151/2000.....	91
II.3 – NBR13.368/1995.....	92
II.4 – NBR 10.152/1987.....	94
ANEXO III – Cartas Aeronáuticas.....	97
III.1 – CARTA DE AERODROMO (ADC).....	97
III.2 – CARTA DE SAÍDA PADRÃO POR INSTRUMENTOS (SID).....	99
III.3 – CARTA DE APROXIMAÇÃO (VOR RMY26).....	100
III.4 – CARTA DE SAÍDA PADRÃO (SID – RMY 08/26).....	101
III.5 – CARTA DE APROXIMAÇÃO (IAC – RNAV GNSS RWY 08).....	102
III.6 – CARTA DE SAÍDA PADRÃO POR INSTRUMENTO (SID – RNAV INDOB1 – MICAL1 – ROFIC1 - RMY26).....	103
III.7 – CARTA DE SAÍDA PADRÃO POR INSTRUMENTO (SID – RNAV INDOBA – MEXAR A – MICAL A – ROFIC A - RMY26).....	104
III.8 – CARTA DE APROXIMAÇÃO POR INSTRUMENTO (IAC – RNAV GNSS - RMY26).....	105
III.9 – CARTA DE ENTRADA E SAIDA ELEV 56’.....	106
III.10 – CARTA DE ESTACIONAMENTO DO AERODROMO.....	107
III.11 – CARTA DE APROXIMAÇÃO POR INSTRUMENTO (IAC – VOR RWY 08	108
III.12 – CARTA DE OBSTACULO DO AERODROMO.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Aumento da Severidade	5
Figura 2 - Quantidade de empregados por categoria nas empresas brasileiras - 2010 a 2014.....	8
Figura 3 - Proporção de empregados por categoria de empresas brasileiras em 2014	8
Figura 4- Evolução de Passageiros Pagos Transportados.....	9
Figura 5 - Evolução de carga transportada, mercado doméstico - 2005 a 2014.	10
Figura 6 - Variação do Preço do Barril de Petróleo (US\$)	11
Figura 7 - Variação da Taxa de Câmbio do R\$/US\$	11
Figura 8 - Ciclo da Oscilação da Onda Sonora.....	15
Figura 9 - Pirâmide dos Efeitos da relação Severidade e Número de Pessoas Afetadas	16
Figura 10- Áreas segundo a Portaria 1.141/GM/87.....	24
Figura 11 - Curvas de Ruído de 75 e 65	32
Figura 12 - Configuração das curvas para helipontos	34
Figura 13 - Vista do Aeroporto Internacional de Macapá - Alberto Alcolumbre	59
Figura 14 - Localização do Aeroporto	61
Figura 15 - Área de Preservação Permanente - APP.....	62
Figura 16 - Curva DNL 55<DNL<75 - Base 2015 (Referência).....	63
Figura 17 - Curva Lden 55<Lden<75 - Base 2015.....	63
Figura 18 - Diferença das curvas DNL75 e Lden75	64
Figura 19 - Diferença das curvas DNL70 e Lden70.....	66
Figura 20 - Diferença das curvas DNL65 e Lden65	67

Figura 21 - Diferença das curvas DNL60 e Lden60.....	68
Figura 22 - Diferença das curvas DNL55 e Lden55.....	69
Figura 23- Curva de Ruído - DNL (Ano Base 2015 - Referência).....	71
Figura 24 - Curvas de Ruído - DNL geradas com a simulação futura (acrésimo de 50% de operações).....	72
Figura 25- Terminal de Passageiros dentro da curva DNL65 (acrésimo de 50% das operações).....	73
Figura 26- Curvas de Ruído - DNL geradas com a simulação futura com acrésimo de 100% das operações.....	74

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução Tecnológica dos Equipamentos de voo	12
Tabela 2 - Limites máximos de Emissão de ruído.....	29
Tabela 3 - Curvas de Ruído de 75 e 65.....	33
Tabela 4 - Usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas por PBZR	35
Tabela 4 - Usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas por PBZR “(Cont.)”	36
Tabela 5 - Usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas por PEZR	37
Tabela 5 - Usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas por PEZR “(Cont.)”	38
Tabela 6 - Limite de Exposição, segundo RGR/2007 p.393	43
Tabela 7 - Principais Aeroportos das capitais brasileira e seus códigos IATA ..	46
Tabela 7 - Principais Aeroportos das capitais brasileira e seus códigos IATA “(Cont.)”	47
Tabela 8 - Principais Aeroportos mundiais e seus códigos IATA.....	47
Tabela 8 - Principais Aeroportos mundiais e seus códigos IATA “(Cont.)”	48
Tabela 9 - Códigos IATA das principais companhias aéreas brasileira	48
Tabela 10 - Código IATA das principais companhias internacionais que operam no Brasil.....	48
Tabela 10 - Código IATA das principais companhias internacionais que operam no Brasil “(Cont.)”	49
Tabela 11 - Código ICAO dos aeroportos das capitais brasileiras	49
Tabela 11 - Código ICAO dos aeroportos das capitais brasileiras “(Cont.)”	50
Tabela 12 - Código ICAO dos principais Aeroportos Internacionais.....	50
Tabela 12 - Código ICAO dos principais Aeroportos Internacionais “(Cont.)” ..	51

Tabela 13 - Quantitativo de Simulações	54
Tabela 14 - Comparação de Áreas abrangentes pelas Métricas DNL e <i>Lden</i>	64
Tabela 15 - Comparação das Pessoas Incomodadas pelo Ruído pela DNL e <i>Lden</i>	65
Tabela 16 - Indicadores da Curva de Ruído Consideradas	65
Tabela 17 - Área com Restrição segundo RBAC nº161.....	67
Tabela 18 - População com Distúrbio do Sono	70
Tabela 19 - População com Interrupção do Sono	70
Tabela 20 - Áreas Restritas e sua Evolução.....	72
Tabela 21-Comparação das Áreas das Curvas de Ruído	74
Tabela 22 - Comparação entre as restrições conforme Curvas de Ruído	75
Tabela 23 - Níveis de ruído x máxima exposição diária permissível	89
Tabela 24 - NCA - Nível de critério de Avaliação para Ambientes externos, em dB (A)	91
Tabela 25 - Relação do <i>Lra</i> e <i>Lrf</i>	93
Tabela 26 - Avaliação do Incômodo gerado pelas operações aeroportuárias.....	94
Tabela 27 - Valores de dB (A) e NC	95
Tabela 28 - Níveis de pressão sonora correspondentes às curvas de NC	96

LISTA DE ABREVIATURAS

%HSD - HighlySleep-Disturbance;
%LSD – little SleepDisturbed;
%SD – SleepDisturbed
AEDT – Aviation Environmental Design Tool (Software);
AIM – Infarto Agudo do Miocárdio;
ANAC – Agencia Nacional de Aviação Civil
ANVISA – Agencia Nacional de Vigilância Sanitária;
CGRA – Comissão de Gerenciamento de Ruído Aeronáutico;
CLEEN – The Continuous Lower Energy, Emissions, and Noise
CMMAD - Comissão Mundial sobre o meio Ambiente e Desenvolvimento;
COMAER – Comando da Aeronáutica;
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente;
CONTRAN – Conselho Nacional de Transito;
DAC – Departamento de Aviação Civil;
dB – Decibéis;
DNL – Métrica Day Night Level
EPN - Effective Perceived Noise;
FAA - Federal Aviation Administration;
FAB – Força Área Brasileira;
FMI – Fundo Monetário Internacional
HZ – Hertz;
IATA – International Air Transport Association;
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais;
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
ICAO – International Civil Aviation Organization
IDH - Índice de Desenvolvimento Humano;
INM – Modelo de Ruído Integrado (Software);
IPEA – Instituto de Pesquisa Economica Aplicada
NEXTGEN - Next Generation Air Transportation System;
NIS – Nível de Intensidade Sonora;
NPS – Nível de Pressão Sonora;

NTO – Sobreposição de Ruído e Território;
PBN – Performance-Based Navigation
PBZR – Plano Básico de Zoneamento de Ruído;
PEZR – Plano Específico de Zoneamento de Ruído;
PNAC – Política Nacional de Aviação Civil;
PZR – Plano de Zoneamento de Ruído;
PZR – Plano de Zoneamento de Ruídos;
RANCH – Road Traffic and Aircraft Noise Exposure and Children’s Cognition
and Health
RBAC – Regulamento Brasileiro da Aviação Civil;
RR – Reduções de Ruídos;
SAER – Serviços aeronáuticos;
UNICEUB – Centro de Ensino Unificado de Brasília;
WHO - World Health Organization;
WHOQOL – World Health Organization of Quality Life;
WTA – Pagar para aceitar;
WTP – Pagar para evitar;

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

I.1 – Contextualização

A população mundial vem crescendo tendo passado de 800 milhões em 1750 para 7,2 mil milhões em 2014, observando-se o seu maior crescimento entre 1927 e 1974 (4 mil milhões de pessoas). Este crescimento influencia diretamente a sociedade em transformação, política e econômica, bem como, e principalmente, o meio ambiente Carvalho (2008). Como parte desse crescimento veio o desenvolvimento promovendo assim mudanças no uso de recursos naturais do mundo, criando uma crise ambiental jamais vista. Este crescimento também se deu no transporte aéreo, trazendo grandes problemas ambientais ainda pouco conhecidos nos seus primórdios. Em 1950 apareceram os aviões turbo hélice, em 1958 os jatos transatlânticos e em 1970 apareceram os grandes portes com aviônicos bastante avançados (IATA). Com o aumento do reconhecimento político e social das questões ambientais, em 1972 surgiu a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em Estocolmo no que resultou no que foi conceituado de Ecodesenvolvimento.

Sachs (1982, *cit. in* Carvalho 2008) propôs uma formação da consciência ecológica, pois as gerações futuras só poderão ser garantidas mediante a preservação do equilíbrio ecológico. Devido a esse novo conceito em 1984, foi criada a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) que avaliou os processos de degradação ambiental e que, após estudos e novas avaliações das políticas ambientais chegou a uma conclusão que foi publicado em um documento intitulado de “Nosso Futuro Comum” (CMMAD, 1988) conhecido mundialmente como o relatório Bruntland. Neste relatório o desenvolvimento sustentável está baseado no atendimento de nossas necessidades presentes sem comprometer as gerações futuras (Carvalho, 2008).

O relatório Bruntland com o seu novo conceito ambiental, serve de mote à Conferência das Nações Unidas no Rio de Janeiro (Conferencia Eco-Rio-92) onde foi aprovado um programa global denominado de Agenda 21, que implementa o conceito da sustentabilidade ao desenvolvimento orientando os governos e a sociedade civil. Em consequência da Agenda 21 surge a necessidade do Planejamento Ambiental que deverá ter como princípio a compatibilização dos interesses coletivo e individual.

Para se chegar ao desenvolvimento equilibrado e sustentável, Leff (2001, *cit. in* Carvalho, 2008) evidencia que a qualidade de vida está diretamente ligada à qualidade ambiental. Ainda há um equívoco por parte de empresários e industriais que veem a questão ambiental como parte de um processo de redução de custos diretos e indiretos.

A relatividade do conceito qualidade de vida sempre ocultou a sua real cotação, portanto, em um conceito mais abrangente, precisa-se levar em consideração o contexto local, culturas diferentes dentre outras não se podendo considerar apenas o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) pois neste caso fica impossível traduzir a diversidade em apenas um índice. Sob o mesmo ponto de vista, Carvalho (2008) expressa:

“Uma das questões importantes para o diagnóstico de situações que comprometem a qualidade de vida é o desenvolvimento de indicadores capazes de detectar e refletir condições de riscos, advindas de condições ambientais adversas”.

Na mesma linha de pensamento um grupo formado pela Organização Mundial da Saúde, denominado como “The WHOQOL – World Health Organization Of Quality Life” confirma esta complexidade do termo qualidade de vida e correlaciona as crenças pessoais, saúde física, estado psicológico dentre outros como corroborante para a qualidade de vida e ainda faz ressalvas que esses fatores podem favorecer ou não o desempenho competente no trabalho.

O grupo WHOQOL tentou chegar o mais próximo possível da avaliação da qualidade de vida envolvendo vários aspectos na sua conceituação e formulou um questionário com cem questões que foi considerado como ponto inicial para o desenvolvimento de outras técnicas capazes de melhorar este complexo termo. Zannin et al. (2002, p. 522) enfatiza a importância da inclusão dos dados demográficos do ambiente residencial urbano e o desconforto causado pelo ruído. Entretanto, o desconforto é o mais preocupante, pois ainda não se chegou a uma forma de medir e quantificar devido à grande relatividade do conceito desconforto.

Com o crescimento do uso do transporte aéreo, cada vez mais pessoas estão sendo expostas ao ruído, aumentando significativamente a importância ambiental deste problema para a saúde pública. A Federal Aviation Administration (2014) - FAA reconhece que o ruído dos aeroportos e aeronaves são complexos e técnicos e que sua percepção é sujeita a variáveis, como a distância dos centros urbanos, tipo de motores das aeronaves, procedimento de decolagem e aterrissagem (taking off and landing) nem sempre fáceis de quantificar.

Para Silva (2013) essas variáveis são classificadas em objetivas e subjetivas, onde dentre outras, as objetivas são as emissões de ruídos das aeronaves, trajetória de aterragem e decolagem, distâncias, zoneamento urbano, métodos construtivos e as subjetivos são o incômodo e a sensibilidade das pessoas.

Para que tais informações estejam disponíveis à população foi desenvolvido o site Noise Quest que foi apoiado pela FAA em conjunto com o centro de Excelência PARTNER e a The Pennsylvania State University and Purdue University, para fornecer o acesso de forma educativa, com conteúdo atualizado. Neste mesmo site, o Noise Quest, também é possível acessar um aplicativo de mapeamento interativo chamado “NQ Explorer” e verificar as últimas curvas de ruído do aeroporto. Estas curvas são chamadas de isofônicas e representam um contorno de pontos com o mesmo nível de ruído. Contudo, era difícil verificar a evolução desses impactos, então segundo Santos (2013), a FAA desenvolveu o software INM (integrated Noise Model) que produziria curvas isofônicas levando em consideração o impacto do ruído aeronáutico nas áreas ao redor dos aeroportos.

No entanto, o método utilizado pelo INM não é aceito unanimemente entre os cientistas pesquisadores devido as grandes particularidades de cada local e a falta de uma análise onde possam ser levados em consideração os incômodos da população e análises espaciais (Santos, 2013). Atualmente este modelo leva em consideração os índices de ruído, o tipo de operação de voo no aeroporto e movimento das aeronaves. Desta forma, a FAA aprimorou o INM e em 2015 substituiu pelo software AEDT (Aviation Environmental Design Tool) que já leva em consideração o que alguns cientistas pleiteavam. Apesar disso o INM continua ainda sendo uma referência na avaliação das curvas de ruído.

Dentre as grandes variações de definição sobre o que é ruído, a FAA (2015) define “como qualquer som indesejável”. Entretanto, a definição passa a ser relativa pois a irritação dependerá de várias situações e particularidades. Dessa forma, as situações mais comuns que afetam diretamente o nível de irritação são:

- Hora do dia: a noite é mais comum a irritação na hora de descansar ou dormir;
- Período de Tempo: Quanto maior o tempo de exposição ao ruído mais irritada a pessoa ficará;
- Previsibilidade: a falta da previsão do ruído;
- Controle: a falta do controle do ruído pode irritar;
- Variáveis Emocionais: os fatores pessoais, emocionais e de interesses próprios ou não podem ter influência direta do ruído.

Estudos revelam que o ruído já é a terceira causa de poluição e, em alguns lugares, já é a primeira. As indústrias, o tráfego rodoviário, as construções civis, entre outros, também são consideradas fontes de ruídos que juntamente com os provenientes das aeronaves afetam negativamente o meio ambiente. Tendo em conta este panorama, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, criou a resolução CONAMA N.º 2, de 08 de março de 1990, com o intuito de controlar o ruído excessivo na interferência da saúde e bem-estar da população instituiu em caráter nacional o “Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora – SILENCIO” que trata a poluição sonora como um todo, podendo ser oriundo de qualquer fonte, incluindo o ruído provocado pelas aeronaves e que tem bem definidos seus objetivos. É da competência do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais) a coordenação do programa e aos estados e municípios a implementação.

Seguindo os princípios básicos de que o termo “desenvolvimento sustentável” está baseado no “atendimento de nossas necessidades presentes sem comprometer as gerações futuras”, o desafio se torna, em equacionar a preservação do meio ambiente com a qualidade de vida da população. Este desafio é maior quando se tenta mudar mentalidades formadas com outros conceitos, pelo que é mais eficaz trabalhar com as escolas primárias e atingir a nova geração.

Clarck et al. (2005) afirmam que não se tem conhecimento do efeito da exposição ao ruído crônico de aeronaves e ao ruído do tráfego rodoviário na compreensão da leitura nas escolas primárias de forma individual, embora alguns estudos afirmem que existem efeitos dessa exposição, mas de forma coletiva e que o status sócio econômico não interfere na relação de ruído e compreensão da leitura embora crianças socialmente desfavorecidas apresentem um baixo rendimento de leitura.

O trabalho de Clarck et al. (2005) são baseados nos resultados obtidos do projeto “RANCH – Road Traffic and Aircraft Noise Exposure and Children’s Cognition and Health” que analisou o efeito da exposição em três países distintos, Holanda, Espanha e Reino Unido. Esses mesmos resultados indicam que em estudos anteriormente envolvendo a relação de efeito à exposição e compreensão da leitura por crianças, pode ter havido um equívoco nas análises da exposição crônica do ruído com a exposição aguda.

O estudo RANCH foi o primeiro a comparar os efeitos do ruído das aeronaves e do tráfego rodoviário na compreensão da leitura utilizando a mesma metodologia em três países distintos criando assim uma base de dados.

Em uma linha contrária, vários estudos revelam problemas diretos em relação ao sono, doenças cardíacas, hipertensão, desordens mentais, distúrbios na cognição infantil. Segundo Carvalho et al. (2012) alguns desses distúrbios de cognição infantil são a inteligibilidade da fala, compreensão, memória, motivação, atenção, resolução de problemas e dificuldade na resolução de testes.

As aeronaves são classificadas em quatro estágios e são normalizadas internacionalmente. O estágio 1 é considerado o mais alto, e o estágio 4 o mais silencioso. Já os helicópteros são classificados atualmente em 2 estágios, sendo o estágio 1, o mais alto, e o estágio 2, o mais silencioso, mas há estudos que estão prevendo em pouco tempo um terceiro estágio para helicópteros que será muito mais silencioso.

A FAA (2014) determinou que a partir de 31 de dezembro de 2015 todos os aviões civis devem atender aos estágios 3 e 4 para voar dentro do contíguo americano excetuando os helicópteros. A eficiência vem desde 1960 ganhando destaque, decorrente principalmente de quatro fatores; o da evolução tecnológica, da eficiência gerencial, eficiência profissional e da eficiência institucional. O ICAO (2017) alterou para um padrão mais rigoroso para o ruído subsônico e deverá ser obrigatório para as aeronaves fabricadas após 31 de dezembro de 2017 onde se aumentou a severidade em 7EPNdB¹ conforme Figura 1

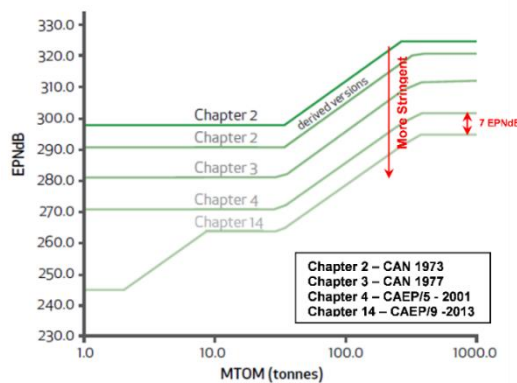


Figura 1 - Aumento da Severidade

A FAA, tem um programa para reduzir de forma contínua os ruídos das aeronaves chamado CLEEN – “The Continuous Lower Energy, Emissions, and Noise”). Faz parte deste programa a redução das emissões desenvolvendo tecnologias e tendo como meta a redução de

¹ EPNdB – Ruído percebido efetivo (Effective Perceived Noise) em decibéis é uma medida que faz uma relação de intensidade de passagem de uma aeronave por um evento, de forma a padronizar a certificação internacional de nível de ruídos dos aviões.

ruído em 32 dB (A²) em relação as normas da ICAO (Internacional Civil Aviation Organization). Para a Nextgen (Next Generation Air Transportation System) somente fornecendo proteção ambiental irá permitir o crescimento da chamada aviação sustentável. Desde 1975 até 2000, houve uma redução de 90% do ruído significativo definido em 65dB pela métrica Day Night Average Sound Leve (DNL).

Heleno (2010, p. 1) alerta que mesmo com autorizações de construção em áreas circunvizinhas aos aeroportos, a população sofre com os efeitos adversos devido a exposição ao ruído. Neste ponto, se pode observar que as construções autorizadas e não autorizadas vêm crescendo e para este fenômeno denomina-se “ENCROACHMENT”. No entanto este fenômeno utiliza a métrica DNL como referência e pode ocorrer em duas situações (Heleno, 2010):

1 – Com um DNL > 65 dB (A) onde constata-se que as pessoas utilizam uma área irregular para ocupação desobedecendo a legislação;

2 – Com um DNL ≤ 65dB (A) onde ocorre incompatibilidade das legislações urbanas com as aeroportuárias.

O ruído do tráfego rodoviário e aéreo são facilmente identificados e estão se tornando os principais distúrbios em áreas residências próximas a aeroportos. No entanto podem ser reduzidos próximo a zero desde que sejam planejadas com antecedência, na fase de concepção do aeroporto, e minimizada através de medidas de controle e monitoramento em aeroportos já existentes.

Constatou-se que as pressões sanguíneas das pessoas aumentam com os ruídos oriundos de aeronaves no período noturno. Carvalho et al., (2012, pp. 60-61) afirmam que estudos realizados expondo 140 pessoas a níveis de pressão sonora de 35 dB (A) aumentaram em 6,2 milímetros de mercúrio para pressão sistólica (alta) e de 7,4 para a diastólica (baixa). Para Haralabidis, et al., (2008) independentemente de estar dormindo ou acordado quanto maior o nível de pressão sonora (NPS) mais a pressão sanguínea sobe. Outro fator sobre os distúrbios causados pelo ruído são quando os mesmos são intermitentes, alterando assim a qualidade do sono. Dentre as inúmeras implicações causadas pelo ruído aeronáutico, algumas delas são mais diretamente afetadas, como: estudar, dormir, conversar e outros.

No Brasil o transporte aéreo vem nos últimos anos evoluindo de uma forma rápida embora ainda esteja bastante atrasada em relação aos EUA e Europa. Em países chamados de

² Filtros de compensação para a frequência e circuitos de resposta que podem ser divididos em 5 tipos: A,B,C,D e Linear que simulam o comportamento do ouvido humano, sendo que o Filtro do tipo A é utilizado para medição contínua de ruídos e tem sua simulação mais próxima do ouvido humano.

“continentais” o transporte aéreo, sempre foi e provavelmente continuará sendo o melhor meio de integração, pois oferece menores impactos ambientais, e não tendo em sua infraestrutura o caráter linear dos modais terrestres, oferecendo vantagens em relação aos transportes terrestres. É fato que, as cidades consideradas prósperas apresentam um acesso amplo e dinâmico para seus visitantes.

O Amapá, é um estado localizado na região Norte do Brasil, fazendo fronteira com o Estado do Pará, e com os países da Guiana Francesa e Suriname. Tem como capital, a cidade de Macapá, com uma área de aproximadamente 6 407,123 km² e com uma altitude média de 14m e com uma densidade populacional de 72,65 hab./km² e com um clima equatorial. Segundo o censo IBGE (2000,2010) houve um crescimento populacional em torno de 40%, chegando a um total de 398 204 habitantes.

O conceito de cidade-aeroporto já é realidade e isso tem sido um implemento na economia com gerações de novos empregos, serviços ao usuário do aeroporto como melhorias no seu entorno beneficiando a vizinhança e isso transforma os aeródromos em Polos Geradores de Viagens – PGVs que responsabiliza esses empreendimentos de grande porte pelo desenvolvimento e crescimento de uma região (Coelho, 2011), mas os PGVs também trazem problemas no que tange à infraestrutura local. Com isso a reestruturação passa a ser inevitável, onde as mudanças ocorrem desde a infraestrutura aeroportuária até à readequação das empresas nacionais em competitividade com as internacionais. Melo (2015) pontua os impactos causados pelos aeroportos considerados PGVs à problemática dos atrasos e congestionamentos nas vias de acesso e a crescente reclamação dos incômodos gerados à população circunvizinha.

O IPEA (2010) criou a partir de um projeto chamado “*Perspectivas do Desenvolvimento Brasileiro*”, os Comunicados IPEA que têm como objetivo principal antecipar os estudos e pesquisas mais amplas do Instituto. No Comunicado de nº54, a debilidade do setor aéreo fica explícito:

- a) À viabilidade econômica;
- b) Dificuldade no acompanhamento das mudanças tecnológicas com o crescimento das necessidades dos usuários.

Historicamente a aviação tem pouco mais de cem anos e vem se desenvolvendo de uma forma extraordinária e hoje é o principal serviço de transporte, cujo produto e/ou serviços tem alto valor agregado (Filho, 2008). Outro fator que tem elevado a essa posição é o

aumento frenético de comercialização de produtos através do e-commerce, onde os prazos são sempre relativamente curtos.

A indústria aérea emprega mais de 40 milhões de pessoas em todo mundo, segundo dados da IATA (*cit. in Filho 2008*). No Brasil, segundo a ANAC (2014, p. 36) a aviação emprega mais de 60 mil pessoas (Figura 2) e entre elas, o pessoal de Cabine, de vendas e tarificação são as que ocupam a maior faixa, cerca de 18% cada, conforme Figura 3.

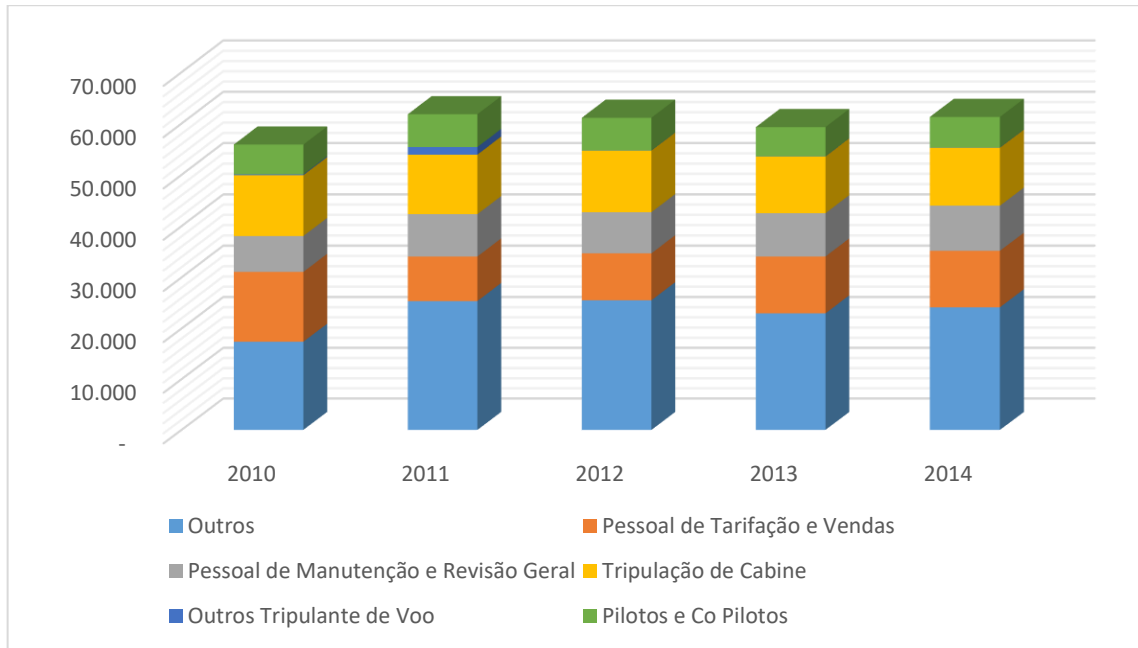


Figura 2 - Quantidade de empregados por categoria nas empresas brasileiras - 2010 a 2014

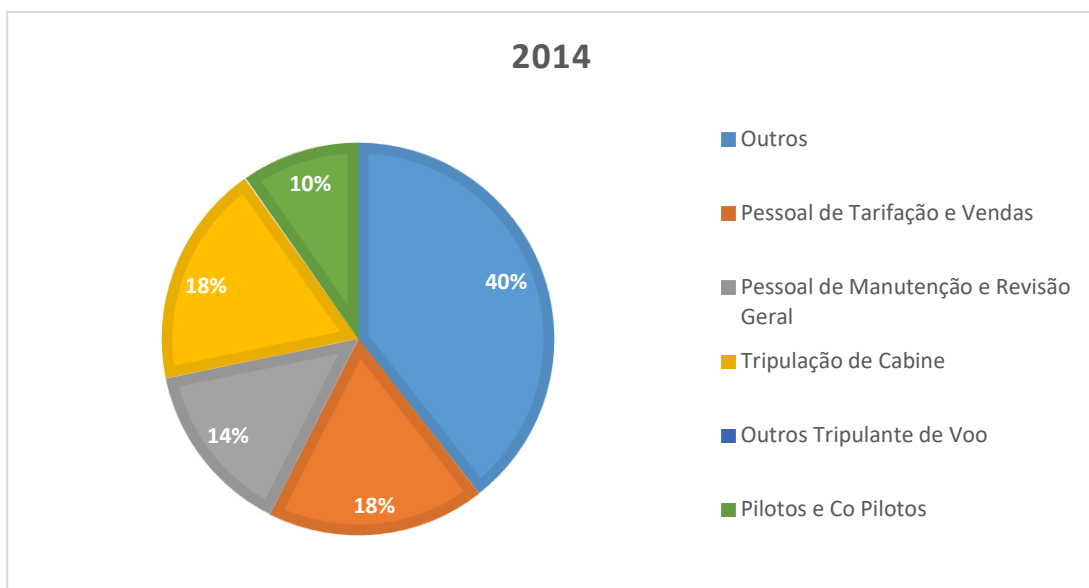


Figura 3 - Proporção de empregados por categoria de empresas brasileiras em 2014

Este crescimento do uso do transporte aeronáutico está de acordo com o WATS 59th da IATA (2015) onde foram transportados cerca de 3,3 bilhões³ (10⁹) de passageiros em 2015, um florescente de aproximadamente 94,11% em relação a 2001, sendo o turismo um dos principais fatores que alavancaram este crescimento. No Brasil, este percentual ainda foi maior devido ao grande crescimento que o país teve nos últimos anos e esse crescimento foi de 138,6% no período de 2005 a 2014, conforme dados (ANAC, 2014) apresentados na Figura 4.

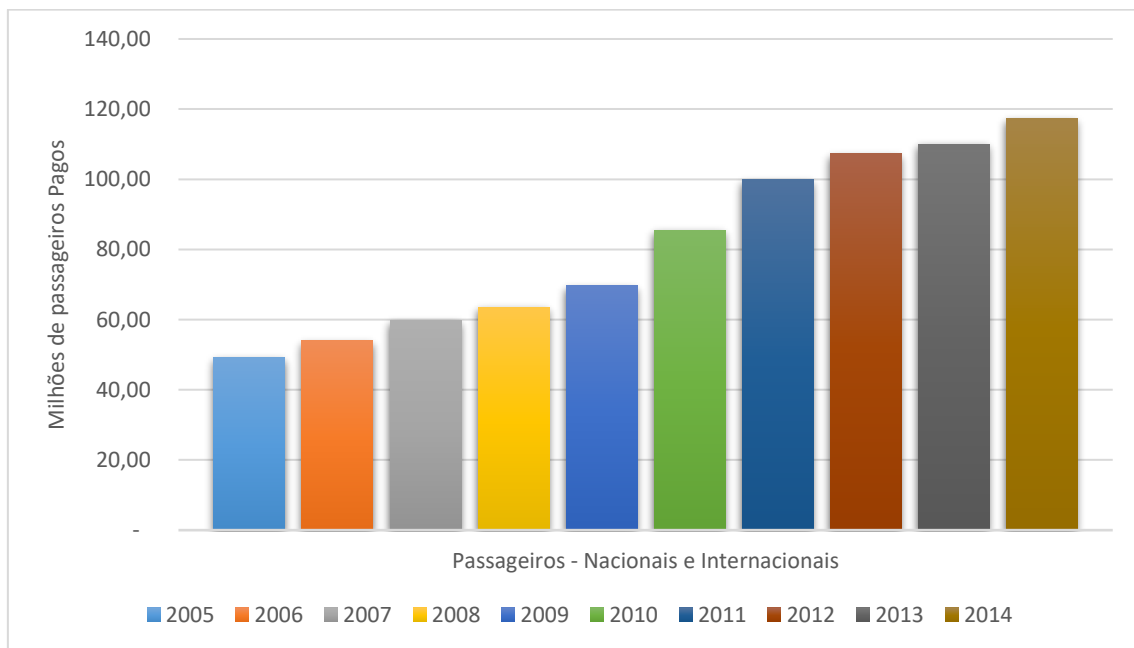


Figura 4- Evolução de Passageiros Pagos Transportados

Para que esta evolução não fosse de forma desordenada, Filho (2008) afirma que foram constituídos métodos que reduzem a ingerência exagerada dos governos melhorando a relação mais eficiência com custos mais baixos. Entretanto, isso só foi possível a partir de 1980, quando as empresas começaram a se normalizarem garantindo regulamentações mais fáceis e eficazes. No Brasil este processo de normatização se deu em meados de 2001 quando foi criada a ANAC (Agencia Nacional de Aviação Civil) para que houvesse a melhora também na relação eficiência e custos baixos. Embora o mercado brasileiro seja pequeno comparado ao mercado americano e europeu, seus resultados são satisfatórios.

Todavia, as cargas domésticas transportadas por via aérea são bastantes relevantes se tratando de valores, e seguindo o crescimento dos transportes de passageiros. Segundo ANAC

³ Há uma diferença entre o bilhão americano e o bilhão europeu, onde o americano considera um milhar de milhão (10⁹) e o europeu considera um milhão de milhão (10¹²)

(2014) nos últimos dez anos, houve um aumento de 37,2% mesmo tendo em 2014 uma redução de 0,8% conforme Figura 5.

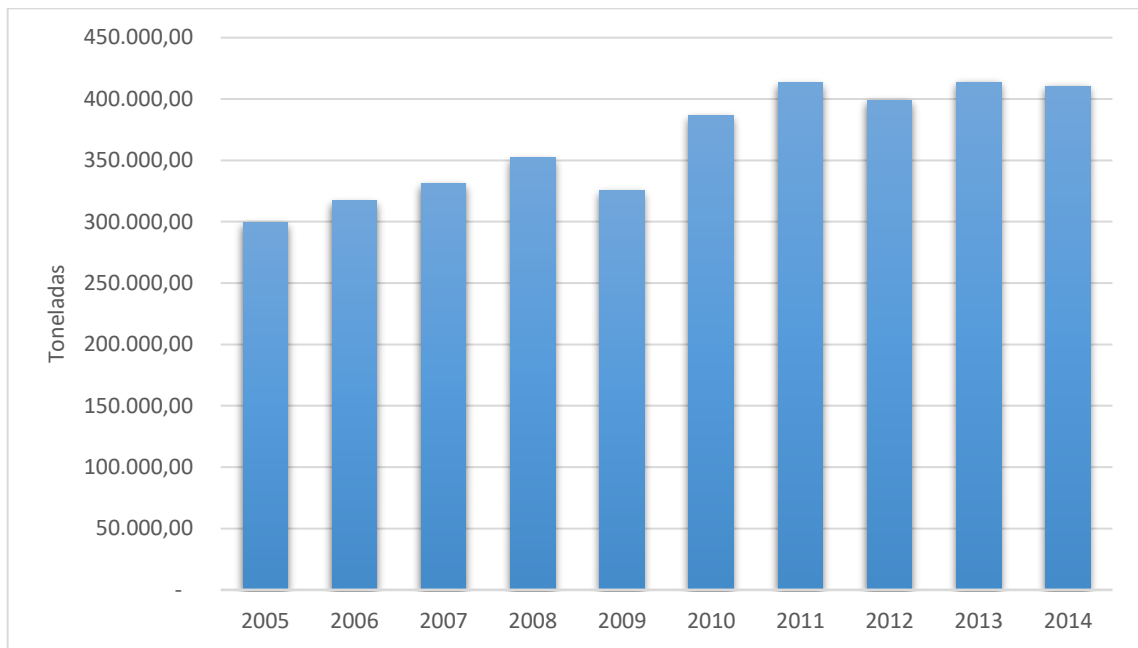


Figura 5 - Evolução de carga transportada, mercado doméstico - 2005 a 2014

Em relação a custos, está na oscilação e na elevação do preço dos combustíveis. Segundo o Fundo Monetários Internacional – FMI (*cit. in ANAC 2014*) esta oscilação é representada pela Figura 6 e a evolução da taxa de câmbio segundo o Sistema de Informações do Banco Central do Brasil – Sisbacen (PTAX-800) *cit in ANAC (2014, p. 31)* é representada pela Figura 7. Pode-se afirmar que a relação preço do barril e taxa de câmbio interfere diretamente nos valores dos combustíveis. Outro entrave está relacionado com as infraestruturas, mas a concorrência já está mobilizando os grandes centros a sanar ou minimizar essa problemática ficando os maiores problemas nos menores centros.



Figura 6 - Variação do Preço do Barril de Petróleo (US\$)

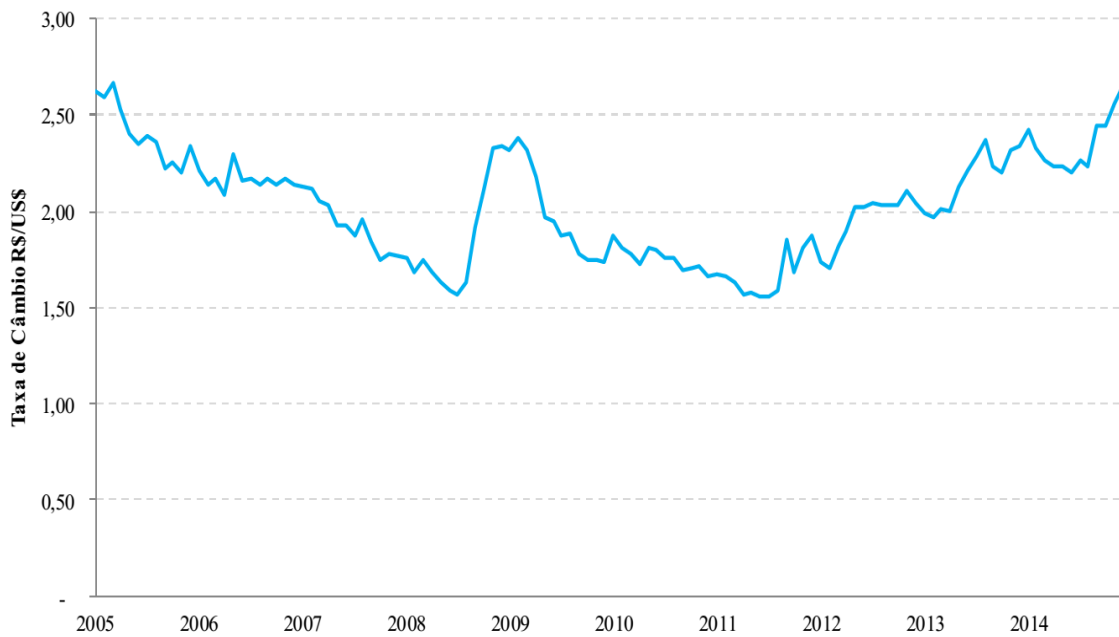


Figura 7 - Variação da Taxa de Câmbio do R\$/US\$

Todavia, essas variações estão fazendo com que as empresas busquem estratégia inovadoras e alternativas eficientes, que para Filho (2008, p. 615) se traduz:

“(...)dentre tais estratégias estaria a reduzir os preços das passagens, porém dada a nova situação, ocorrerá uma inversão nas expectativas e provavelmente o preço das passagens irão se elevar para cobrir a elevação dos custos”.

O IPEA (2010) enfatiza na tendência a longo prazo, pela queda sistemática dos custos unitários e das tarifas, e a produtividade continua no aperfeiçoamento das operações. Em relação à queda sistemática dos custos, esta está diretamente ligada a inovações tecnológicas principalmente nos equipamentos, reduzindo assim o *yeld*⁴ conforme demonstra a Tabela 1.

Tabela 1 - Evolução Tecnológica dos Equipamentos de voo

	1950	1985	2004
Eficiência dos Combustíveis dos motores ⁵	33,5	47,6	110,2
Número médio de passageiros transportados por voo	48,0	168,0	256,0
Velocidade média por voo	205,0	418,0	641,0

Certamente o crescimento do transporte aéreo será contínuo, mas dependerá de algumas medidas (IPEA, 2010) que poderão resultar de forma positiva, no aumento dos usuários, estimulando o crescimento econômico e de forma negativa, caso os investimentos não sejam compatíveis com estes crescimentos e exigências do mercado cada vez mais competitivo.

I.2 – Objetivos da Dissertação

A presente dissertação tem como objetivo principal avaliar os impactos do ruído atualmente no Aeroporto Internacional de Macapá – Alberto Alcolumbre em relação a legislação Brasileira e a da União Europeia. Em um objetivo secundário, foram consideradas as recomendações da União Europeia e da World Health Organization – WHO (2011) nomeadamente, determinando o percentual de pessoas com sono altamente perturbado (%HSD – Highly Sleep-Disturbance) com distúrbio no sono (%SD – Sleep Disturbed) e com sono pouco perturbado (%LSD – little Sleep Disturbed). Ainda foram estimados cenários futuros quanto ao nível de ruído aeronáutico gerado no entorno do referido aeroporto.

⁴ Yeld é a receita operacional resultante do número de passageiro/quilometro transportados.

⁵ Assento/milha disponíveis por galão consumido de combustível.

I.3 - Estrutura e Organização da Dissertação

A dissertação está estruturada em seis capítulos, o primeiro, “Introdução” é referente a contextualização e apresenta os objetivos principais e secundários da dissertação.

No capítulo II, “O AEROPORTO E O RUÍDO AMBIENTAL” e tem como incoação abordar os efeitos do ruído, a legislação em vigor e demonstrar a classificação dos aeroportos.

No capítulo III – “METODOLOGIA”, determina as principais métricas que serão utilizadas para o estudo de caso e de como o trabalho se desenvolveu.

No capítulo IV – “ESTUDO DE CASO”, será relatado um breve histórico do aeroporto Internacional de Macapá - Alberto Alcolumbre, onde será efetuado os procedimentos das duas métricas adotadas nesse estudo, assim como a projeção de cenários futuros.

No capítulo V – “APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS”, faz-se a análise a qual será a base da relação numérica/teórica para chegar aos objetivos.

No capítulo VI – “CONCLUSÃO”, será efetuado uma síntese e análise dos resultados da teoria, abordando as limitações do estudo e apresentando propostas de trabalho futuros.

NA Bibliografia será apresentada toda a literatura estudada para se chegar ao entendimento da problemática que é o ruído proveniente dos aeroportos.

CAPÍTULO II – O AEROPORTO E O RUÍDO AMBIENTAL

II.1 – O Efeito do Ruído

O Brasil adotou a métrica DNL através da RBAC nº161 (2013) da mesma forma adotada pela FAA e substituiu a métrica IPR (Índice Ponderado de Ruído) anteriormente regulamentada pela Portaria 1141/GC5, de 1987.

A Constituição Federal do Brasil, já prevê o ruído como causa de poluição e geração de incômodo, e retrata no seu artigo 225:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Neste mesmo Artigo, o parágrafo primeiro, inciso quinto, ratifica este direito ao imputar ao Poder Público para assegurar o controle da produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente (CF,1988).

Para Lacerda (1976, *cit. in* Carvalho 2008) o ruído se distingue entre basicamente, dois fatores: um ligado à frequência e outro à intensidade. Esses dois fatores dão dimensões diferentes às suas leituras. Para a frequência são caracterizadas as de baixa (graves) médias e altas (agudas) e para a intensidade, são caracterizadas como desagradáveis até traumatizante. A unidade usada na medida da frequência é Hertz (Hz) e a da intensidade em BEL⁶.

Todavia, Bistafa (2011) também relaciona o som como uma sensação que se propaga através de oscilações de vibrações e que suas dimensões são associadas à frequência e intensidade. A frequência pode ser classificada em grave ou aguda e sua medida é feita pela altura da frequência. Já a intensidade pode ser classificada em forte ou fraco.

No entanto, Fernandes (2002) ainda acrescenta o “timbre” considerado como o registro identificador da fonte geradora do som. Para Nascimento (2014) o som é “(...) uma

⁶ BEL é a unidade de medida de intensidade sonora, mas na prática se utiliza o decibel (dB) que é o submúltiplo do BEL que tem como características uma grandeza relativa.

variação da pressão ambiente detectável pelo sistema audível”, e são efetivas através de ciclos e que precisam de um intervalo de tempo com a amplitude. Desta forma Fernandes (2002) mostra através da Figura 8 que a frequência “ f ” é inversa ao período “ T ” com o resultado em hertz (Hz).

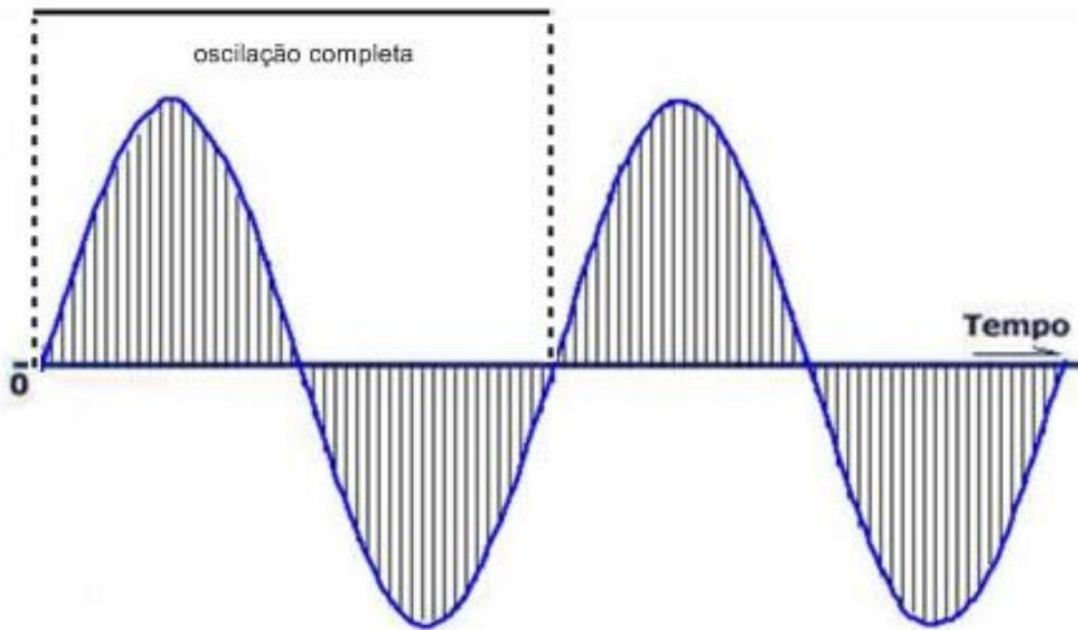


Figura 8 - Ciclo da Oscilação da Onda Sonora

O som passa ser denominado de ruído quando o mesmo se torna desagradável podendo gerar várias mazelas. Para EEA (2010, pp. 5,6) o ruído afeta tanto a saúde como o bem-estar e que estão relacionados à severidade e dessa forma se observa que existe a possibilidade de morte, tendo sua maior parte entre as pessoas que se consideram apenas incomodada e/ou como indicadores de Stress, conforme Figura 9.

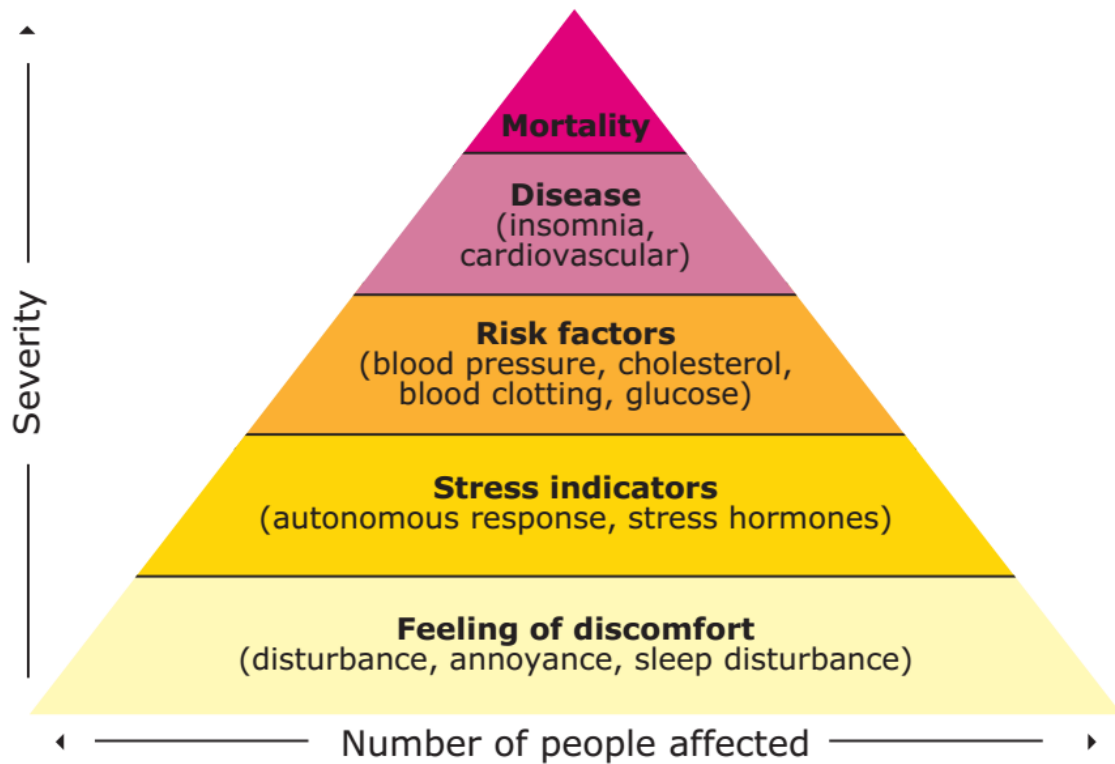


Figura 9 - Pirâmide dos Efeitos da relação Severidade e Número de Pessoas Afetadas
 Fonte: Babisc (2002, cit. in EEA (2010, pp. 6)

Entretanto EEA (2010, pp. 7) alerta para as ponderações a serem corrigidas para o ouvido humano, chamadas de ponderação “A” e são normalmente identificadas com dB (A) ou dB A ou mais recentemente como um sufixo ao indicador da métrica, por exemplo $L_{A,Den}$. Contudo Melo (2015) destaca os níveis de potência e intensidade e define o Nível de Potência Sonora (NPS – Sound Power Level) como “... grandeza relativa que utiliza como valor de referência o nível mínimo $W_0 = 10^{-12}$ W (1 picowatt)” e relaciona com a energia acústica total por um intervalo de tempo.

Também entende que o nível de intensidade sonora (NIS) é o “(...) produto da pressão pela velocidade das partículas em um meio fluido e definida como o valor médio do fluxo de energia por unidade de área perpendicular à direção da propagação” e reputa como “(...) uma grandeza relativa que considera como referência a intensidade $I_0 = 10^{-12}$ W/m²”.

Melo (2015) ainda relaciona o nível de intensidade sonora com o nível de pressão sonora pela expressão:

$$NIS = 10 \times \log \frac{I}{I_0} = 10 \times \log \frac{P^2}{P_0^2} = 10 \times \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 = 20 \times \log \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (1)$$

Eibich et al. (2015) ao analisarem o aeroporto de Berlin concluiu que os ruídos são mais baixos em áreas com elevadas altitudes. Desta forma, 35% da população pesquisada se considerou perturbada pelo ruído das aeronaves e parte dessa população não se restringe as áreas próximas ao aeroporto. Neste sentido destaca-se que medidas a curto prazo, como mudanças de rotas, podem afetar uma população até então não afetada.

Entretanto Sanchez et al. (2014) analisaram o valor econômico dos impactos do ruído aeronáutico na Grã-Bretanha e relacionou ao custo da perda de produtividade causada pela exposição ao ruído aeronáutico e também associa a monetização. Outra abordagem relacionou a estimativa de vontade de pagar para evitar (WTP – Willingness to pay to avoid) ou de aceitar (WTA – Willingness to pay to accept) e se observou que entre 2006 e 2011 houve uma redução de 7% nos custos relacionados com o Infarto Agudo do Miocárdio (AIM). Desta forma, ao reduzir o número de pessoas expostas ao ruído aeronáutico, reduziu-se em 1,4% (ou 1,3 milhões de libras) nos custos em relação ao distúrbio do sono entre 2001 e 2006.

Lavandiera et al. (2016) analisaram o impacto dos ruídos aeronáuticos no mercado imobiliário em torno do Aeroporto Roissy Charles de Gaulle (CDG) em Paris e considerou a depreciação de uma propriedade com o mesmo percentual de probabilidade das pessoas ficarem aborrecidas com o ruído aeronáutico.

Postorino e Mantecchini (2016) analisaram dois cenários pré⁷ e pós⁸ variante conforme gestão aplicada em 2003 no Aeroporto de Bolonha, na Itália, e descobriu-se que o pré variante é totalmente ineficaz quanto ao ruído e que se pudesse ter sido analisado de forma preventiva, jamais seriam utilizadas pelo aeroporto. O estudo levou em consideração o índice de Sobreposição de ruído e Território (NTO – Noise and Territory and Overlap) onde simulou vários cenários de acordo com as características do aeroporto e uso do solo.

Wolfe et al. (2017) avaliaram o impacto do ruído em dois aeroportos de Londres, o Aeroporto de Gatwick (LGW) e o Aeroporto de Heathrow (LHR) considerando um $L_{eq} > 57 \text{ dB}(A)$ e relata que os impactos do ruído provocam 57 infartos do miocárdio por ano e 17 mortes prematuras. Entretanto, ao simular cenários futuros descobriu que se o aeroporto de Heathrow continuar a operar com a configuração atual, em 2030 não haverá mudanças significativas no impacto do ruído. Mas ao avaliar a expansão da pista norte, causaria um dano de ruído de £ 92,5 milhões e de £ 104,6 milhões se a expansão for sobre a

⁷ Pré Variante ou NAPs – Procedimento com um subida inicial e corredor.

⁸ Pós Variante ou PNA – Procedimento com dupla fase.

pista noroeste. Já para o Aeroporto de Gatwick a expansão aumentaria a população afetada pelo ruído em 87,40% (passando de 177% para 331,7%)

Silva (2012) identificou em seu estudo sobre o Aeroporto de Congonhas, que os ruídos e vibrações não são uniformes mas incidem na zona oeste do aeroporto, onde há uma densidade maior de empresas do setor de transporte e que devido sua localização geográfica, a população circunvizinha sofre com os efeitos dos impactos provocados pelo desenvolvimento do aeroporto.

Rodríguez-Díaz et al. (2016) em seu estudo considera que os voos na Europa e EUA devem duplicar e, em alguns lugares, até triplicar em um período de 15 anos. Desta forma propõe melhorar as ferramentas de modelização-simulação-monitorização e ainda motiva a projeção de ferramentas que otimize e que possa ajudar os controladores de tráfego aéreo a tomar decisões sem violar os RR⁹s dos estabelecidos pelos PZRs. Entretanto, o autor compartilha com o ICAO que os procedimentos padrões inclusive de mudança de operação por cabeceira seja uma medida mitigadora sobre o ruído.

Aydin e Martin (2007) correlacionaram os ruídos objetivos e subjetivos quanto a sua percepção, assim como a qualidade do sono e a pressão sanguínea da população vizinha a oeste e leste do aeroporto de Frankfurt na Alemanha. Devido ao grupo Oeste estar com uma exposição mais longa e frequente, notou-se uma diferença significativa em relação ao grupo leste. Ainda destacou, que um aumento de 10 mmHg na pressão sanguínea de uma população pode corresponder um risco duplicado para um acidente vascular cerebral ou enfarte do miocárdio. Ainda ressalta que houve um aumento de hipertensão com a população exposta a ruídos entre 50 dB (A) e 55 dB (A) para o tráfego de rodovias e 5 dB (A) a menos para os aeronáuticos e ratifica que os níveis de ruídos noturno devam permanecer abaixo dos 45 dB (A) e de 50 dB (A) no período diurno.

Na China, estudos realizados por Xie et al. (2014) demonstram que houve um aumento de reclamações quanto ao ruído e que resultaram em uma perda auditiva de 3% e que as pessoas são facilmente incomodadas e seus estados mentais e psicológicos podem ser facilmente alterados. Essas mazelas foram oriundas da expansão dos aeroportos sem o planejamento adequado.

Scatolini e Pinto (2016) ressaltam uma grande preocupação em relação a extrapolação dos limites em todos os horários proveniente do ruído aeronáutico no entorno do Aeroporto Internacional de Congonhas. Entretanto, relata que o ruído apresentou níveis acima

⁹ RR -Redução de Ruído

dos 65 dB (A) mas muito em decorrência do ruído combinado do tráfego de veículos com o de aeronaves.

Para Eller e Porto (2010) mesmo sendo bastante afastado do centro de São Paulo, o aeroporto Internacional de Guarulhos está com uma vizinhança cada vez mais densa de tráfego rodoviário e que combinado com o ruído aeronáutico já se traduz numa grande população que se declara como extremamente irritada e esta irritação se dá no período noturno. Observou também que os impactos ambientais são gerados pela falta de integração entre o PZR e a lei de zoneamento urbano municipal devido a conflitos de fronteiras territoriais.

Nascimento e Alves (2014) afirmam que a implantação de aeroportos sempre irá gerar restrições quanto ao uso do solo. Dessa forma foram pesquisadas quatro opções de ações mitigadoras com diversos pesquisadores e concluiu-se que restrições quanto a horário de operações podem gerar custos mais elevados de operação e que soluções de inversão de cabeceiras trazem benefícios como ocorreu no aeroporto de Brasília-DF.

Já para Neto (2010) observou que foi sobrestimado o uso do aeroporto de São José dos Campos, pois em 2008 apenas 9% do estimado para tráfego de grande porte ocorreu neste aeródromo. Um dos fatores que sobrestimava foi que foram considerados aeronaves mais ruidosas daquela época como referência o que causou uma diferença entre as curvas geradas em 1984 e as atuais. Embora o aeroporto de São José dos Campos seja considerado médio, já se observa transtornos para a população, entre eles estão a dificuldade em assistir televisão e usar telefone.

Nunes (2005) analisou duas escolas situadas dentro das áreas de ruído do aeroporto Internacional Salgado Filho e constatou que uma escola dentro da zona I tinha deficiência de comunicação dentro da sala de aula e um incômodo. Essa escola em especial, chegou a registrar um ruído de 111,6 dB (A) com a passagem de uma aeronave da FAB (Força Área Brasileira). Alunos tem dificuldades em escutar os professores e que para ser entendido, o professor deve utilizar um nível de 10dB (A) a mais do ruído ambiente para ser entendido. Já para a segunda escola, foi considerada como um ambiente extremamente ruidoso e concluiu-se que as escolas não foram projetadas para um melhor conforto acústico.

II.2 – Legislação

Nos tópicos seguintes serão apresentadas as políticas e a legislação em vigor no Brasil relativa ao ruído.

II.2.1 – Política Nacional de Aviação Civil – PNAC

O Decreto N. ° 6780/2009 de 18 de fevereiro de 2009 foi aprovado constituindo assim a Política Nacional de Aviação Civil – PNAC, que trata como um conjunto de diretrizes e estratégias que irão nortear as instituições responsáveis pelo planejamento do desenvolvimento da aviação civil estabelecendo objetivos e ações estratégicas integrando as políticas nacionais brasileiras. Neste sentido, cabe ao PNAC garantir o desenvolvimento do sistema de aviação civil de forma segura, eficiente, econômica, moderna, concorrencial, compatível com a sustentabilidade ambiental, integrado às demais modalidades de transporte e alicerçado na capacidade produtiva e de prestação de serviços no âmbito nacional, sul-americano e mundial.

O PNAC leva em consideração a importância do desenvolvimento e aumento da infraestrutura aeronáutica e aeroportuária civil de forma que possibilite o aumento do bem-estar da população brasileira assim como maior integração do País no contexto internacional. Para haver uma consecução do PNAC é necessário haver interações com organizações internacionais, acordos entre países, relações comerciais com empresas estrangeiras sempre dentro da defesa dos interesses nacionais. Sendo assim, ficaram estabelecidos alguns objetivos específicos do programa, como segurança, prestação de serviço adequado, a proteção ao meio ambiente, proteção do consumidor, desenvolvimento da aviação civil, eficiência das operações da aviação civil. Dentre esses objetivos, é importante destacar as estratégias a serem adotadas conformes seus objetivos:

a) Segurança

- Promover o permanente aperfeiçoamento e atualização das normas em conformidade com o ICAO¹⁰;
- Garantir melhorias através de fiscalizações;
- Realizar de forma periódica auditorias externas e internas;
- Promover formação, capacitação e atualização de profissionais;
- Gerenciar riscos;
- Garantir segurança operacional;
- E outras...

b) Prestação de serviço adequado

- Estabelecer normas e procedimentos para os serviços de transporte aéreo que respeite seu usuário;
- Estimular o uso de novas tecnologias para assegurar a regularidade e a pontualidade ao transporte de passageiros, carga e mala postal;
- Aperfeiçoar os parâmetros para a adequada prestação de serviços de transporte aéreo;
- E outras...

c) Proteção ao meio ambiente

- Estimular a redução dos ruídos de motores de aeronaves;
- Minimizar o impacto das emissões de gases de motores na qualidade do ar;
- Promover o envolvimento das entidades relacionadas à aviação civil na proteção do meio ambiente;
- Estimular o desenvolvimento e o uso de tecnologias que reduzam os impactos da atividade aeronáutica no meio ambiente;
- Assegurar a inclusão dos aspectos ambientais no planejamento, implantação e operação dos aeródromos;
- Adotar, nas questões relativas ao ruído, uma abordagem equilibrada, que consista nos seguintes elementos: redução do ruído na fonte, planejamento do uso do solo,

¹⁰ ICAO – Organização de Aviação Civil Internacional (International Civil Aviation Organization)

no entorno dos aeródromos, adoção de medidas mitigadoras, e restrições operacionais, de acordo com os interesses nacionais;

- Promover e aprimorar medidas que desestimulem o adensamento populacional em áreas sujeitas a níveis significativos de emissão de ruídos e gases por parte de motores de aeronaves, em conformidade com a legislação referente às zonas de proteção de aeródromos, de ruídos, de auxílios à navegação e à área de segurança aeroportuária;
- Estimular e apoiar a adoção de políticas relacionadas ao meio ambiente nas áreas de entorno dos aeródromos na esfera federal, estadual e municipal, visando ao estabelecimento de condições mais adequadas para a prática das atividades aeronáuticas;
- Aprimorar os procedimentos de navegação aérea em rota e em área terminal e de técnicas de voo que resultem em redução do impacto e emissões de gases de motores de aeronaves;
- Fomentar a educação ambiental junto à comunidade aeroportuária, às comunidades residentes em áreas de entorno de aeródromos.

d) Proteção do consumidor

- Promover a segurança jurídica nas relações de consumo para o setor de aviação civil;
- Assegurar a adequada regulamentação dos direitos e obrigações dos usuários, prestadores de serviços aéreos, da infraestrutura aeronáutica e aeroportuárias civis;
- Garantir meios que propiciem o fornecimento de informações precisas sobre horários de voos e motivos de eventuais atrasos ou cancelamentos de voos.

e) Desenvolvimento da aviação civil

- Garantir a exploração do mercado doméstico de transporte aéreo às empresas constituídas sob as leis brasileiras;
- Identificar e estudar as tendências, coordenar o planejamento e elabora diretrizes e políticas que garantam crescimento sustentável da aviação civil e o cumprimento de serviço público seguro, regular, eficiente, abrangente e pontual;

- Estimular a gestão eficaz e a consolidação de ambiente institucional e regulatório favorável ao desenvolvimento da aviação civil;
- Assegurar a fiscalização eficaz e contínua em prol da regulação da prestação do serviço e do desenvolvimento da aviação civil;
- Estimular o desenvolvimento das ligações de baixa e média densidade de tráfego;
- Fomentar as redes de pesquisas em centros de ensino, incentivando o intercâmbio internacional dos profissionais do setor e apoiando a produção científica e os programas de formação especializados no País e no exterior;
- Garantir a preservação e proteção dos sítios aeroportuários e a compatibilização do planejamento urbano com as zonas de proteção e da área de segurança aeroportuária, por meio de desenvolvimento e aprimoramento de mecanismo de controle junto aos municípios;
- E outras...

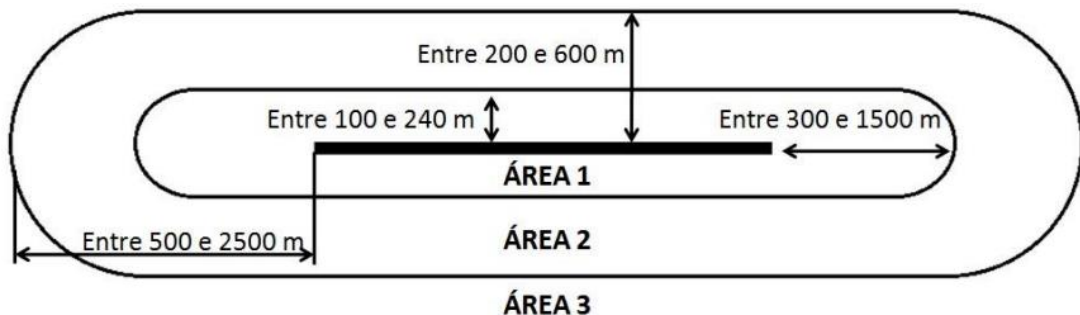
f) Eficiência das operações da aviação civil

- Elaborar normas, métodos, orientação e planos para apoiar a implantação dos conceitos de organização e gestão do tráfego aéreo, de projeto e operação de aeródromos, de gerenciamento de segurança operacional e de atividades dos operadores a aviação civil;
- Estimular a integração das bases de dados de interesse comum a todos os integrantes da aviação civil;
- Promover a participação da iniciativa privada na construção, operação e exploração de aeroportos, no todo ou em partes;
- Estipular a competição nos serviços, de forma a possibilitar o acesso a maior parcela da população;
- E outras...

II.2.2 – Portaria N. ° 1.141/GM5/87

No Brasil a ANAC – Agencia Nacional de Aviação Civil através da Portaria N. ° 1.141/GM5/87 dispõe sobre o Plano de Zoneamento de Ruído (PZR) que basicamente trata do uso e ocupação do solo derivados da classificação dos aeródromos em função da movimentação e o tipo de aviação. Sobretudo esta portaria, sob a competência do Ministério da Aeronáutica, estabelece que o Departamento de Aviação Civil – DAC é quem fornecerá os dados de movimentação, tipo de aviação e dimensões das pistas para cumprimento desta Portaria. O Plano Básico de Zoneamento de Ruído (PBZR) estabelece quanto ao aproveitamento do uso do solo para as Áreas I, II e III definidas no Artigo 69 e 70 desta portaria. A Figura 10, mostra a definição dessas áreas em relação aos aeródromos. A Portaria 1.141/GM/87, define:

- Área I – Área do Plano de Zoneamento de Ruído, interior a curva de nível de ruído 1, onde o nível de incomodo sonoro é potencialmente nocivo aos circundantes, podendo ocasionar problemas fisiológicos por causa das exposições prolongadas;
- Área II – Área do Plano de Zoneamento de Ruído, compreendida entre as curvas de nível de ruído 1 e 2, onde são registrados níveis de incomodo sonoro moderados;
- Área III – Área do Plano de Zoneamento de Ruído, exterior a curva de nível de ruído 2, onde normalmente não são registrados níveis de incômodos sonoros moderados.



Fonte: Carvalho (2015, p.23)
Figura 10- Áreas segundo a Portaria 1.141/GM/87

Para se dar parâmetros entre as curvas de nível de ruído, o Art. 65 da Portaria 1.141/GM/87 estabelece:

Parágrafo Primeiro – Os parâmetros para a curva de nível ruído 1, para as pistas de Categoria II, III, IV, V e VI estão especificadas no Quadro 1.

Parágrafo Segundo – Os parâmetros para a curva de nível de ruído 2, para as pistas de Categoria II, III, IV, V e VI estão especificadas no Quadro 2.

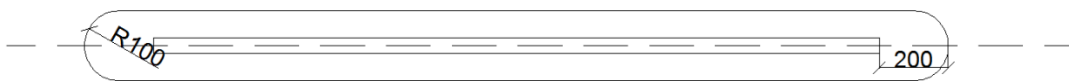
Quadro 1 - Parâmetros para a Curva de Nível de ruído 1

PARÂMETROS BÁSICOS POR CATEGORIA DE AERÓDROMO		
CATEGORIA DO AERÓDROMO	COMPRIMENTO	LARGURA
Aviação regular de grande porte de média densidade	Comprimento da pista projetada mais de 1.500m no seu prolongamento em cada sentido.	240m de cada lado, a partir do eixo da pista.
Aviação regular de grande porte de baixa densidade e/ou regular de médio porte e alta densidade	Comprimento da pista projetada mais de 500m no seu prolongamento em cada sentido.	180m de cada lado, a partir do eixo da pista.
Aviação regular de médio porte de baixa densidade e/ou aviação de pequeno porte	Comprimento da pista projetada mais de 200m no seu prolongamento em cada sentido	100m de cada lado, a partir do eixo da pista

Plano Básico de Zoneamento de Ruído (PBZR)

Fonte: Portaria 1.141/GM5/87, p.64

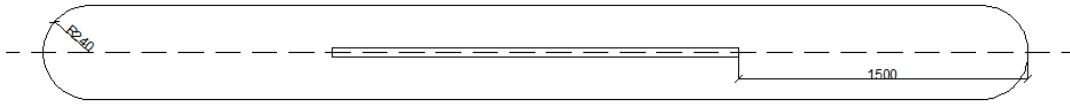
Pista Categoria Aviação Regula de Médio porte de baixa densidade e/ou aviação de pequeno porte



Pista Categoria Aviação regula de grande porte de baixa densidade e/ou regular de médio porte e alta densidade.



Pista Categoria Aviação Regula de Grande porte de média densidade



Quadro 2 - Parâmetros para a Curva de Nível de ruído 2

PARÂMETROS BÁSICOS POR CATEGORIA DE AERÓDROMO		
CATEGORIA DO AERODROMO	COMPRIMENTO	LARGURA
Aviação regular de grande porte de média densidade	Comprimento da pista projetada mais de 2.500m no seu prolongamento em cada sentido.	600m de cada lado, a partir do eixo da pista.
Aviação regular de grande porte de baixa densidade e/ou regular de médio porte e alta densidade	Comprimento da pista projetada mais de 1.200m no seu prolongamento em cada sentido.	400m de cada lado, a partir do eixo da pista.
Aviação regular de médio porte de baixa densidade e/ou aviação de pequeno porte	Comprimento da pista projetada mais de 500m no seu prolongamento em cada sentido	200m de cada lado, a partir do eixo da pista

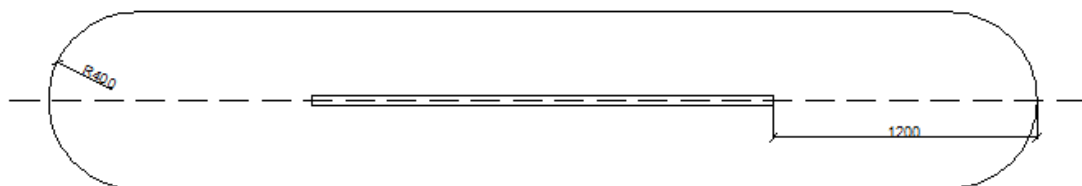
Plano Básico de Zoneamento de Ruído (PBZR)

Fonte: Portaria 1.141/GM5/87, p.65

Pista Categoria Aviação Regula de Médio porte de baixa densidade e/ou aviação de pequeno porte.

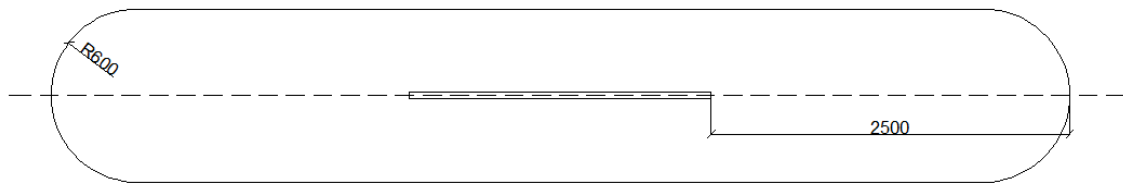


Pista Categoria Aviação regula de grande porte de baixa densidade e/ou regular de médio porte e alta densidade.



1 –

Pista Categoria Aviação Regula de Grande porte de média densidade



II.2.3 – Resolução CONAMA N.º 01/1990

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA em 08 de março de 1990, publicou no Diário Oficial da União – D.O.U de 02/04/90, na seção I, pág. 6 408 a resolução N.º01/1990 considerando que os problemas dos níveis excessivos de ruído estão sujeitos ao Controle de Poluição do Meio Ambiente e que a qualidade de vida tem tido crescente exteriorização, estabeleceu padrões, critérios e diretrizes para emissão de ruído para quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, incluindo propaganda política sempre em função do interesse da saúde e do sossego público.

A NBR 10.151/2000, é a norma responsável e oficial em estabelecer os limites considerados aceitáveis aos níveis de ruído e o que superar esses limites são considerados como prejudiciais à saúde e ao sossego público. Esta resolução também envolve a execução de projetos de construção ou de reformas de edificações para atividades heterogêneas e define a NBR 10.152/1987 como responsável em estabelecer os limites aceitáveis.

Tendo em vista que existem várias fontes de ruído, fica estabelecido que o Conselho Nacional de Transito – CONTRAN será o órgão oficial a expedir as normas referentes aos *veículos automotores*¹¹ e ao Ministério do Trabalho a expedir as normas referentes ao ruído produzido no interior dos ambientes do trabalho. Dispõe ainda que as entidades e órgãos públicos (federal, estadual e municipal) poderão proibir a emissão de ruído produzido por quaisquer meios ou qualquer espécie tendo em vista a preservação da saúde e do sossego público.

¹¹ Veículos automotores – as aeronaves não estão enquadradas neste texto como veículo automotor

II.2.4 – Resolução CONAMA N.º 02/1990

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, constatou que a poluição sonora vem se agravando nas áreas urbanas e que o seu excesso pode levar a ser uma ameaça à saúde e ao bem-estar público afetando de forma direta a qualidade de vida e que é fundamental estabelecer normas, métodos para controlar esses ruídos excessivos, desta forma, instituiu em caráter nacional o “Programa Educação e Controle da Poluição Sonora – SILENCIO” no qual tem os objetivos específicos de:

- Capacitar Pessoal e controlar os problemas de poluição sonora nos órgãos de meio ambiente no âmbito estadual e municipal;
- Fazer divulgação de matéria educativa e conscientizadora dos efeitos causados pelo excesso de ruído;
- Introduzir o tema “poluição sonora” nos cursos secundários da rede oficial e privada através do Programa de Educação Nacional;
- Incentivar a fabricação e o uso de máquinas, motores, equipamentos e dispositivos com menor intensidade de ruído, veículos em geral, construção civil e utilidades domésticas;
- Incentivar a capacitação de recursos humanos, dentro de políticas civil e militar para receber denúncias e tomar providências de combate à poluição sonora;
- Estabelecer convênios, contratos e atividades afins que possa contribuir com o Programa SILÊNCIO.

Fica estabelecido através do Art. 2 desta resolução que o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais – IBAMA será o órgão oficial na coordenação do programa e que deverá contar com a participação de Ministérios do Poder Executivo, órgãos estaduais e municipais de meio ambiente e demais entidades interessadas. Para tanto, o Estados e Municípios ficam responsáveis pela implementação de programas de Educação e Controle da Poluição Sonora de acordo com as diretrizes do Programa Silencio. Os estados têm autonomia de alterar os limites máximos de emissão para valores mais rígidos.

II.2.5 – Resolução CONAMA N.º 272/2000

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA considerou que o ruído excessivo pode causar danos à saúde física e mental, e que afeta de forma particular a audição, se faz necessário a redução da poluição sonora, considerando que os veículos automotores são uma das principais fontes de ruído no meio ambiente estabeleceu através desta resolução os limites máximos de ruído com os veículos em aceleração de acordo com Tabela 2.

Tabela 2 - Limites máximos de Emissão de ruído

CATEGORIA		NÍVEL DE RUÍDO dB (A)	
DESCRIÇÃO		Injeção	
		Direta	Indireta
Veículos de passageiros até 9 (nove) lugares		75	74
Veículos de passageiros com mais de 9 (nove) lugares	PBT até 2.000kg	77	76
Veículos de carga ou de tração e veículo de uso misto	PBT entre 2.000kg e 3.500kg	78	77
Veículo de passageiros ou de uso misto com PBT maior que 3.500kg	Potência máxima menor que 150Kw (204cv)	78	78
	Potência máxima igual ou superior a 150Kw (204cv)	80	80
Veículo de carga ou de tração com PBT ¹² maior que 3.500kg	Potência máxima menor que 75Kw (102cv)	77	77
	Potência máxima entre 75kw e 150kw	78	78
	Potência máxima igual ou superior a 150kw	80	80

Fonte: Resolução CONAMA N.º 272 de 2000, p.331

Os veículos concebidos exclusivamente para aplicação militar, de competição, máquinas agrícolas, máquinas rodoviárias e outros de aplicação especial estão dispensados do

¹² PBT – Peso Bruto Total

atendimento das exigências desta portaria através do seu Art.4 e em casos omissos, o IBAMA será o órgão responsável pela deliberação.

II.2.6 – RBAC N.º 161/2013

A ANAC¹³ através da resolução em 10 de setembro de 2013 aprovou e publicou no Diário Oficial da União – D.O.U da mesma data, na seção 1, página 14-15 o RBAC N.º 61 no qual é intitulado como PZR de Aeródromos e dispõe de alguns termos e definições estabelecidos a seguir:

- Aeródromo compartilhado – aeródromo sede de unidade aérea militar, que compartilha sua infraestrutura com aeródromo civil, sediando tantas operações aéreas militares como operações civis de transporte aéreo de passageiros e carga;
- Cartas de navegação por instrumentos: sistema constituído por uma série de tipos de cartas que devem ser reeditadas periodicamente, segundo um rigoroso calendário, estabelecido por compromissos internacionais assumidos pelo COMAER, perante a ICAO. Estas cartas contêm informações topográficas, que praticamente não sofrem modificações, e informações aeronáuticas, que estão sujeitas a um processo de atualização extremamente dinâmico;
- Cartas de navegação visual: cartas destinadas a apoiar os voos, para cuja navegação são utilizadas referências visuais do solo. Em muito assemelham-se às Cartas Topográficas do Mapeamento Sistemático, produzidas pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro e pelo IBGE, porém contam com características próprias para atender à finalidade aeronáutica;
- Movimento de aeronave: termo genérico utilizado para caracterizar um pouso, uma decolagem, ou um toque e arremetida de aeronaves civis no aeródromo;
- Nível de ruído médio dia-noite: nível de ruído médio de um período de 24 horas, calculado segundo a metodologia Day-Night Average Sound Level- DNL;
- Plano Básico de Zoneamento de Ruído – PBZR: Plano de Zoneamento de Ruído de Aeródromo composto pelas curvas de ruído de 75 e 65 e elaborado nos termos

¹³ ANAC - Agencia Nacional de Aviação Civil

deste RBAC, a partir de perfis operacionais padronizados, conforme disposto na Subparte C;

- PZR de Aeródromo: documento elaborado nos termos deste RBAC, que tem como objetivo representar geograficamente a área de impacto do ruído aeronáutico decorrente das operações nos aeródromos e, aliado ao ordenamento adequado das atividades situadas nessas áreas, ser o instrumento que possibilita preservar o desenvolvimento dos aeródromos em harmonia com as comunidades localizadas em seu entorno;
- Plano Específico de Zoneamento de Ruído – PEZR: Plano de Zoneamento de Ruído de Aeródromo composto pelas curvas de ruído de 85, 80, 75, 70 e 65 e elaborado nos termos deste RBAC, a partir de perfis operacionais específicos, conforme disposto na Subparte D;
- Redução de Nível de Ruído (exterior para interior) – RR: diferença entre as medidas simultâneas de nível de ruído externo e interno à edificação, considerando uma fonte sonora constante;
- Ruído aeronáutico: ruído oriundo das operações de circulação, aproximação, pouso, decolagem, subida, rolamento e teste de motores de aeronaves, não considerando o ruído produzido por equipamentos utilizados nas operações de serviços auxiliares ao transporte aéreo, para fins do Plano de Zoneamento de Ruído;
- Ruído de fundo: média dos níveis de ruído em determinado local e hora, considerados na ausência de ruído aeronáutico;
- Uso do solo: resultado de toda atividade urbana ou rural, que implique em controle, apropriação ou desenvolvimento de atividades antrópicas em um espaço ou terreno;
- E outras...

Ainda estabelece, para os operadores de aeródromos, os requisitos de elaboração e aplicação do PZR; autoriza a construção ou modificação de características físicas e/ou operacionais e de cadastro de aeródromos está condicionada ao cumprimento das Subpartes B, C, D e E do RBAC 161/2013; torna obrigatório o PZR para todo aeródromo civil ou compartilhado sendo que sempre que houver o compartilhamento, o COMAER – Comando da Aeronáutica deverá ser consultado antes de efetuar o PZR.

No que tange as curvas isofônicas, o RBAC vem acrescentar o que era estabelecido pela portaria 1.141/GM5/87 onde se havia a obrigatoriedade de elaborar apenas 2 (duas) curvas isofônicas que agora serão necessárias 5 (cinco) curvas isofônicas para compor o PZR. Curvas de ruído são definidas como linhas traçadas em um mapa, cada uma representando níveis iguais de exposição ao ruído. Assim, ficam definidos os limites de cada curva:

- Curva de Ruído de 85 é a linha traçada a partir da interpolação dos pontos que apresentam nível de ruído médio dia-noite de 85 dB;
- Curva de Ruído de 80 é a linha traçada a partir da interpolação dos pontos que apresentam nível de ruído médio dia-noite de 80 dB;
- Curva de Ruído de 75 é a linha traçada a partir da interpolação dos pontos que apresentam nível de ruído médio dia-noite de 75 dB;
- Curva de Ruído de 70 é a linha traçada a partir da interpolação dos pontos que apresentam nível de ruído médio dia-noite de 70 dB;
- Curva de Ruído de 65 é a linha traçada a partir da interpolação dos pontos que apresentam nível de ruído médio dia-noite de 65 dB.

O operador do aeródromo deverá utilizar critérios para definir a obrigatoriedade ou não de um PEZR que poderá ser solicitado a qualquer momento. Fazem parte desses critérios:

- Para aeródromos com média anual de movimento de aeronaves dos últimos 3 (três) anos superior a 7.000 (sete mil) deve ser aplicado um PEZR;
- Para os demais aeródromos é facultado ao operador de aeródromo escolher o tipo de plano a ser elaborado, Plano Básico de Zoneamento de Ruído – PBZR ou PEZR.

No PBZR são definidas por 2 (duas) curvas de ruído chamada curva de 75 dB e 65 dB com formas geométricas simplificadas conforme Figura 11 e melhor detalhada na Tabela 3.

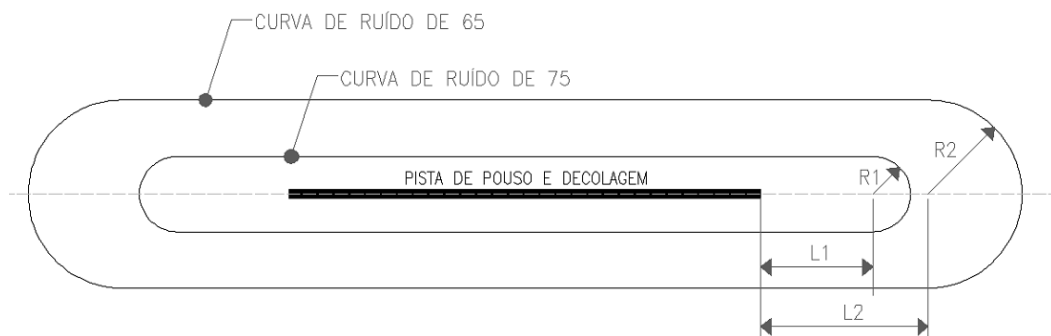


Figura 11 - Curvas de Ruído de 75 e 65
Fonte: ANAC - RBAC 161/2013, p.6

Faz parte da obrigatoriedade do PBZR as informações em relação as coordenadas geográficas das cabeceiras das pistas de pouso e decolagem e em caso de heliportos do seu centro geométrico; os limites do sítio aeroportuário; a escala gráfica utilizada, legenda, curvas de ruído de 75 e 65 sendo todos em planta e em formatos eletrônicos e impressos. O operador do aeródromo deve fornecer todas as coordenadas geográficas em formato grau, minuto e segundo, com prévio estabelecimento do Sistema Geodésico de Referência – preferencialmente o WGS 84 ¹⁴ou SIRGAS 2000, que deve ser o mesmo para todos os pontos.

De acordo com Figura 11, entenda-se:

L1: distância horizontal, medida sobre o prolongamento do eixo da pista, entre a cabeceira e o centro do semicírculo de raio R1;

L2: distância horizontal, medida sobre o prolongamento do eixo da pista, entre a cabeceira e o centro do semicírculo de raio R2;

R1: raio do semicírculo da curva de ruído de 75 com centro sobre o prolongamento do eixo da pista;

R2: raio do semicírculo da curva de ruído de 65 com centro sobre o prolongamento do eixo da pista

Esses valores são referenciados pela Tabela 3.

Tabela 3 - 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

Fonte: 1 - ANAC - RBAC 161/2013, p.7

Para caso de heliportos, a Figura 12 define os raios das curvas de ruído de 75 e 65 como sendo respectivamente de 100m e 300m traçado a partir do centro de gravidade do heliporto.

¹⁴ WGS 84 – World Geodetic System de 1984 – Sistema de Coordenadas utilizada para elaboração dos mapas deste trabalho.

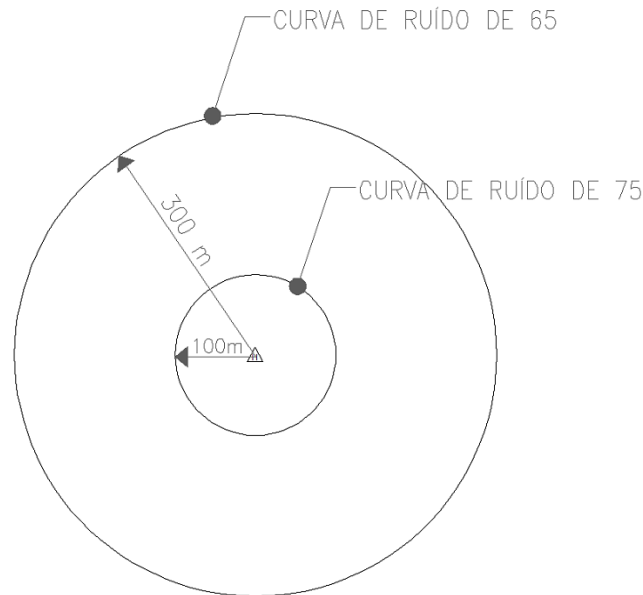


Figura 12 - Configuração das curvas para helipontos

O Plano Específico de Zoneamento Urbano – PEZR estabelece que as 5 (cinco) curvas deverão ser calculadas por meio de programas computacional que utilize a metodologia apropriada para seu uso com a métrica DNL e o operador de aeródromo deve calcular as curvas de ruídos para o sistema de pista de pouso e decolagem previsto e o existente considerando a estimativa do seu planejamento. Para adequação da métrica DNL, este RBAC 161/2013 considera como período noturno, os estabelecidos entre as 22hs e as 07hs do horário local e ainda considera as características físicas e operacional do aeródromo onde deverão conter no mínimo as informações número de movimentos por cabeceira e tipo de aeronaves que serão utilizadas na geração das curvas de ruído, incluindo os respectivos pesos de decolagem;

Para que haja a validação das curvas de ruído para PEZR, o operador do aeródromo deverá encaminhar a ANAC os seguintes documentos:

- Relatório técnico, em formato impresso e eletrônico, assinado pelo profissional responsável, contendo a memória de cálculo das cinco curvas de ruído e a justificativa para os dados de entrada;
- Arquivos, em mídia eletrônica, gerados pelo programa computacional usado no cálculo das cinco curvas de ruído;
- Planta, nos formatos eletrônico e impresso, em escala que possibilite a identificação de ruas e lotes da região, contendo os seguintes itens, no mínimo:
 - Localização das pistas de pouso e decolagem;
 - Limites do sítio aeroportuário;

- As curvas de ruído de 85 dB, 80 dB, 75 dB, 70 dB e 65 dB;
- Localização dos pontos de testes de motor;
- Escala gráfica;
- Legenda contendo os dados de entrada fundamentais para a elaboração das curvas.

Para a compatibilização do uso do solo, tanto para o PBZR como para o PEZR, deve fazer constar do Plano os usos do solo Compatíveis e Incompatíveis para as áreas por ele abrangidas, conforme apresentado nas tabelas abaixo.

Tabela 4 - Usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas por PBZR

Uso do Solo	Nível de ruído médio dia-noite (dB)		
	Abaixo de 65	65 – 75	Acima de 75
Residencial			
Residências uni e multifamiliares	S	N (1)	N
Alojamentos temporários (exemplos: hotéis, motéis e pousadas ou empreendimentos equivalentes)	S	N (1)	N
Locais de permanência prolongada (exemplos: presídios, orfanatos, asilos, quartéis, mosteiros, conventos, apart-hotéis, pensões ou empreendimentos equivalentes)	S	N (1)	N
Usos Públicos			
Educacional (exemplos: universidades, bibliotecas, faculdades, creches, escolas, colégios ou empreendimentos equivalentes)	S	N (1)	N
Saúde (exemplos: hospitais, sanatórios, clínicas, casas de saúde, centros de reabilitação ou empreendimentos equivalentes)	S	30	N
Igrejas, auditórios e salas de concerto (exemplos: igrejas, templos, associações religiosas, centros culturais, museus, galerias de arte, cinemas, teatros ou empreendimentos equivalentes)	S	30	N
Serviços governamentais (exemplos: postos de atendimento, correios, aduanas ou empreendimentos equivalentes)	S	25	N
Transportes (exemplos: terminais rodoviários, ferroviários, aeroportuários, marítimos, de carga e passageiros ou empreendimentos equivalentes)	S	25	35
Estacionamentos (exemplo: edifício garagem ou empreendimentos equivalentes)	S	25	N
Usos Comerciais e serviços			
Escritórios, negócios e profissional liberal (exemplos: escritórios, salas e salões comerciais, consultórios ou empreendimentos equivalentes)	S	25	N
Comércio atacadista - materiais de construção, equipamentos de grande porte	S	25	N
Comércio varejista	S	25	N

Tabela 5 - Usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas por PBZR “(Cont.)”

Serviços de utilidade pública (exemplos: cemitérios, crematórios, estações de tratamento de água e esgoto, reservatórios de água, geração e distribuição de energia elétrica, Corpo de Bombeiros ou empreendimentos equivalentes)	S	25	N
Serviços de comunicação (exemplos: estações de rádio e televisão ou empreendimentos equivalentes)	S	25	N
Usos Industriais e de Produção			
Indústrias em geral	S	25	N
Indústrias de precisão (Exemplo: fotografia, óptica)	S	25	N
Agricultura e floresta	S	S (3)	S (4)
Criação de animais, pecuária	S	S (3)	N
Mineração e pesca (exemplo: produção e extração de recursos naturais)	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 ou empreendimentos equivalentes	S	S	N
Campos de golf, hípicas e parques aquáticos	S	25	N

Após registrado o PZR na ANAC cabe ao operador do aeródromo juntamente com o município compatibilizar o uso do solo abrangido pelas curvas de ruído assim como a comunicação do entorno e para os aeródromos que venham a ter o PEZR, cabe ao operador instituir uma Comissão de Gerenciamento de Ruído Aeronáutico – CGRA que deverão ser reunir a cada 12 meses para:

- Estudar, propor e implementar no seu âmbito de atuação, medidas para mitigar o impacto do ruído aeronáutico no entorno de seu aeródromo sempre que identificar atividades incompatíveis com o nível de ruído previsto no PZR;
- Disponibilizar canais de comunicação para recolhimento de informações e recebimento de reclamações relativas ao ruído aeronáutico, visando identificar os locais mais críticos, além de embasar as ações para mitigação do problema;
- Realizar reuniões periódicas com representantes da população afetada com o objetivo de informar e orientar sobre o PZR;
- Elaborar um mapa para o aeródromo, baseado nas informações e reclamações recebidas, indicando os locais mais sensíveis ao ruído aeronáutico;
- O mapa deve ser utilizado para escolha de pontos de monitoramento de ruído, conforme o estabelecido na seção 161.55, e de locais para implementação de medidas mitigadoras específicas;
- Elaborar e acompanhar o projeto de monitoramento de ruído, quando couber, conforme o estabelecido na seção de monitoramento de ruído.

Tabela 5 - Usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas por PEZR

Uso do Solo	Nível de Ruído Médio dia-noite (dB)					
	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 (exemplos: hotéis, motéis e pousadas ou empreendimentos equivalentes)	S	N (1)	N (1)	N (1)	N	N
Locais de permanência prolongada (exemplos: presídios, orfanatos, asilos, quartéis, mosteiros, conventos, apart-hotéis, pensões ou empreendimentos equivalentes)	S	N (1)	N (1)	N	N	N
Usos Públicos						
Educacional (exemplos: Universidades, bibliotecas, faculdades, creches, escolas, colégios ou empreendimentos equivalentes)	S	N (1)	N (1)	N	N	N
Saúde (exemplos: hospitais, sanatórios, clínicas, casas de saúde, centros de reabilitação ou empreendimentos equivalentes)	S	25	30	N	N	N
Igrejas, auditórios e salas de Concerto (exemplos: igrejas, templos, associações religiosas, centros culturais, museus, galerias de arte, cinemas, teatros ou empreendimentos equivalentes)	S	25	30	N	N	N
Serviços governamentais (exemplos: postos de atendimento, correios, aduanas ou empreendimentos equivalentes)	S	S	25	30	N	N
Transportes (exemplos: terminais rodoviários, ferroviários, aeroportuários, marítimos, de carga e passageiros ou empreendimentos equivalentes)	S	S	25	30	35	35
Estacionamentos (exemplo: edifício garagem ou empreendimentos equivalentes)	S	S	25	30	35	N
Usos Comerciais e serviços						
Escritórios, negócios e profissional liberal (exemplos: escritórios, salas e salões comerciais, consultórios ou empreendimentos equivalentes)	S	S	25	30	N	N
Comércio atacadista - materiais de construção, equipamentos de grande porte	S	S	25	30	35	N
Comércio varejista	S	S	25	30	N	N
Serviços de utilidade pública (exemplos: cemitérios, crematórios, estações de tratamento de água e esgoto, reservatórios de água, geração e distribuição de energia elétrica, Corpo de Bombeiros ou empreendimentos equivalentes)	S	S	25	30	35	N
Serviços de comunicação (exemplos: estações de rádio e televisão ou empreendimentos equivalentes)	S	S	25	30	N	N
Usos Industriais e de Produção						
Indústrias em geral	S	S	25	30	35	N
Indústrias de precisão (Exemplo: fotografia, óptica)	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 (Exemplo: produção e extração de recursos	S	S	S	S	S	S

Tabela 5 - Usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas por PEZR “(Cont.)”

naturais)						
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 zoológicos	S	S	N	N	N	N
Parques, parques de diversões, acampamentos ou empreendimentos equivalentes	S	S	S	N	N	N
Campos de golf, hípcas e parques aquáticos	S	S	25	30	N	N

Notas das Tabelas E-1 e E-2:

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

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

25, 30, 35 = usos do solo e edificações relacionadas geralmente compatíveis. Medidas para atingir uma redução de nível de ruído – RR de 25, 30 ou 35 dB 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 RR de pelo menos 25 dB.

(2) Edificações residenciais requerem uma RR de 25 dB.

(3) Edificações residenciais requerem uma RR de 30 dB.

(4) Edificações residenciais não são compatíveis.

Esta RBAC se diferencia pois estabelece que o operador do aeródromo que apresente média anual de movimento de aeronave nos últimos três anos acima de 120.000 (cento e vinte mil) e que possua regiões de uso residencial ou misto em mais de 50% das áreas definidas pelas curvas de ruído 65-75, 75-80 e 80-85 e acima de 85 dB de seu PEZR, isoladas ou conjuntamente, deverá apresentar à ANAC, para análise e aceitação, um projeto de monitoramento de ruído.

II.2.7 – Diretiva Europeia 2002/49/CE

O Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia, em 25 de junho de 2002 publicou a Diretiva 2002/49/CE, que considera a proteção ao ruído como um dos objetivos a serem atingidos de forma que possa atingir um elevado nível de proteção à saúde e do

ambiente. Neste sentido a CE¹⁵ trata esta diretiva como uma abordagem comum para evitar, prevenir, ou reduzir os efeitos prejudiciais a exposição do ruído ambiente e seus incômodos decorrentes.

Na resolução de 10 de Junho de 1997¹⁶ já havia exigências para que fosse tomada medidas concretas para a redução do ruído. Nesta mesma diretiva, a CE comunica que deverão ser adotados um indicador e uma metodologia comum para os transportes aéreos para todos os Estados-Membros, embora esta diretiva contemple também as principais fontes de ruído como, as emitidas por veículos e infraestruturas rodoviárias e ferroviárias, aeronaves, equipamento industrial e de exterior e máquina móvel.

Os Planos de Ação deverão contemplar medidas a serem adotadas a curto, médio e longo prazo e terão que ser aprovados pelos Estados-Membros da CE. Excluem-se desta diretiva o ruído proveniente de atividades domésticas, ruídos produzidos por vizinhos, ruídos em local de trabalho, os ruídos do interior dos meios de transportes e ruídos em zonas militares.

Como indicadores, a diretiva, informa que o L_{den} é o indicador para avaliar o incomodo e o L_{night} para avaliar a perturbação do sono, mas também orienta aos Estados-Membros que podem se utilizar outros indicativos como suplementar aos indicadores oficiais. Em se tratando de mapa de ruído, a obrigatoriedade só se faz presente para determinadas zonas de interesse. A nível de publicação, se faz necessário selecionar os canais de informação necessário para divulgação do ruído ambiental e seus efeitos.

Esta diretiva tem algumas definições e entre elas, foi importante destacar:

- Efeitos prejudiciais – efeitos nocivos para a saúde humana;
- Incomodo – grau gerado pelo ruído ambiente sobre a população, determinado por meio de levantamentos no terreno;
- Indicador de Ruído – escala física para a descrição do ruído ambiente que tenha uma relação com o efeito prejudicial;
- Relação Dose-Efeito – relação entre o valor de um indicador de ruído e um efeito prejudicial;
- Aglomeração – população superior a 100.000 habitantes e considerada urbanizada pelos Estado-Membro;

¹⁵ CE – Comunidade Europeia

¹⁶ JO C 200 de 30.6.1997, p. 28

- Zona tranquila de aglomeração – zonas delimitadas por autoridades cujos índices de ruído (principalmente o L_{den}) não ultrapasse os limites estabelecidos pelo Estado-Membro;
- Zona tranquila em campo aberto – zona sem perturbação de ruído provocado por tráfego, indústria ou atividades recreativas;
- Grande Eixo Rodoviário – estrada regional, nacional ou internacional designada pelo Estado-Membro com fluxo de mais de 3 milhões de passagens de veículo por ano;
- Grande Eixo Ferroviário – Estrada férrea designada pelo Estado-Membro com mais de 30 mil passagens de comboio¹⁷ por ano;
- Grande Aeroporto – aeroporto civil designado pelo Estado-Membro com mais de 50 mil movimentos¹⁸ por ano.

O Anexo I da Diretiva 2002/49/CE estabelece os indicadores de ruído e o Anexo II, os métodos avaliativos dos indicadores de ruído. Portanto, o indicador de ruído que avalia o incómodo (L_{den} – Indicador de fim de tarde - noite) é conhecido pela expressão:

$$L_{den} = 10 \log \frac{1}{24} \left(12 \times 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \times 10^{\frac{L_{evening+5}}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_{night+10}}{10}} \right) \quad (2)$$

Onde,

L_{day} – é o nível sonoro médio de longa duração, ponderado A, determinado por todos os períodos diurnos de um ano;

$L_{evening}$ – é o nível sonoro médio de longa duração, ponderado A, determinado por todos os períodos vespertinos de um ano;

L_{night} - é o nível sonoro médio de longa duração, ponderado A, determinado por todos os períodos noturnos de um ano;

Considera-se ainda:

Que o dia tem 12hs, o fim de tarde tem 04hs e a noite tem 08hs, entendimento modificado pelo Regulamento Geral dos Ruídos em 2007. Os Estados-Membros poderão aumentar em 1 (uma) ou 2 (duas) horas o horário diurno ou noturno encurtando assim o período vespertino, mas para isso todas as informações a serem fornecidas para a Comissão

¹⁷ Comboio em Portugal tem o mesmo significado que Trem no Brasil

¹⁸ Movimentos – Neste caso, trata-se uma decolagem ou aterrisagem como 1 (um) movimento

deverão ser as mesmas para todas as fontes. Para as situações omissas, considera-se que o período diurno se inicia as 07hs e finaliza as 19hs, o período vespertino se inicia as 19hs e finaliza as 23hs e o período noturno se inicia as 23hs e finaliza as 07hs.

Faz-se necessário uma atenção ao cálculo da média durante um ano pois a flutuações das emissões e da propagação podem contribuir para as flutuações ao longo do ano. Para os indicadores de longa duração, os Estados-Membros podem utilizar seus métodos nacionais mas tem que adaptar ao estabelecido pela Diretiva 2002/49/CE e aos Estados-Membros que não possuam método próprio nacional ou que desejam mudar de método, recomenda-se:

- Ruído Industrial – ISO 9613-2: Acoustics – Attenuation of sound propagation outdoors, Part 2: General method of calculation;
- Ruído de Aeronaves – ECAC/CEAC Doc. 29 – Report on Standard Method of Computing Noise Countours around Civil Airport, 1997;
- Ruído do Tráfego Rodoviários – Método do cálculo francês – NMPB-Routes-96;
- Ruído do Tráfego Ferroviário – Método de cálculo nacional - Standaard-Rekenmethode II.

Para a avaliação dos efeitos sobre saúde deve-se utilizar a relação dose-efeito sobre a população e deverão referir-se nomeadamente:

- Relação entre incomodo e o L_{den} ;
- Relação entre a perturbação do sono e o L_{night} .

O Anexo I demonstra os requisitos mínimos para os mapas de ruídos estratégicos.

II.2.8 – Regulamento Geral sobre o Ruído - Decreto-Lei N.º 09/2007 (Portugal)

A transposição da diretiva Europeia 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de junho, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente, tornou premente proceder o ajustamento ao regime legal sobre a poluição sonora em Portugal, sendo aprovado em conformidade o Decreto – Lei nº 09/2007, de 17 de janeiro, do qual faz parte o Regulamento Geral do Ruído – RGR.

O RGR, aplica-se as atividades ruidosas permanentes, temporárias e outras fontes de ruídos sempre estabelecendo a prevenção e o controle da poluição sonora visando o bem-estar e a saúde humana. Diferentemente da Diretiva 2002/49/CE, esta regulamentação agora aplica-

se ao ruído de vizinhança, não prejudicando as legislações especiais nos locais de trabalho, certificação acústicas de aeronaves, emissões sonoras de veículos motores e outras. Exclui-se a sinalização sonora de dispositivos de segurança relativos a infraestrutura de transporte ferroviário. Neste sentido, o RGR alterou os indicadores de ruído para a prevenção e controle nos termos da Constituição da República Portuguesa e da Lei de Bases do Ambiente, assim o L_{den} é expresso:

$$L_{den} = 10 \log \frac{1}{24} \left(13 \times 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_{evening+5}}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_{night+10}}{10}} \right) \quad (3)$$

Onde,

L_{day} – é o nível sonoro médio de longa duração, ponderado A, determinado por todos os períodos diurnos de um ano;

$L_{evening}$ – é o nível sonoro médio de longa duração, ponderado A, determinado por todos os períodos vespertinos de um ano;

L_{night} - é o nível sonoro médio de longa duração, ponderado A, determinado por todos os períodos noturnos de um ano;

Considera-se ainda:

Que o dia tem 13hs, o fim de tarde tem 03hs e a noite tem 08hs.

No que tange as definições apresentada no seu Art. 3º, seguem as mesmas definidas na Diretiva 2002/49/CE, e acrescenta ainda outras definições, como:

- Ruído de Vizinhança – ruído associado ao uso habitacional, produzidos diretamente ou por intermédios de outrem, sobre sua responsabilidade, podendo ser de origem animal, que pela duração, intensidade ou repetição afete a saúde pública ou a tranquilidade da vizinhança;
- Zona Mista – área definida em plano municipal, cuja ocupação se destine a outros usos, existentes ou previstos, além dos definidos da zona sensível;
- Zona Sensível – área definida em plano municipal, destinada ao uso habitacional, ou escola, hospitais ou similares, ou espaço de lazer;
- Zona Urbana Consolidada – zona sensível ou mista estável em termos de edificações.

As fontes de ruído susceptíveis de causar incomodo podem ainda ser submetidas a:

- Ao regime de avaliação de impacto ambiental ou parecer prévio;
- Licença especial de ruído;
- A Caução¹⁹;
- Medidas cautelares.

Compete aos municípios, assegurar a qualidade do ambiente sonoro e estabelecer os planos e a classificação das zonas sensíveis e zonas mistas e ainda tem atribuição de ordenamento quanto a ocupação dos solos verificando a existência de infraestrutura de transportes existentes ou planejadas para o futuro.

Fica a critério das câmaras municipais a elaboração dos mapas de ruídos para embasar os planos diretores dos municípios. Os mapas deverão obedecer a Diretiva 2002/49/CE onde estabelece os indicadores L_{den} e L_{night} sempre considerando uma altura de 4m em relação ao solo e sua obrigatoriedade se faz necessário para aglomerações com população residente superior a 100.000 habitantes e uma densidade populacional superior a 2.500 habitantes por km².

No Capítulo III da RGR (2007) fica regulado a produção de ruído e estabelece limites de exposição em função de sua classificação em zonas mista, ou sensível, e em zonas não classificadas conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Limite de Exposição, segundo RGR/2007 p.393

Tipo de Zona	L_{den} dB (A)	L_{night} dB (A)
Zona Mista	≤65	≤55
Zona Sensível	≤55	≤45
Zona Sensível com exploração nas proximidades de Grande infraestrutura de Transporte	≤55	≤55
Zona Sensível com projeção ou revisão do plano municipal nas proximidades de Grande infraestrutura de Transporte Aérea	≤65	≤55
Zona Sensível com projeção ou revisão do plano municipal nas proximidades de Grande infraestrutura de Transporte não Aérea	≤60	≤50
Zona não classificada	≤63	≤53

Fonte: RGR de 2007

¹⁹ Caução - **1** Depósito de valores para garantia de um contrato ou para tornar efetiva a responsabilidade de um encargo. **2** Garantia, segurança, responsabilidade. **3** Penhor – Fonte: Dicionário Michaelis

As grandes infraestruturas de transporte aéreo devem se adaptar as medidas que permitam cumprir os limites estabelecidos pelo art. 11º, tendo como resumo a Tabela 6. Os aeroportos e aeródromos não abrangidos pelo Decreto-Lei N.º 293/2003, de 19 de novembro²⁰; são proibidos de decolar e aterrissar entre os horários de 00hs e 06hs salvo por motivo de força maior. O governo pode através de portarias permitir a decolagem e aterrissagem durante este período proibitivo, desde que o aeroporto ou aeródromo possua algum dispositivo de monitorização e simulação do ruído que permita fazer a relação com o L_{den} e L_{night} .

Para que esta regulamentação tenha efeito prático, ficou estabelecido no seu Art.26 a competência de fiscalização como:

- À Inspeção Geral do Ambiente e do Ordenamento do Território;
- À entidade responsável pelo licenciamento ou autorização de atividade;
- Às Comissões de coordenação e desenvolvimento regional;
- Às câmaras municipais e polícia municipal
- Às autoridades policias e polícia municipal em relação as atividades ruidosas temporárias;
- Às autoridades policias relativos a veículo rodoviários, sistema sonoro de alarme e ruído de vizinhança.

II.2.9 – Decreto Lei N.º 146/2006 (Portugal)

Como a prevenção e controle da poluição sonora constituem um dos objetivos fundamentais para saúde e do ambiente e em conjunto com a perspectiva da Diretiva n.º 2002/49/CE que tem como objetivo prevenir e reduzir os efeitos prejudiciais da exposição ao ruído ambiente foi promovido uma audição à Assembleia Legislativa da Região Autónoma do Açores, Assembleia Legislativa da Região da Madeira e Associação Nacional de Municípios Portugueses e aprovaram o Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de julho, no qual determina a elaboração de mapas estratégicos de ruído que determinam a exposição ao ruído ambiente

²⁰ O presente diploma estabelece as regras e os procedimentos para a introdução de restrições de operação relacionadas com o ruído nos aeroportos, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva 2002/30/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 26 de março.

exterior, com base em métodos de avaliação harmonizados ao nível da UE; a prestação de informação ao público sobre o ruído ambiente e seus efeitos; a aprovação de planos de ação baseados nos mapas estratégicos de ruído a fim de prevenir e reduzir o ruído ambiente sempre que necessário e em especial, quando os níveis de exposição sejam susceptíveis de provocar efeitos prejudiciais para a saúde humana e de preservar a qualidade do ambiente acústicos.

No seu art. 4º, o Decreto-Lei estabelece que compete aos municípios elaborar, aprovar, alterar os mapas estratégicos de ruído e os planos de ação para as aglomerações.

Fica ratificado que os indicadores de ruído a serem utilizados serão L_{den} e o L_n , admitindo-se indicadores suplementares. O método a ser adotado para avaliação dos efeitos sobre a saúde será pela dose-efeito onde deve-se referir entre o incomodo criado e o indicador L_{den} e a relação entre as perturbações do sono e o indicador L_n podendo ainda acrescentar relações dose-efeito específicas para:

- Habitações com isolamento específico;
- Habitações com fachada pouco exposta;
- Diferente clima/cultura;
- Grupos vulneráveis da população;
- Ruído industrial tonal²¹;
- Ruído industrial impulsivo;
- Outros casos especiais.

II.2 – Classificação

Na aviação civil, existe basicamente duas classificações que são as realizadas pela IATA (International Air Transport Association) e pela ICAO (International Civil Aviation Organization). A IATA é responsável em gerar códigos de 03 (três) dígitos alfabéticos para os nomes de todos aeroportos pelo mundo que serve para identificar por exemplo o local de origem e destino nas passagens, identificar bagagens, e aplicações eletrônicas que foram desenvolvidas para codificar o tráfego de passageiros e cargas no mundo inteiro, porém se observou que além dos aeroportos as companhias aéreas, assim com as companhias

²¹ Ruído Tonal é o considerado caso se verifique, no espectro de um terço de oitava e medindo com ponderação de malha A, que o nível sonoro de uma banda excede o das adjacentes em 5dB (A) ou mais.

ferroviárias e ônibus, precisam de um código para sua identificação, neste sentido a IATA estabeleceu um código de 02 (dois) dígitos chamados de contabilísticos (PAX) e um código também de 02 (dois) dígitos chamados de código de prefixo da companhia. Normalmente esses dois códigos costumam ser iguais.

A Tabela 7 mostra os códigos IATA para os principais aeroportos das capitais brasileiras e a Tabela 8 mostra os códigos dos principais aeroportos no mundo. A Tabela 9 mostra os códigos das principais companhias aéreas brasileiras e a Tabela 10 mostra as principais companhias do internacionais que operam no Brasil. Em seu site, a IATA (www.iata.org) oferece um serviço de busca onde todos os seus códigos de 03 (três) ou 02 (dois) dígitos podem ser consultados.

Tabela 7 - Principais Aeroportos das capitais brasileira e seus códigos IATA

Estado	Aeroporto	Iata Code	Estado	Aeroporto	Iata Code
Acre	Rio Branco	RBR	Minas Gerais	Confins	CNF
				Pampulha	PLU
Alagoas	Maceió	MCZ	Paraná	Curitiba	CWB
Amapá	Macapá	MCP	Pernambuco	Recife	REC
Amazonas	Manaus	MAO	Piauí	Teresina	THE
Bahia	Salvador	SSA	Rio de Janeiro	Galeão	GIG
				Santos Dumont	SDU
Ceará	Fortaleza	FOR	Rio Grande do Norte	Natal	NAT
Distrito Federal	Brasília	BSB	Rio Grande do Sul	Porto Alegre	POA
Espirito Santo	Vitória	VIX	Rondônia	Porto Velho	PVH
Goiás	Goiânia	GYN	Roraima	Boa Vista	BVB
Maranhão	São Luiz	SLZ	Santa Catarina	Florianópolis	FLN
Mato Grosso	Cuiabá	CGB	São Paulo	Congonhas	CGH
				Guarulhos	GRU

Tabela 7 - Principais Aeroportos das capitais brasileira e seus códigos IATA “(Cont.)”

Mato Grosso do Sul	Campo Grande	CGR	Sergipe	Sergipe	AJU
Pará	Belém	BEL	Tocantins	Palmas	PMW
Paraíba	João Pessoa	JPA			

Fonte: IATA

Tabela 8 - Principais Aeroportos mundiais e seus códigos IATA

País	Aeroporto	Iata Code	País	Aeroporto	Iata Code
Estados Unidos	Hartsfield Jackson Atlanta International	ATL	Reino Unido	London Heathrow	LHR
	Chicago International O’Hare	ORD	Japão	Tokyo International	HND
	Los Angeles International	LAX	França	Charles de Gaulle International	CDG
	Dallas Fort Worth International	DFW	Indonésia	Soekarno-Hatta International	CGK
	Denver International	DEN	Emirados Árabes	Dubai International	DXB
	John F Kennedy International	JFK	Alemanha	Frankfurt am Main International	FRA
	San Francisco International	SFO		Munich International	MUC
	Charlotte Douglas International	CLT	Hong Kong	Hong Kong International Kai Tak	HKG
	McCarran International	LAS	Tailândia	Suvarnabhumi	BKK
	Phoenix Sky Harbor International	PHX	Singapura	Singapore Changi International	SIN
	George Bush Intercontinental Houston	IAH	Holanda	Amsterdam Schiphol	AMS
	Miami International	MIA	Espanha	Madrid Barajas International	MAD
China	Beijing Capital International	PEK	Turquia	Atatürk International	IST

Tabela 8 - Principais Aeroportos mundiais e seus códigos IATA “(Cont.)”

	Guangzhou International	Baiyun	CAN	Malásia	Kuala International	Lumpur	KUL
	Shanghai International	Pudong	PVG	Coreia do Sul	Incheon International		ICN

Fonte: IATA

Tabela 9 - Códigos IATA das principais companhias aéreas brasileira

Companhia Aérea	Iata Code	PAX	Código de Prefixo	Companhia Aérea	Iata Code	PAX	Código de Prefixo
Azul	AD	577	577	TAM	JJ	957	957
Gol	G3	127	127	Passaredo	2Z	678	-

Fonte: IATA

Tabela 10 - Código IATA das principais companhias internacionais que operam no Brasil

Companhia Aérea	IATA Code	PAX	Código de Prefixo	Companhia Aérea	IATA Code	PAX	Código de Prefixo
Aerolineas Argentinas	AR	044	044	Ethiopian	ET	071	071
AeroMéxico	AM	139	139	Etihad	EY	607	607
Air Canada	AC	014	014	Iberia	IB	075	075
Air China	CA	999	-	KLM	KL	074	074
Air Europe	V9	-	-	Korean	KE	180	180
Air France	AF	057	057	Lufthansa	LH	220	220
Alitalia	AZ	055	055	Qatar	QR	157	157
American Airlines	AA	001	001	Royal Air Maroc	AT	147	147
Austral	AU	143	143	Singapore Air Lines	SQ	618	618
Avianca	AV	134	134	Sky Airline	H2	605	605
Boliviana de Aviacion	OB	930	930	South Africa	AS	083	083

Tabela 10 - Código IATA das principais companhias internacionais que operam no Brasil “(Cont.)”

British Airways	BA	125	125	Swiss Airlines	LX	724	724
Copa Airlines	CM	230	230	TAAG	DT	118	118
Delta Air lines	DL	006	006	TAP Portugal	TP	047	047
Emirates	EK	176		Turkish Airlines	TK	235	235

Fonte: IATA

Segundo o ICAO (2012, p. 1) se atribui um código para o transporte aéreo comercial no qual é estabelecido o esquema de 04 (quatro) dígitos sendo que a primeira letra para o continente de um país, a segunda letra representa a identificação desse país, e a terceira e quarta letra identificam o aeroporto, tendo com exceção se dá para os países maiores onde é necessário apenas uma letra para identificar o país e as outras letras identificam os aeroportos. Por exemplo, SBMQ, quer dizer que o “S” identifica a América Latina, “B” é a identificação do Brasil junto ao ICAO e “MQ” é o código de identificação do Aeroporto Internacional de Macapá. Esses códigos são únicos e garantem a não duplicidade dos mesmos e o controle do tráfego aéreo e sistemas das companhias aéreas e operações. Nem todos os aeroportos possuem códigos ICAO, haja vista que existe uma limitação do seu uso, já que apenas duas letras identificam a localização, elas passam a ter uma combinação máxima de 676 possibilidade de localização. Alguns exemplos excludentes dos códigos ICAO são os helipontos, aeroporto privados e aeródromos domésticos. Assim, a Tabela 11 mostra os códigos ICAO para os aeroportos de todas as capitais brasileiras e a Tabela 12 mostra os códigos dos principais aeroportos internacionais.

Tabela 11 - Código ICAO dos aeroportos das capitais brasileiras

Estado	Aeroporto	ICAO Code	Estado	Aeroporto	ICAO Code
Acre	Rio Branco	SBRB	Minas Gerais	Confins	SBCF
				Pampulha	SBBH
Alagoas	Maceió	SBMO	Paraná	Curitiba	SBCT
Amapá	Macapá	SBMQ	Pernambuco	Recife	SBRF

Tabela 11 - Código ICAO dos aeroportos das capitais brasileiras “(Cont.)”

Amazonas	Manaus	SBEG	Piauí	Teresina	SBTE
Bahia	Salvador	SBSV	Rio de Janeiro	Galeão	SBGL
				Santos Dumont	SBRJ
Ceará	Fortaleza	SBFZ	Rio Grande do Norte	Natal	SBNT
Distrito Federal	Brasília	SBBR	Rio Grande do Sul	Porto Alegre	SBPA
Espirito Santo	Vitória	SBVT	Rondônia	Porto Velho	SBPV
Goiás	Goiânia	SBGO	Roraima	Boa Vista	SBBV
Maranhão	São Luiz	SBSL	Santa Catarina	Florianópolis	SBXF
Mato Grosso	Cuiabá	SBCY	São Paulo	Congonhas	SBSP
				Guarulhos	SBGR
Mato Grosso do Sul	Campo Grande	SBCG	Sergipe	Sergipe	SBAR
Pará	Belém	SBEE	Tocantins	Palmas	SBPJ
Paraíba	João Pessoa	SBJP			

Fonte: Portal de Tecnologia da Informação para meteorologia <disponível em <http://bancodedados.cptec.inpe.br/tabelaestacoes/faces/estacoesprestado.jsp>>

Tabela 12 - Código ICAO dos principais Aeroportos Internacionais

País	Aeroporto	ICAO Code	País	Aeroporto	ICAO Code
Estados Unidos	Hartsfield Jackson Atlanta International	KATL	Reino Unido	London Heathrow	EGLL
	Chicago O’Hare International	KORD	Japão	Tokyo International	RJTT
	Los Angeles International	KLAX	França	Charles de Gaulle International	LFPG
	Dallas Fort Worth International	KDFW	Indonésia	Soekarno-Hatta International	WIII
	Denver International	KDEN	Emirados Árabes	Dubai International	OMDB
	John F Kennedy International	KJFK	Alemanha	Frankfurt am Main International	EDDF
	San Francisco International	KSFO		Munich International	EDDM

Tabela 12 - Código ICAO dos principais Aeroportos Internacionais “(Cont.)”

	Charlotte Douglas International	KCLT	Hong Kong	Hong Kong International Kai Tak	VHHH
	McCarran International	KLAS	Tailândia	Suvarnabhumi	VTBS
	Phoenix Sky Harbor International	KPHX	Singapura	Singapore Changi International	WSSS
	George Bush Intercontinental Houston	KIAH	Holanda	Amsterdam Schiphol	EHAM
	Miami International	KMIA	Espanha	Madrid Barajas International	LEMD
China	Beijing Capital International	ZBAA	Turquia	Atatürk International	LTBA
	Guangzhou Baiyun International	ZGGG	Malásia	Kuala Lumpur International	WMKK
	Shanghai Pudong International	ZSPD	Coreia do Sul	Incheon International	RKSI

Fonte: World Airport Codes <disponível em: <https://www.world-airport-codes.com/world-top-30-airports.html>>

CAPÍTULO III – METODOLOGIA

Para se chegar ao objetivo foram geradas as 5 curvas de ruído (75 dB, 70 dB, 65 dB, 60 dB e 55 dB) no software INM 7.0d (Integrated Noise Model) utilizado pela FAA (Federal Aviation Administration) até 2015, usando dados fornecidos pela Infraero e ajustados pelo grupo de pesquisa do Centro de Ensino Unificado de Brasília – UNICEUB, o que possibilitou elaborar os diversos mapas de ruído.

O INM embora tenha sido substituído pelo software AEDT (Aviation Environmental Design Tool), ainda é muito utilizado pelos cientistas nas avaliação e geração de curvas de ruído, desta forma, pode-se avaliar ruídos de novas e ou alterações de pistas, avalia ainda a demanda combinada com a frota do tráfego aéreo e em terra, avalia as rotas e procedimentos operacionais. Nessa perspectiva há possibilidade de estimar cenários futuros.

Por não ser um modelo acústico completo, pode haver diferenças entre os valores previstos, embora seu algoritmo esteja validado pelo SAE-AIR-1845.

O EUA utiliza o nível sonoro médio diurno-noturno para quantificar o ruído aeroportuário e as métricas adotadas são o DNL e o L_{den} . Entretanto, o nível sonoro médio diurno estabelecido pelo “Regulamento Federal da Aviação” em sua Part150 define o YDNL como a média anual (365 dias) e serve também para a métrica L_{den} .

Esta regulamentação permite que os dados operacionais obedeçam a (Part 150 Sec. A150.103(b)); assim como à atividade aeroportuária com médias diárias das operações, número de aeronaves, frota por faixa de voo diferenciadas pelos períodos de utilização (diurno, entardecer e noturno) e ainda assim separados por movimento de pouso e decolagem. O método ainda permite análises suplementares para diferentes épocas para avaliação de efeitos de variação sazonal.

Os cálculos realizados pelo INM são normatizados pelo Comitê de Ruído de Aviação da Sociedade de Engenheiros Automotivos (SAE – A-21), que são representados internacionalmente por fabricantes de aeronaves, empresas de engenharia, instituições de pesquisas, agencias regulamentadoras e outros. Para corroborar, o INM também contempla o Documento 29 da Conferência Europeia de Aviação Civil (ECAC) que é método a ser utilizado pela União Europeia para as imediações dos aeroportos civis além da circular 205 da ICAO.

O método adotado pelo INM leva em consideração:

- Os procedimentos para cálculo do Ruído do Avião na vizinhança dos Aeroportos – (SAE-AIR-1845);
- Os métodos para prever a atenuação lateral ruído do avião – SAE-AIR-5662;
- Os valores padrão de absorção Atmosférica como na avaliação de Temperatura e umidade – SAE-ARP-866A;
- Doc 29 do ECAC;
- Circular ICAO 205.

Para gerar as curvas no INM, foram considerados os tipos de equipamentos operados pelo Aeroporto Internacional de Macapá, o total de operações por equipamento e por período (diurno e noturno) do ano de 2015. Também considerou o percentual de operações por cabeceira de pista, tanto para decolagem como para pouso. As coordenadas do aeroporto e de suas cabeceiras, assim como suas elevações, temperatura de referência e a velocidade média do vento. As cartas de pouso e decolagem foram analisadas para determinar a orientação da rota de entrada e saída das aeronaves assim como outras cartas (ver Anexo III).

Assim, se compararam-se as curvas por duas métricas, uma utilizada pelo Brasil (DNL) e outra utilizada pela União Europeia (L_{den}), bem como o RBAC n° 161 e a diretiva Europeia 2002/49CE. A expressão utilizada para o Cálculo do DNL é:

$$DNL = 10 \times \log \left[\frac{1}{24} \times \left(15 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 9 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \right] \quad (4)$$

Para o cumprir as recomendações da Diretiva Europeia, a expressão usada para o L_{den} é:

$$L_{den} = 10 \times \log \left[\frac{1}{24} \times \left(12 \times 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \times 10^{\frac{L_{evening+5}}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_{night+10}}{10}} \right) \right] \quad (5)$$

Foram atendidas as recomendações da WHO (2011) ao se determinar o percentual de pessoas com sono altamente perturbado (%HSD – Highly Sleep-Disturbance) com distúrbio no sono (%SD – Sleep Disturbed) e com sono pouco perturbado (%LSD – little Sleep Disturbed).

Para chegar ao %HSD, utilizou-se a expressão:

$$\%HSD = 18,147 - 0,956 \times L_n + 0,01482 \times (L_n)^2 \quad (6)$$

Para chegar ao %SD, utilizou-se a expressão

$$\%SD = 13,714 - 0,807 \times L_n + 0,01555 \times (L_n)^2 \quad (7)$$

E para o %LSD, utilizou-se a expressão:

$$\%LSD = 4,465 - 0,411 \times L_n + 0,01395 \times (L_n)^2 \quad (8)$$

Foram simulados 3 cenários diferentes para a métrica DNL e 1 cenário para a métrica L_{den} conforme Tabela 13. Na verdade, para a análise dos cenários futuros, privilegiou-se a simulação do DNL em detrimento do L_{den} uma vez que o DNL é a métrica adotada no Brasil.

Tabela 13 - Quantitativo de Simulações

	Simulação 01	Simulação 02	Simulação 03	Simulação 04
Métrica	DNL	L_{den}	DNL + 50%	DNL + 100%
Ano Base	2015	2015	Sem Previsão	Sem Previsão

Para a simulação 01, foi utilizado a métrica DNL recomendada para gerar as curvas isofônicas conforme RBAC n°161, sendo os dados utilizados foram fornecidos pela administradora do aeródromo, o Infraero. Os dados solicitados foram:

- a) Nome do aeródromo;
- b) Designador ICAO;
- c) Operador aeroportuário;
- d) Coordenadas geográficas do aeródromo²²;
- e) Elevação do aeródromo;
- f) Temperatura de referência do aeródromo;
- g) Velocidade média do vento;
- h) Movimento de decolagem por cabeceira para voos regulares;
- i) Movimento de decolagem por cabeceira para voos gerais;

²² Foi utilizado o sistema de coordenada WGS84

- j) Movimento de pouso por cabeceira para voos regulares;
- k) Movimento de pouso por cabeceira para voos gerais;
- l) Cabeceira usada para teste de motores;
- m) Número anual de movimento de pouso e decolagem para voos regulares;
- n) Número anual de movimento de pouso e decolagem para voos gerais;
- o) Porcentagem de voos diurnos;
- p) Porcentagem de voos noturnos;
- q) Número das cabeceiras e suas respectivas coordenadas e altitudes;
- r) Porcentagem de uso das cabeceiras para pouso e decolagem;
- s) Rotas de saída por cabeceira;
- t) Rotas de entrada por cabeceira;
- u) Frota que opera no aeródromo;
- v) Quantidade de voos diurnos e noturnos por equipamento da frota.

Para a simulação 02 foram considerados os mesmos dados da simulação 01, mas com a métrica L_{den} .

Para a simulação 03 foi considerado um cenário futuro, onde manteve-se percentualmente os movimentos (pouso e decolagem) nas cabeceiras, mas estimou-se 50% a mais nas operações sem tempo estimado

Para a simulação 04 foi considerado um cenário futuro, onde estimou-se da mesma forma da simulação 03, mas com acréscimo de 100% nos movimentos.

Para a geração dos mapas das curvas de ruído foi utilizado o software QGIS, versão 2.18.2, no qual se utilizou dos shapefiles gerados pelo INM e conjuntamente com os mapas extraído do Google Earth Pró.

III.1 – Métricas Utilizadas.

III.1.1 – DNL

O Brasil utiliza a métrica DNL que foi desenvolvido por Wyle Acoustics Group em 1963, no qual, segundo Carvalho (2008) busca-se avaliar o potencial impacto do ruído e desenvolver recomendações que melhorem a poluição para a zona urbana ao redor do aeroporto. Este grupo desenvolveu um estudo chamado DNL (Day Night Average Noise Level), mas a FAA considera este estudo insuficiente para avaliar os impactos noturnos.

Segundo Silva (2013, p. 3) o método DNL perdeu sua precisão em quantificar o incomodo do ruído na população. Segundo Eller (2009 *cit.in* Silva 2013) o método não leva em consideração as características demográficas específicas de cada aeroporto e só contempla as variáveis técnicas. A métrica DNL é resultante do acumulo total do som, com bases geralmente anual em média logarítmica de 24hs e devido a medição noturno ser menor do que as do dia, penaliza a medição noturna em 10 dB (A) para compensar a irritação proveniente do distúrbio do sono, sendo expressa como:

$$DNL = 10 \times \log \left[\frac{1}{24} \times \left(15 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 9 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \right] \quad (9)$$

Onde,

24 – Corresponde a 24hs;

15 – Corresponde ao período diurno (15hs);

9 – Corresponde ao período noturno (9hs);

$L_{day} = L_d$ = indicador para o dia (7hs as 22hs);

$L_{night} = L_n$ = Indicador noturno (22hs as 07hs).

III.1.2 – L_{den}

É a métrica utilizada pela União Europeia no qual adiciona 5dB (A) no indicador do entardecer e 10dB (A) no indicador noturno. A equação que define é expressa:

$$L_{den} = 10 \times \log \left[\frac{1}{24} \times \left(13 \times 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_{evening+5}}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_{night+10}}{10}} \right) \right] \quad (10)$$

Onde,

24 – Corresponde a 24hs;

$L_{day} = L_d$ = indicador para o dia (7hs as 20hs);

$L_{evening}$ = Indicador para o entardecer (20hs as 23hs);

$L_{night} = L_n$ = Indicador noturno (23hs as 07hs).

CAPÍTULO IV – ESTUDO DE CASO

O Aeroporto Internacional de Macapá - Alberto Alcolumbre segundo a Infraero, iniciou na década de 30, no período da Segunda Guerra Mundial quando houve a necessidade estratégica dos Estados Unidos em construir suas bases militares no Atlântico Sul. Somente com a instalação da SAER (Serviços aeronáuticos) em 1953 é que foi constituído um posto onde havia um hangar e um avião “Bonanza Beechcraft A 36” e um campo de pouso. A pista oficial se localizava onde hoje é a principal via do centro da cidade, a Avenida FAB. Este avião tinha como função principal atender o governo local e paralelamente transportar medicamentos para o interior ou a própria população doente para a cidade de Belém.

Em 1956 foi criado pelo então governador Pauxi Nunes, o curso de piloto de aeronaves juntamente com o coronel Berlamino Bravo, da Força Aérea Boliviana. Em 1958 foi transferido a pista oficial da Av. FAB para onde atualmente é pista do Aeroporto Internacional de Macapá. Segundo a Infraero, hoje a área do Aeroporto é de 8 605 278,18m², mas em constantes mudanças pois tramita negociações do governo local para que parte dessa área seja cedida para o governo construir uma rodovia que iria interligar a zona norte com a zona oeste da capital.

O aeroporto possui apenas uma pista de aproximadamente 2 100m de comprimento e 45m de largura. Tem um pátio de aviação regular de 30 248m² e de 12 228m² de aviação geral, o que totaliza uma área de pátio de 42 476m² e tem um estacionamento de aviação regular para 8 (oito) posições e de 17 (dezessete) posições para aviação geral, conforme Figura 13. O terminal tem uma área de aproximadamente 5 382,83 m² e com uma capacidade de 2,1 milhões de passageiros por ano e possui um estacionamento com capacidade de 194 veículos.

O aeroporto possui a sigla na ICAO (International Civil Aviation Organization) SBMQ e pela IATA (International Air Transport Association) MCP. Encontra-se hoje dentro de uma área urbana, com poucas opções de acesso. Segundo a Infraero, após a ampliação que se encontra em fase de execução, o aeroporto passará a ter 8,4 milhões de passageiros por ano. Confirmando assim as projeções do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, onde o número de passageiros deverá triplicar em um prazo de 20 anos. Atualmente o aeroporto recebe voos das empresas Azul (www.voegol.com.br) Gol (www.voegol.com.br) e pela Tam (www.tam.com.br) com voos regulares.

A aeroporto ainda é dotado de infraestrutura que contempla os serviços da Agência de Defesa Inspeção Agropecuária do Amapá (DIAGRO) um posto da Policia Federal, um posto do Juizado da Infância e Juventude, um posto da Agencia Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA – www.anvisa.gov.br) um posto da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC – www.anac.gov.br).



Figura 13 - Vista do Aeroporto Internacional de Macapá - Alberto Alcolumbre

A abordagem foi de forma comparativa com a legislação brasileira e a diretiva europeia, com duas métricas diferentes, a DNL que é a métrica oficial utilizada pelo Brasil e a métrica L_{den} que é a métrica utilizada pela Europa. A inexistência de estudos mais específicos e aprofundados, levaram ao Brasil estabelecer limites máximos, através de experiência internacional (Abdala, 2005) e estabelece no PZR até cinco curvas de ruídos conforme último (RBAC n°161, 2013).

Aumentando ainda a exigência brasileira, o (RBAC n°161, 2013, p. 15) no seu item 161.51 afirma que, após registrado, o PZR deve-se fazer compatibilizações das curvas de ruído com o solo do município, podendo inclusive pôr restrições operacionais. O excesso de medidas não traduz um melhor controle do ruído aeronáutico mas confirma a falta de estudos

específicos nas diversas regiões continentais do Brasil, que pode levar erros devido as características e culturas diferentes.

A outra métrica a ser utilizada é a L_{den} que é a usada na União Europeia cuja diretiva 2002/49/EC estabelece seus parâmetros. Nesta métrica, se leva em consideração o L_{dia} que é o nível de pressão sonora avaliado para o período diurno, considerado entre as 07hs e 20hs, o L_e , o entardecer, considerado entre as 20hs e as 23hs, e o L_n , o noturno, considerado entre as 23hs e as 07hs com ponderações. Segundo Carvalho et al. (2013, p. 183) “(...) representa o nível de pressão sonora médio nas 24hs do dia, com aplicação de uma ponderação diferenciada para os ruídos emitidos durante o período do anoitecer/entardecer (correção +5dB) e da noite (correção +10 dB)”. Esta metodologia tem a preocupação com a relação do ruído com os efeitos prejudiciais a população, o que se pode considerar a métrica mais recomendada para elaboração de zoneamento sonoro (Carvalho et al., 2014).

Em 2012 o aeroporto Internacional de Macapá, dispunha de 11 voos diários e atualmente possui 08. Entretanto foi necessário verificar o cenário para um aumento de 50% e 100% nos voos para verificar as restrições quanto ao RBAC nº161 em relação ao uso do solo. Como referido e justificado anteriormente, estes cenários futuros foram simulados apenas na métrica DNL, a métrica adotada pelo Brasil.

As técnicas de controle de tráfego também evoluíram no intuito de redução do ruído, surgiu os procedimentos PBN (Performance-Based Navigation) onde se utiliza o conceito de Navegação por Área, permitindo melhores escolhas de rotas diretas dos voos, levando assim um menor impacto de ruído (Silva 2013). Devido a poucos estudos nesta área, o presente trabalho vem comparar as duas métricas e avaliar o impacto do ruído na população circunvizinha ao Aeroporto Internacional de Macapá – Alberto Alcolumbre e determinando o percentual de pessoas com sono altamente perturbado, com distúrbio no sono ou como sono levemente perturbado, seus resultados devem ser levados em consideração para Aeroportos com características semelhantes. O resultado deve delimitar a novas áreas de impactos e imposição de uso e ocupação do solo.

CAPÍTULO V – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

O Aeroporto Internacional de Macapá, o qual possui a sigla MCP pela IATA (International Air Transport Association) e a sigla SBMQ pela ICAO (International Civil Aviation Organization) foi objeto de estudo por se tratar de um aeroporto de uma capital de um estado brasileiro e , apesar de ser considerado um aeroporto de pequeno porte, tem expectativas a curta prazo, de se tornar de médio porte devido a sua privilegiada localização geográfica. Assim, é inteiramente justificável o estudo do impacto do ruído neste aeroporto.

O aeroporto é considerado como apenas compartilhado, pois opera quase na sua totalidade em operações civis, embora em eventuais situações possa ser utilizado para fins militares. A *Figura 14* mostra a localização da pista do Aeroporto e seu único acesso, assim como a limitação da sua área implantação. Também é possível verificar o quanto a cidade cresceu em pouco tempo e de forma desordenada, ocupando assim uma área muito próxima desta infraestrutura. A *Figura 15* mostra que a Área de Preservação Permanente (APP) está sendo habitada.

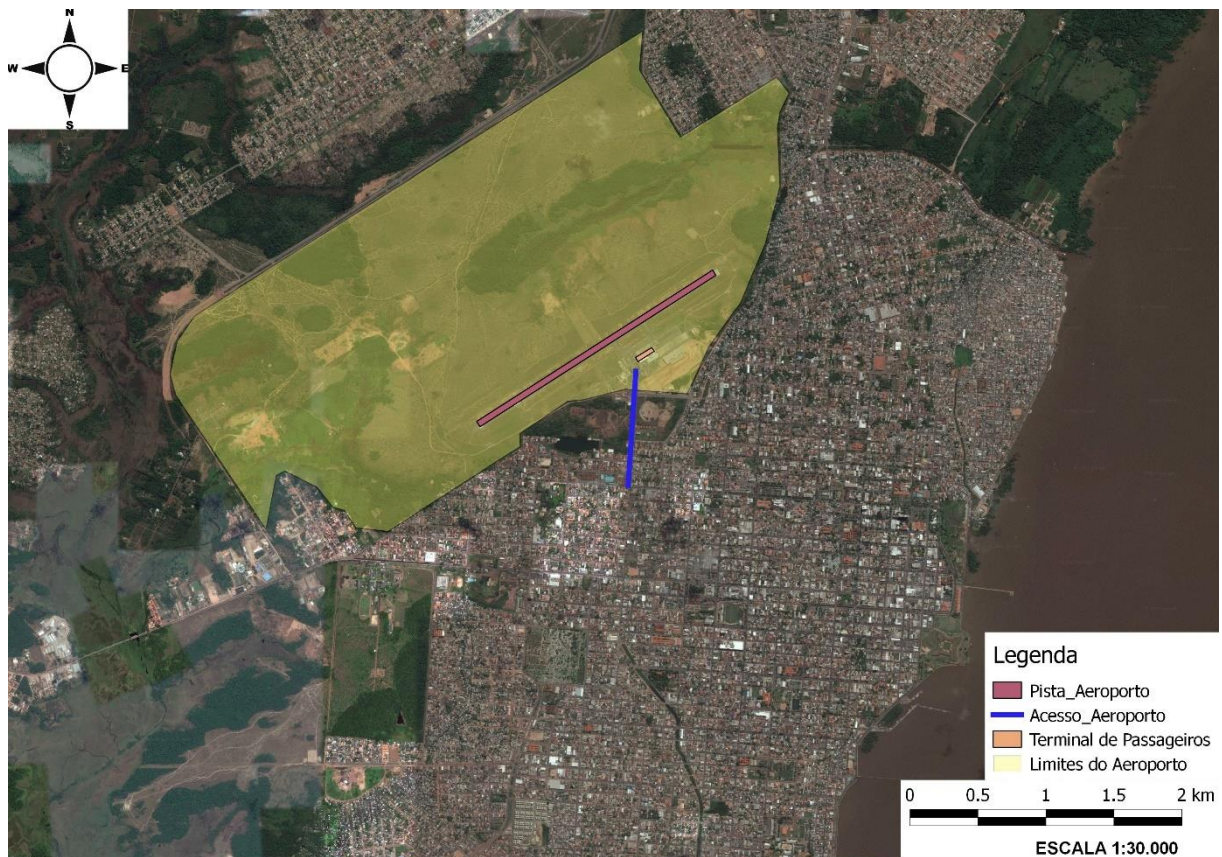


Figura 14 - Localização do Aeroporto

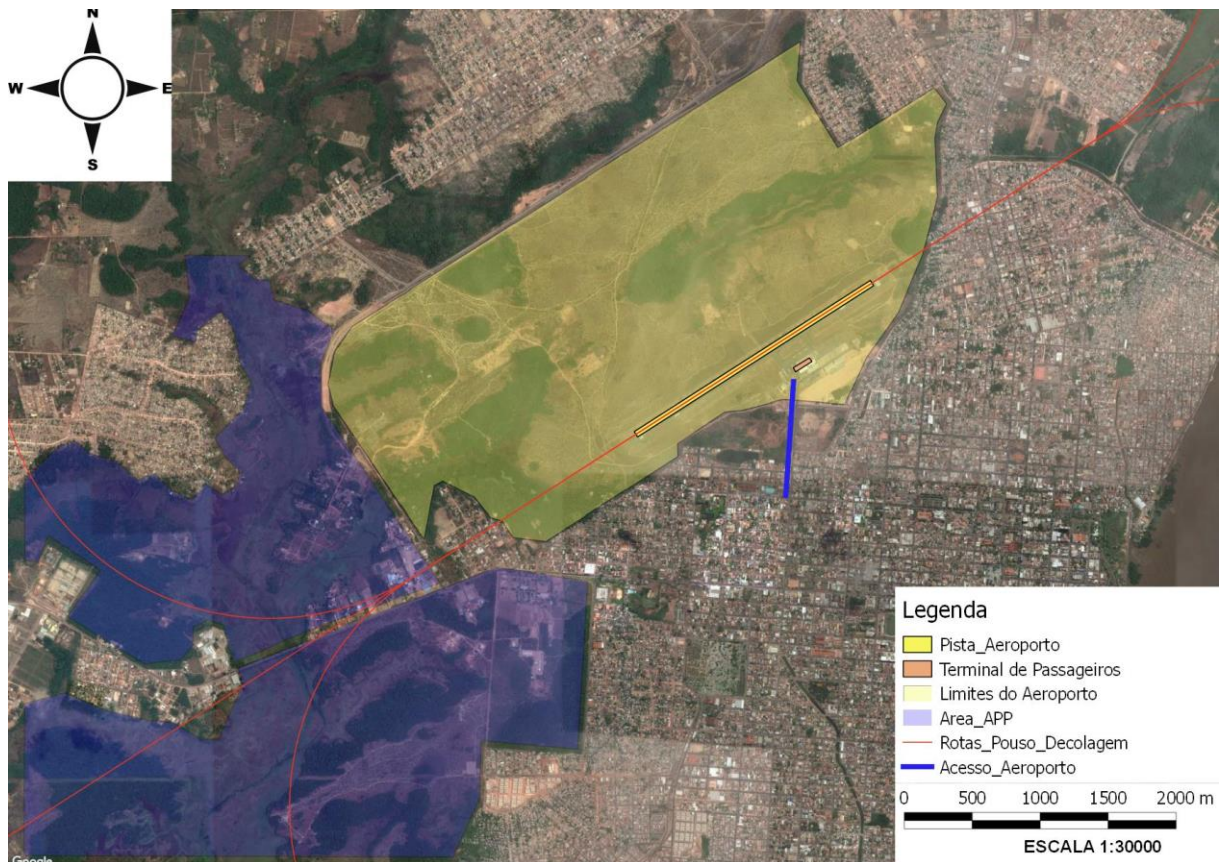


Figura 15 - Área de Preservação Permanente - APP

Para se avaliar o impacto do ruído na população circunvizinha ao Aeroporto Internacional de Macapá – Alberto Alcolumbre foi necessário reproduzir os limites das curvas de ruído através das métricas DNL e L_{den} . Estas curvas foram obtidas através do modelo INM e exportados para o QGIS 2.18.2, no qual foi possível gerar os mapas deste trabalho.

Ao analisar as curvas $55 \text{ dB} < \text{DNL} < 75 \text{ dB}$ e $55 \text{ dB} < L_{den} < 75 \text{ dB}$ através da Figura 16 e da Figura 17, se observa que são muito semelhantes e uma grande parte da população da região nordeste de Macapá está localizada dentro das curvas $55 \text{ dB} < \text{DNL} < 60 \text{ dB}$. Este resultado traz preocupação pois confirma a mesma tendência do Aeroporto de Brasília (Carvalho et al. 2015) que é o segundo maior do Brasil em número de operações.

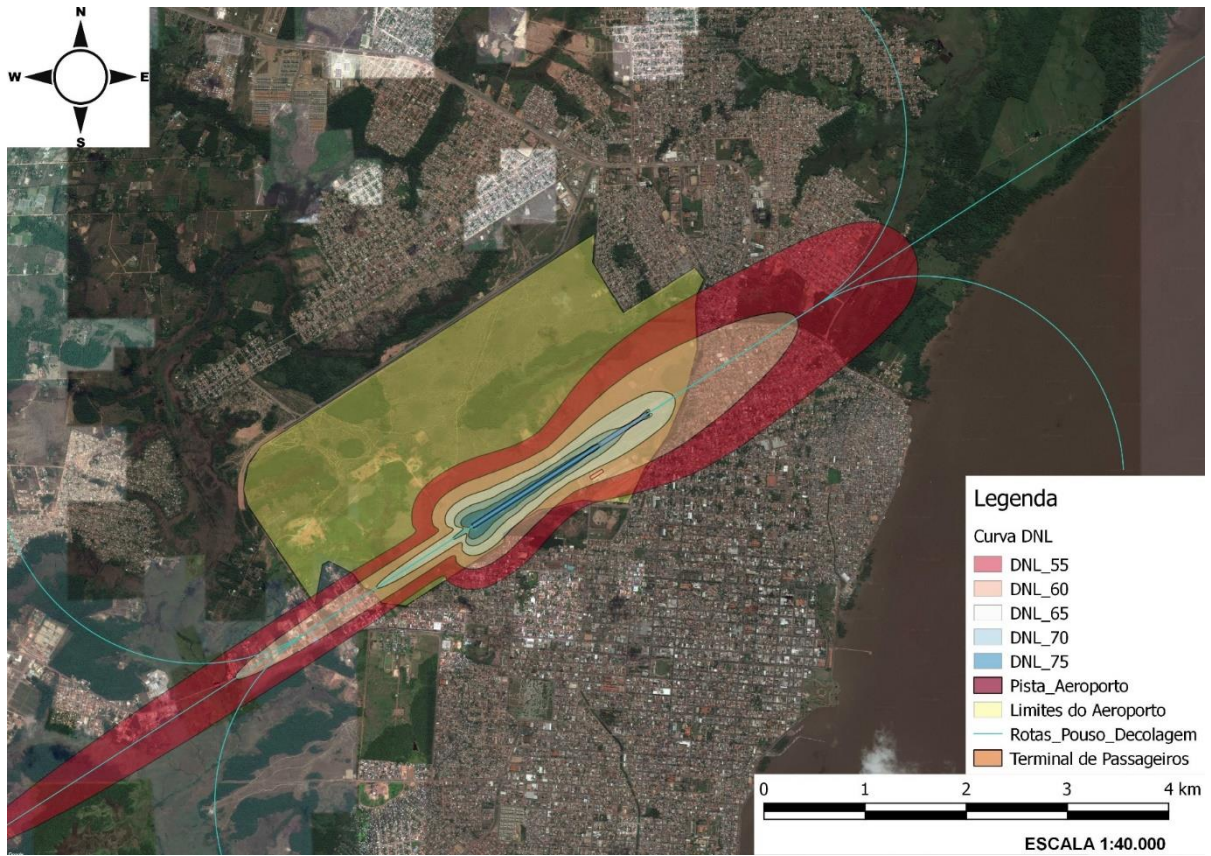


Figura 16 - Curva DNL 55<DNL<75 - Base 2015 (Referência)

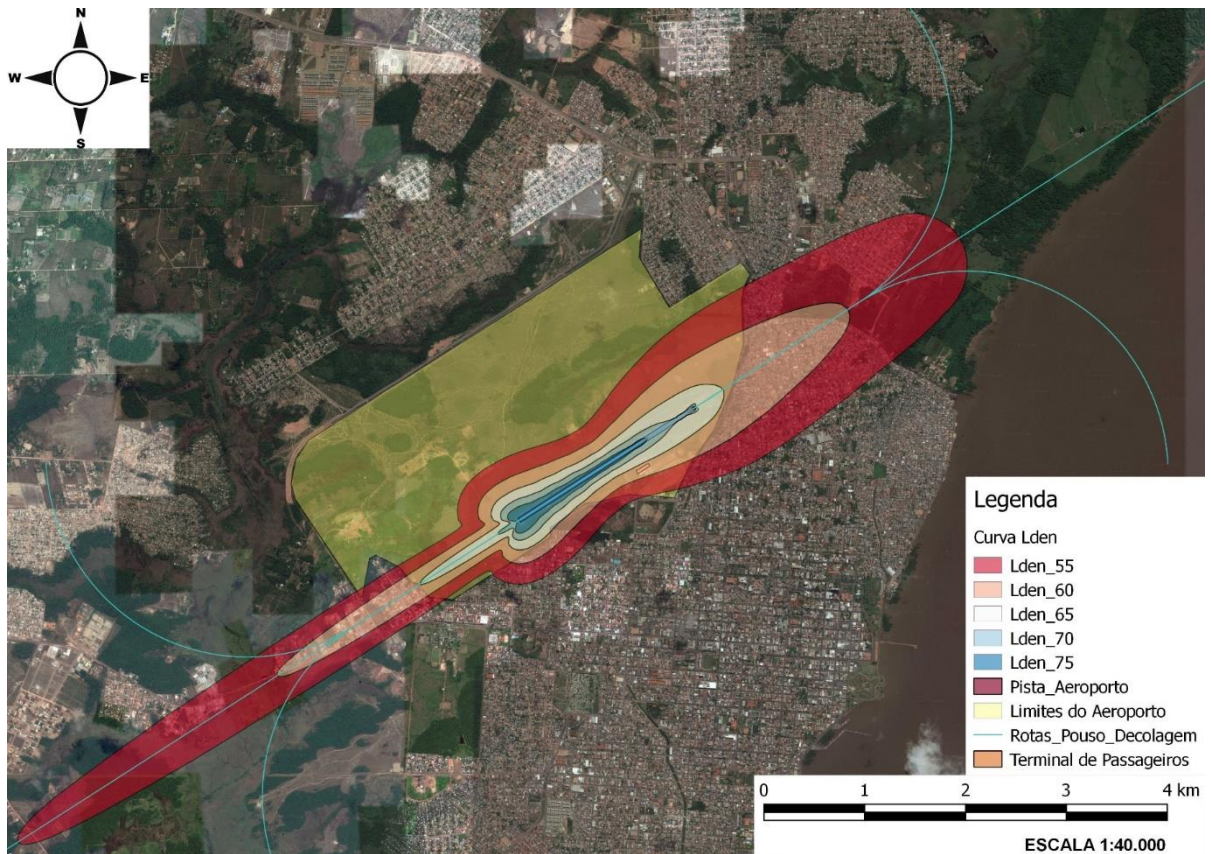


Figura 17 - Curva Lden 55<Lden<75 - Base 2015

A Tabela 14, ratifica a semelhança entre as curvas e ainda corrobora o que prediz a penalização da métrica L_{den} em 5dB (A) ao entardecer.

Tabela 14 - Comparação de Áreas abrangentes pelas Métricas DNL e L_{den}

Métrica da Curva	2015	Métrica da Curva	2015	Diferença de Área entre as Métricas	Percentual da Diferença das Métricas
	Área (ha)		Área (ha)	Área (ha)	%
DNL75	17,95	Lden75	18,36	0,41	2,26%
DNL70	42,09	Lden70	44,30	2,21	5,25%
DNL65	110,48	Lden65	115,25	4,77	4,32%
DNL60	339,93	Lden60	355,23	15,30	4,50%
DNL55	933,44	Lden55	960,82	27,38	2,93%

De acordo com a Tabela 14 e ratificado pela Figura 18, ao comparar a DNL75 com a L_{den} 75, atestou-se um aumento de 2,26% na área da curva L_{den} 75, o que já era esperado pois a métrica penaliza em 5dB(A) o período do entardecer, embora este acréscimo não produz efeito negativo quanto ao uso do solo para este caso.



Figura 18 - Diferença das curvas DNL75 e Lden75

Ao comparar a DNL70 com a $L_{den}70$ através da Figura 19, se atestou um aumento de 5,25% na área da curva $L_{den}70$, já demonstrado na Tabela 14 o que já era esperado pois a métrica penaliza em 5dB(A) o período do entardecer, embora este acréscimo também não produza efeitos negativos quanto ao uso do solo. Demonstra-se na Tabela 15 que houve uma diferença para menos de -1,68% entre pessoas consideradas incomodadas (%I) na circunvizinhança e de -2,96% das consideradas altamente incomodadas (%AI). Esta diminuição se dá pelas diferenças nos limites dos indicadores das curvas de ruídas das duas métricas conforme Tabela 16. Para a comparação adotou-se o valor limite DNL=75 dB (A) e para L_{den} = 80 dB (A).

Tabela 15 - Comparação das Pessoas Incomodadas pelo Ruído pela DNL e L_{den}

Métricas	Percentual		Métricas	Percentual		Evolução	
	%I	%AI		%I	%AI	%I	%AI
DNL75			Lden75				
DNL70	73,77%	50,71%	Lden70	72,53%	49,21%	-1,68%	-2,96%
DNL65	61,40%	38,51%	Lden65	59,95%	37,04%	-2,36%	-3,82%
DNL60	49,85%	27,76%	Lden60	48,31%	26,44%	-3,09%	-4,76%
DNL55	39,13%	18,56%	Lden55	37,59%	17,49%	-3,94%	-5,77%

Tabela 16 - Indicadores da Curva de Ruído Consideradas

Indicador DNL		Indicador L_{den}	
DNL75	75 < DNL ≤ 80	$L_{den} 75$	-
DNL70	70 < DNL ≤ 75	$L_{den} 70$	$L_{den} > 75$
DNL65	65 < DNL ≤ 70	$L_{den} 65$	70 < L_{den} ≤ 75
DNL60	60 < DNL ≤ 65	$L_{den} 60$	65 < L_{den} ≤ 70
DNL55	55 < DNL ≤ 60	$L_{den} 55$	60 < L_{den} ≤ 65



Figura 19 - Diferença das curvas DNL70 e Lden70

Segundo Carvalho et al. (2015) e Bento (2014) o limiar para os distúrbios do sono se dá com um $L_n = 42$, no entanto esses mesmos autores indicam que a interrupção do sono se dá através do SEL_{53} ²³. Tendo em vista esses diferentes limites de efeitos e de métricas diferentes, adotou-se para este trabalho um $L_n = 45$ para o limiar do distúrbio e o $L_n = 55$ para o de interrupção do sono.

Do mesmo modo a Figura 20 ao comparar a DNL65 dB com a $L_{den}65$ dB atestou-se um aumento de 4,32% na área da curva $L_{den}65$, conforme demonstrado na Tabela 14.

²³ SEL (Sound Exposure Level) – métrica que utiliza de uma constância de um nível do som por um intervalo de tempo de 1(um) segundo.

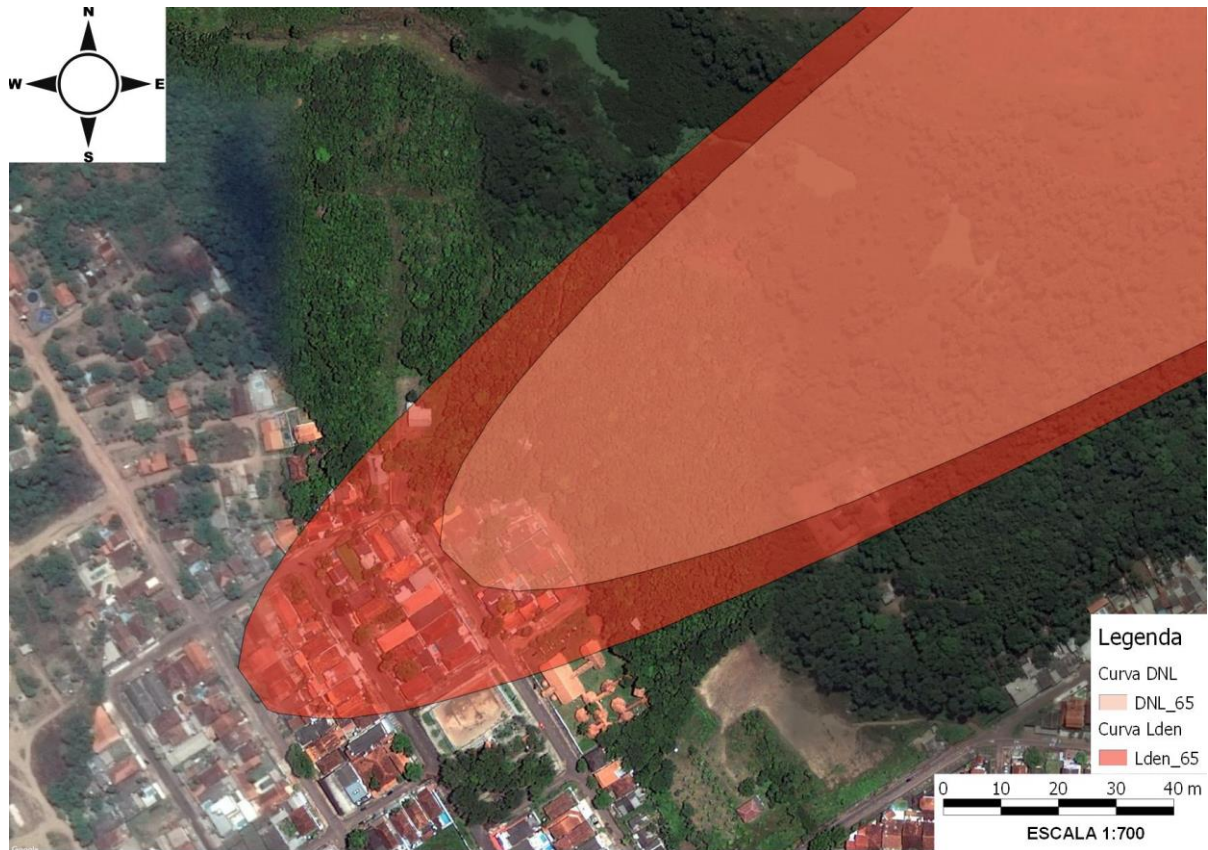


Figura 20 - Diferença das curvas DNL65 e Lden65

Observou que houve uma diferença para menos de -2,36% da circunvizinhança considerada incômoda (%I) e de -3,82% das consideradas Altamente Incomodada (%AI) (Ver Tabela 15). Para a comparação utilizou-se o valor limite DNL=70 dB (A) e para L_{den} = 75 dB (A) e ainda se averigou que neste caso, houve um aumento na área de restrição conforme RBAC n°161, em 25%, passando de 0,04(ha) para 0,05(ha) demonstrado na Tabela 17..

Tabela 17 - Área com Restrição segundo RBAC n°161

Restrição	
	Área(ha)
DNL_65	0,04
Lden_65	0,05

Já a comparação entre a DNL60 dB com a L_{den} 60 dB demonstrada pela Figura 21, atestou-se um aumento de 4,50% na área da curva L_{den} 60, conforme Tabela 14. Para este cenário, houve uma diferença para menos de -3,09% da circunvizinhança considerada incomodada (%I) e de -4,76% das consideradas Altamente Incomodada (%AI) (Ver Tabela 15). Para a comparação utilizou-se o valor limite DNL=65 dB (A) e para L_{den} = 70 dB (A).

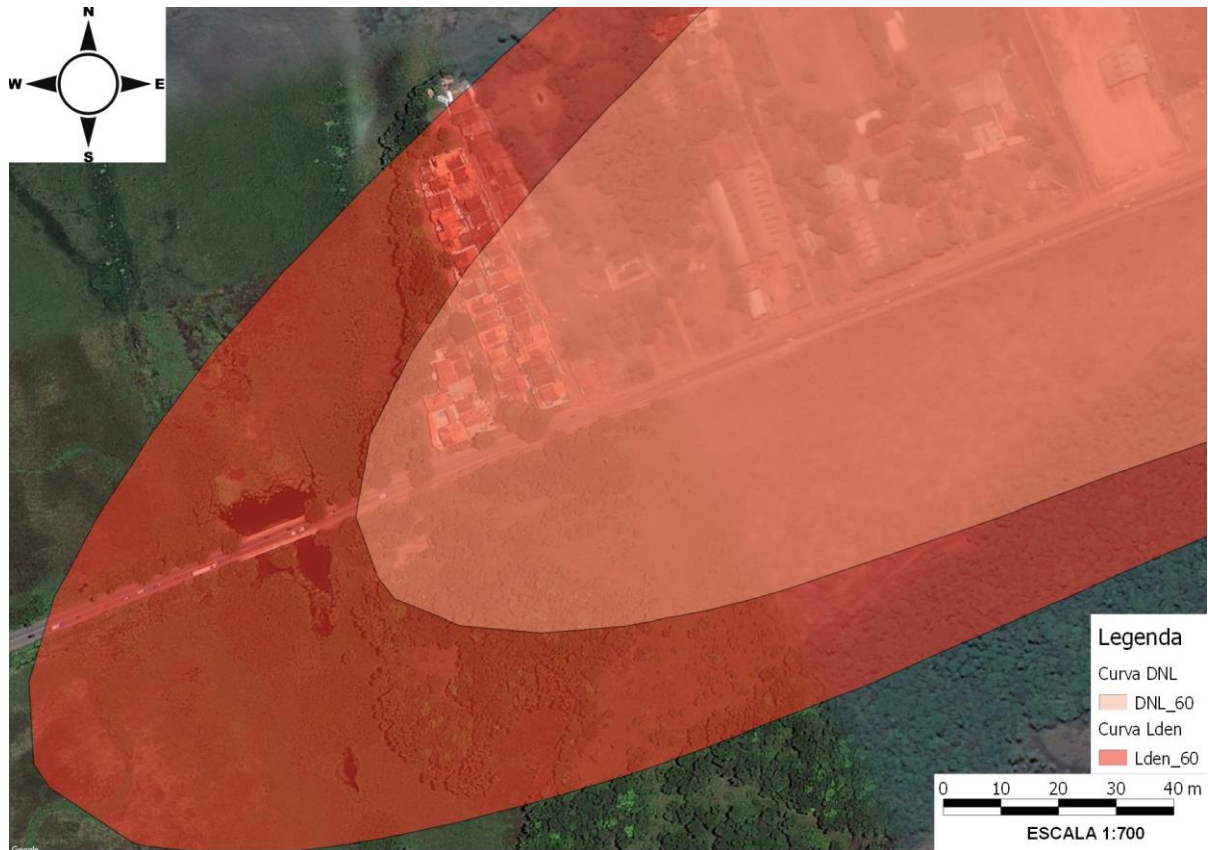


Figura 21 - Diferença das curvas DNL60 e Lden60

Para a comparação entre a DNL55 e $L_{den}55$, observou-se na Figura 22, um aumento de 2,93% na área da curva $L_{den}55$. No entanto, houve uma diferença para menos de -3,94% da circunvizinhança considerada incomodada (%I) e de -5,77% das consideradas Altamente Incomodada (%AI) (Ver Tabela 15).

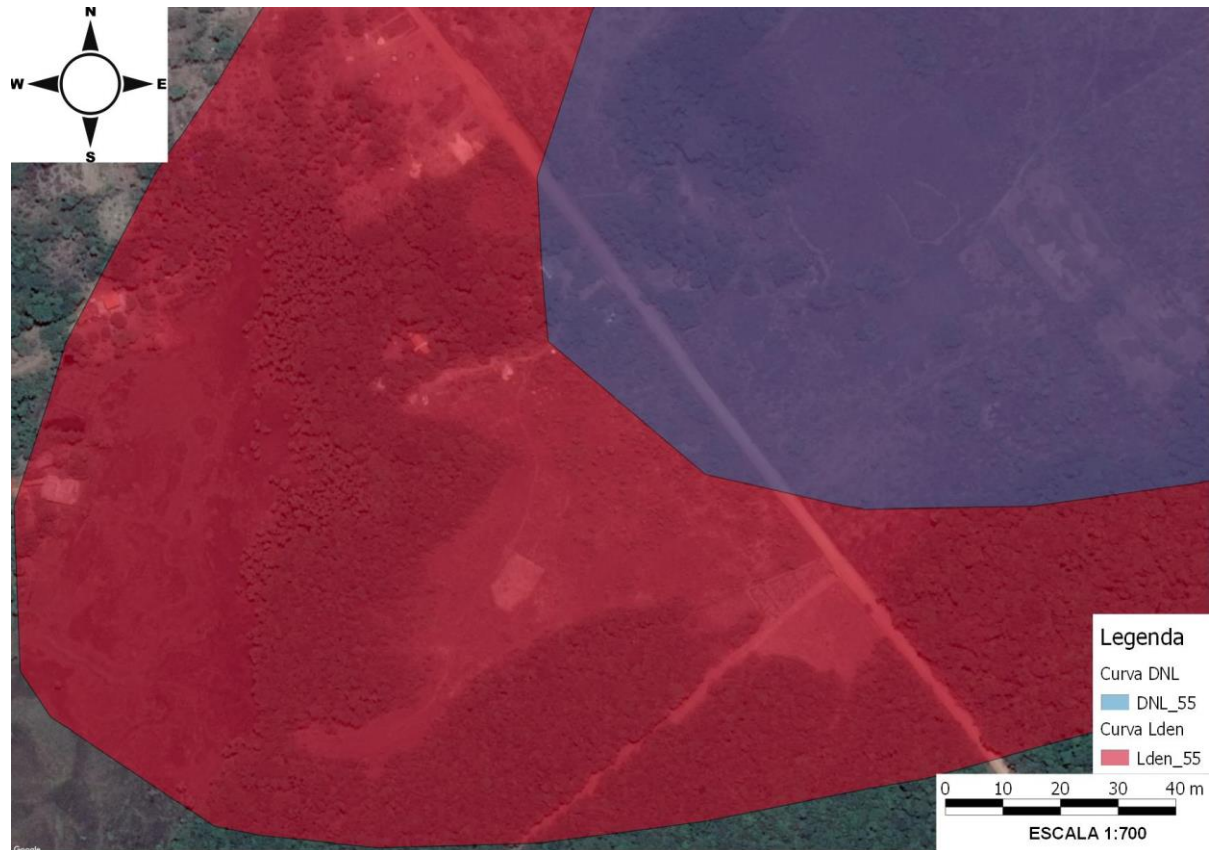


Figura 22 - Diferença das curvas DNL55 e Lden55

Perscrutou, igualmente, descobrir a população exposta ao distúrbio e a interrupção do sono na circunvizinhança do Aeroporto de Macapá. Utilizando a expressão (6) (7) e (8) resultou dos dados fornecidos na Tabela 18 e Tabela 19, que 2 878 pessoas possui um sono altamente perturbado (%HSD) o que corresponde a 0,72% de toda a população da cidade de Macapá e 5 824 pessoas possui interrupção²⁴ do Sono (%HSD) que pode engendrar o despertar, o que corresponde 1,46% de toda a população.

Da mesma forma, 1,25% (%SD) possui algum distúrbio do sono e que 2,30% (%SD) possui distúrbio que provoca a interrupção do sono. Ainda assim, descobriu-se que 2,0% (%LSD) tem um sono pouco perturbado para o distúrbio e que 3,38% possui uma interrupção do sono (%LSD). Estes resultados trazem uma preocupação para uma população com uma densidade demográfica de 62,14(hab./Km²) (IBGE, 2010), e pelo aeródromo ser considerado pequeno, torna este índice grave.

²⁴ Interrupção do sono – ato ou efeito de interromper o sono, podendo ou não despertar.

Tabela 18 - População com Distúrbio do Sono

Bairros Analisados	População (mil)	%HSD	%SD	%LSD
		5,14%	8,89%	14,22%
Alvorada	2.332	120	207	332
Cabralzinho	1.328	68	118	189
Jesus de Nazaré	5.915	304	526	841
Pacoval	12.216	628	1.086	1.737
Santa Rita	12.291	632	1.093	1.748
São Lazaro	21.925	1.127	1.949	3.118
Total	56.007	2.878	4.979	7.964
Macapá	398.204	0,72%	1,25%	2,00%

Dados Populacional - IBGE (2010)

Tabela 19 - População com Interrupção do Sono

Bairros Analisados	População (mil)	%HSD	%SD	%LSD
		10,40%	16,37%	24,06%
Alvorada	2.332	243	382	561
Cabralzinho	1.328	138	217	320
Jesus de Nazaré	5.915	615	968	1.423
Pacoval	12.216	1.270	2.000	2.939
Santa Rita	12.291	1.278	2.012	2.957
São Lazaro	21.925	2.280	3.589	5.275
Total	56.007	5.824	9.168	13.475
Macapá	398.204	1,46%	2,30%	3,38%

Dados Populacional - IBGE (2010)

Atualmente o RBAC n°161 tem como limite para restrição quanto ao uso do solo, as curvas DNL75 dB, 70 dB e 65 dB e as curvas DNL60 dB e 55 dB servem como projeção futura e como uma ferramenta de análise de prevenção além de serem limitadores para a Resoluções n° 01/90 e n°02/90 do CONAMA. Neste sentido, a Figura 16 demonstra as curvas $55 < \text{DNL} < 75$ para o ano base 2015.

Atualmente, existem 6% das escolas estaduais estão dentro da curva DNL55, assim como 5% das escolas municipais e 18% das escolas privadas, ou seja, 11,25% de todas as escolas. Analisando a curva DNL60, observou-se que 2% das escolas estaduais estão dentro da curva, 5% das escolas privadas do município, totalizando 2,5% de todas as escolas. A Figura 23 mostra a abrangência das escolas dentro das curvas para o ano base 2015.

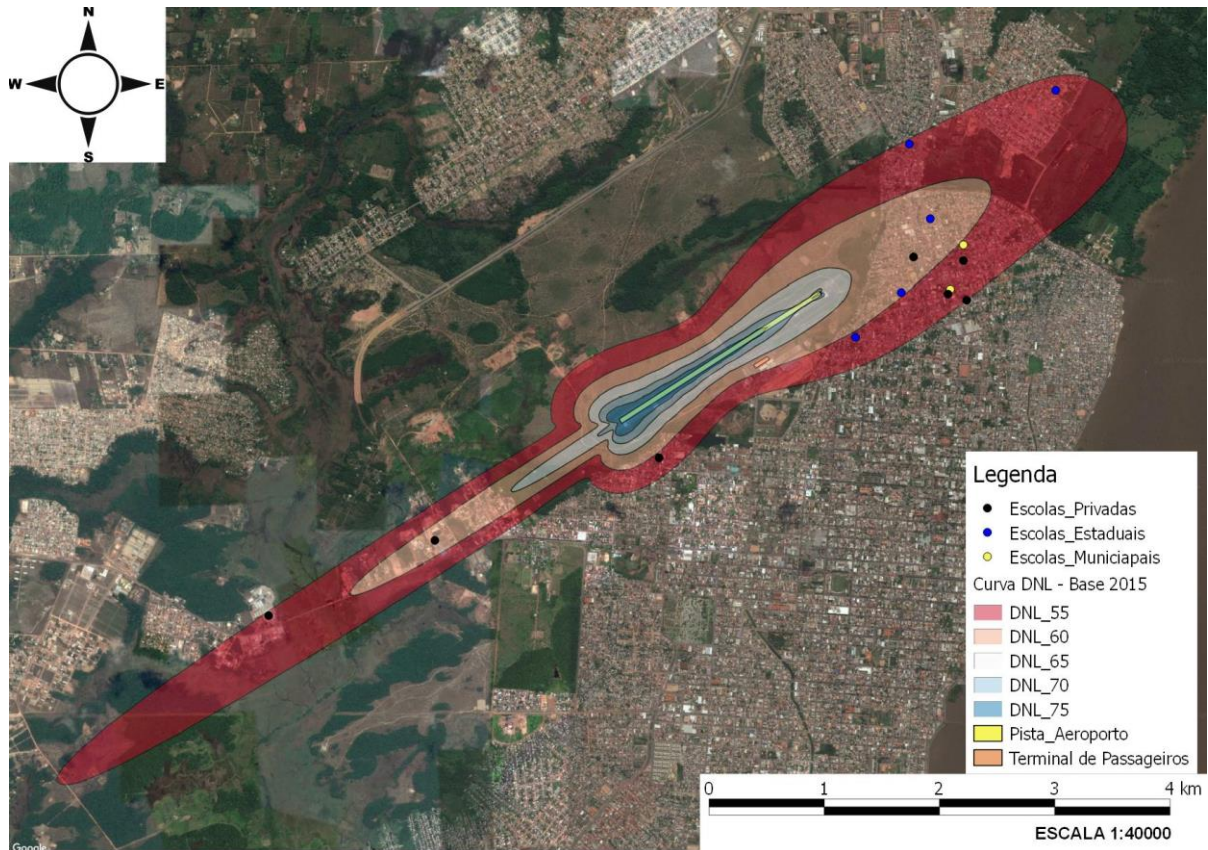


Figura 23- Curva de Ruído - DNL (Ano Base 2015 - Referência)

Ao estimar um cenário futuro, simulou-se na métrica DNL para dois cenários, um com aumento de 50% e outro com um aumento de 100% das operações aeroportuárias para um tempo indeterminado, mantendo a mesma frota e com os mesmos percentuais por equipamento em relação ao ano base 2015 (Referência). Para o cenário de um aumento de 50% do tráfego, verificou-se um aumento de 89% da área da curva DNL75 dB; de 39% na DNL70 dB; de 46% na DNL65 dB; de 47% na DNL60 dB e de 35% na DNL55 dB conforme Tabela 22. Ainda para o cenário de aumento de 50%, verificou-se que houve um aumento da área restrita em 31.925%, evoluindo de 0,04ha em 2015 (Referência) para 12,77ha na curva DNL65 dB, conforme Figura 24 e Tabela 20

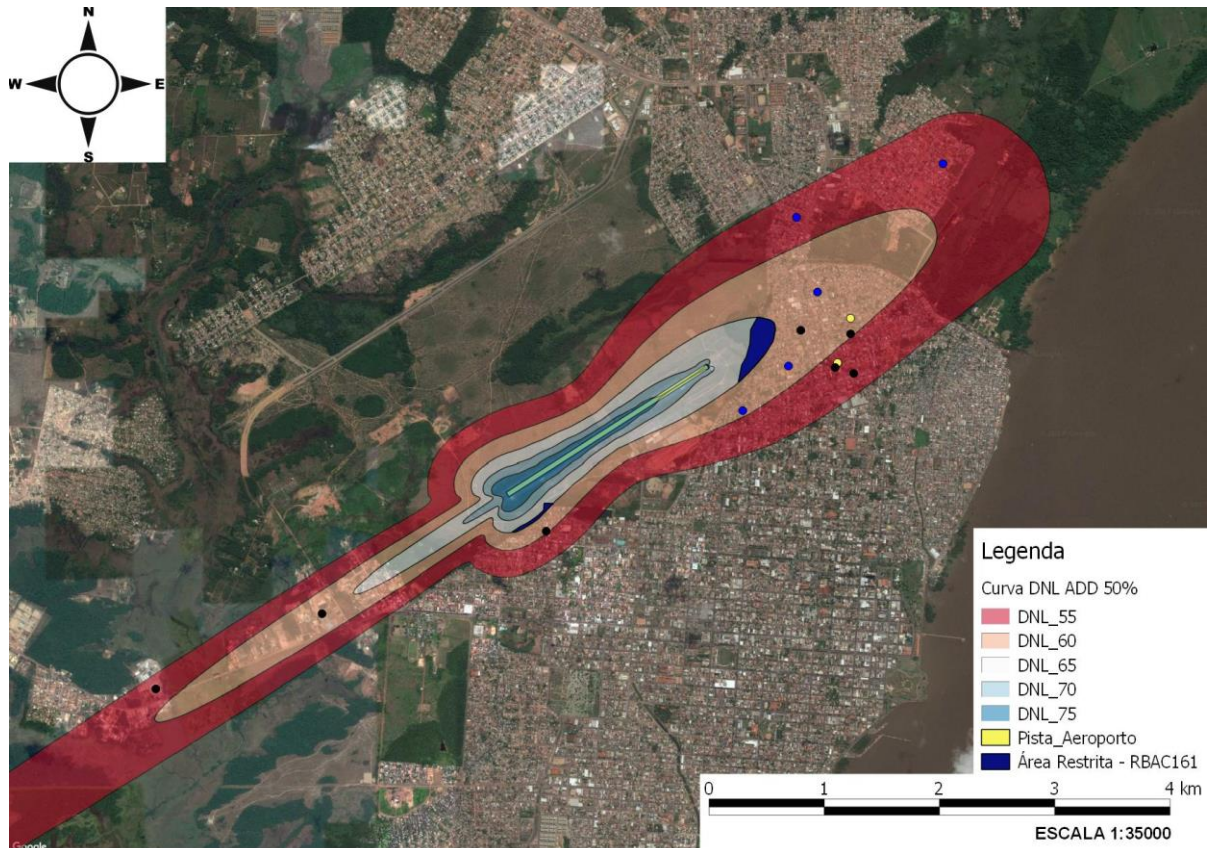


Figura 24 - Curvas de Ruído - DNL geradas com a simulação futura (acréscimo de 50% de operações)

Tabela 20 - Áreas Restritas e sua Evolução

Curva	Base 2015	Base 2015 + 50%	Base 2015 +100%	Dif. Em Perc. 2015 - 50%	Dif. Em Perc. 2015 - 100%
	Área (ha)				
DNL75	-	-	-	-	-
DNL70	-	-	-	-	-
DNL65	0,04	12,77	40,31	31925,00%	100775,00%
DNL60	39,38	176,91	213,46	449,24%	542,05%
DNL55	378,53	449,96	587,16	118,87%	155,12%

Neste cenário, o terminal de passageiro estaria em uma área considerada não compatível com o tipo de uso do solo, pois se encontra dentro da DNL65 dB (Figura 25) que é uma curva restritiva para o PBZR e para o PEZR. Mesmo sendo permitidas pelos órgãos competentes, necessitariam adotar medidas de Redução de Ruído – RR de pelo menos 25 dB para o PBZR. Este cenário embora seja futuro e com tempo indeterminado, a Infraero informou que este cenário já ocorreu entre os anos de 2010 e 2012.

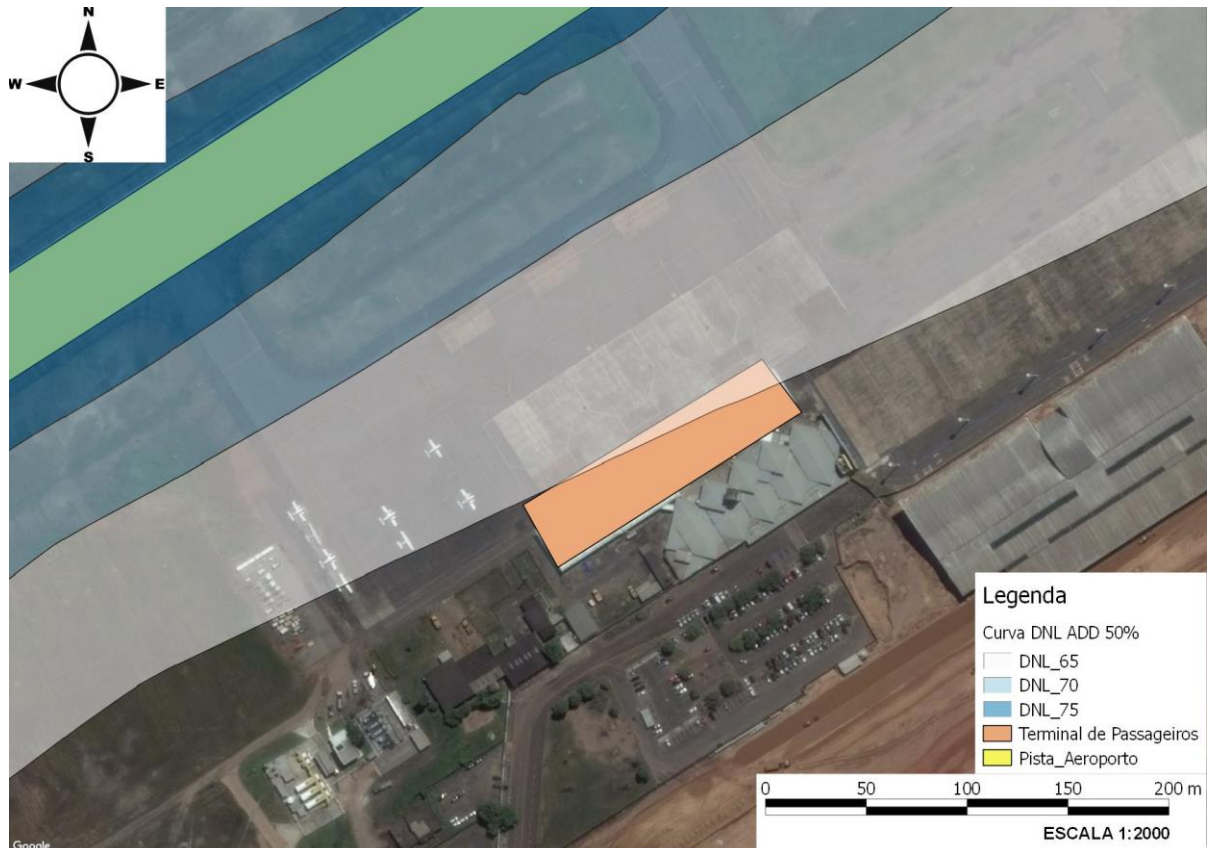


Figura 25- Terminal de Passageiros dentro da curva DNL65 (acréscimo de 50% das operações)

Simulando um aumento de 100% das operações, verificou-se um aumento de 135% da área de influência da DNL75 dB em relação ao cenário de 2015; 74% da DNL70 dB; 92% da DNL65 dB; 86% da DNL60 dB; e 66% da DNL55 dB conforme Tabela 22. Na Figura 26, é possível identificar o aumento das áreas restritas pelo PBZE e PEZR do RBAC n°161.

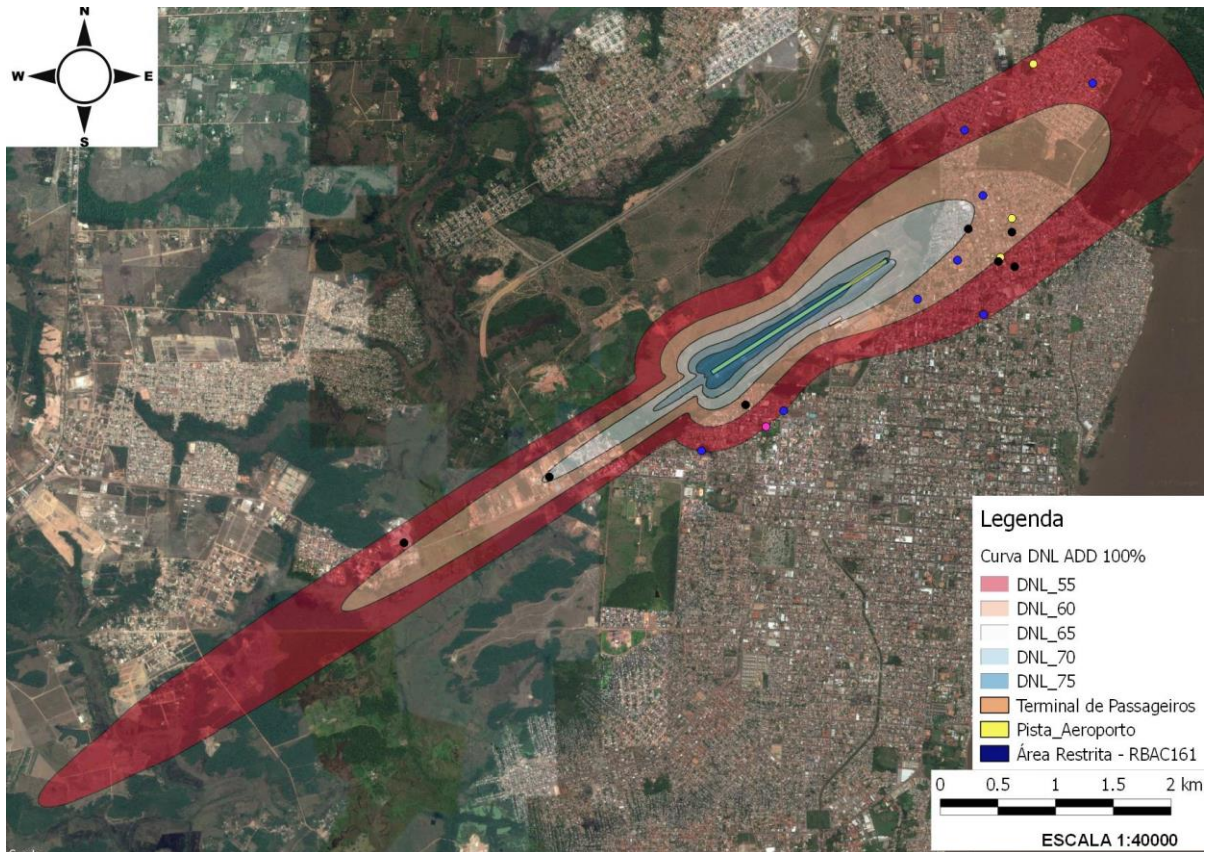


Figura 26- Curvas de Ruído - DNL geradas com a simulação futura com acréscimo de 100% das operações

Houve um aumento de 100.775% passando de 0,04ha em 2015 para 40,31ha em um tempo indeterminado conforme. Para estes cenários, 5% das escolas privadas estão na curva DNL65 dB. Já há uma preocupação para a curva DNL55 dB pois para este cenário, o maior hospital privado do estado, está dentro da curva de abrangência.

Comparou-se as áreas das curvas de ruído para diversos cenários (ver Tabela 21) em hectare (ha) e em percentual (%) para o ano base 2015 e para os cenários futuros. Observa-se que este percentual de 50% nos movimentos já ocorreu entre os anos de 2010 e 2012

Tabela 21-Comparação das Áreas das Curvas de Ruído

PBZR	2015					50% de Acrescimo de Operações					100% de Acrescimo de Operações				
	DNL75	DNL70	DNL65	DNL60	DNL55	DNL75	DNL70	DNL65	DNL60	DNL55	DNL75	DNL70	DNL65	DNL60	DNL55
Residencial	SR	SR	N (1)	S	S	SR	SR	N (1)	S	S	SR	SR	N (1,2)	S	S
Usos Públicos	SR	SR	SR	S	S	SR	SR	N (1,2)	S	S	SR	SR	N (1,2)	S	S
Usos Comerciais e Serviços	SR	SR	SR	S	S	SR	SR	N (1)	S	S	SR	SR	N (1)	S	S
Usos Industriais e Produção	SR	SR	SR	S	S	SR	SR	SR	S	S	SR	SR	SR	S	S
Usos Recreacionais	SR	SR	SR	S	S	SR	SR	SR	S	S	SR	SR	SR	S	S

SR - Área sem restrições dentro da curva
S - Área com Uso do Solo compatível e sem restrições
N - Área com Uso do solo não compatível mas permissível pelos órgãos governamentais com metas de RR de 25dB
(1) - RR de 25dB
(2) - RR de 30dB

A Tabela 22 demonstra que a DNL65 dB em 2015 para uso público não há restrição. Já para o cenário de 50% há restrição do tipo N (1,2) e a mesma restrição para 100%; não há mudanças no que tange as restrições para as curvas DNL75 dB e 70 dB em quaisquer que seja o plano de uso do solo, mas mostra a evolução restritiva quanto ao uso residencial, uso público e uso de comércio e serviço para $65 \text{ dB} < \text{DNL} < 55 \text{ dB}$.

Tabela 22 - Comparação entre as restrições conforme Curvas de Ruído

Métrica da Curva	2015	Operações +50%	Operações +100%	Diferença de Área em relação a 2015 - Base 50%		Diferença de Área em relação a 2015 - Base 100%		Diferença de Área em relação ao aumento de 50% - Base 100%	
				Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
DNL75	12,8	24,24	30,02	11,44	89%	17,22	135%	5,78	24%
DNL70	42,9	59,64	74,47	16,74	39%	31,57	74%	14,83	25%
DNL65	111,32	162,09	214,01	50,77	46%	102,69	92%	51,92	32%
DNL60	341,05	500,29	634,38	159,24	47%	293,33	86%	134,09	27%
DNL55	938,83	1266,15	1557,67	327,32	35%	618,84	66%	291,52	23%

CAPÍTULO VI – CONCLUSÃO

No Brasil existem poucos estudos em acústica ambiental associados ao ruído aeronáutico e até o momento não foram encontradas pesquisas sobre a prevenção deste tipo de ruído de forma a evitar ou minimizar um excesso de incômodo na população circunvizinha. Como consequência temos potencialmente uma crescente população afetada por este fator ambiental, traduzido em perturbações do sono, aumento do nível de incomodidade e a áreas cada vez maiores com restrição.

Embora o aeroporto de Macapá seja considerado de pequeno porte devido ao número de movimentos face à proximidade das áreas habitadas, já apresenta problemas semelhantes aos considerados de maior porte, como os aeroportos de Brasília-DF ou o de Congonhas-SP.

Neste trabalho, a comparação entre as métricas DNL, adotadas no Brasil, e L_{den} , adotadas na Europa, permitiu verificar que a L_{den} é mais conservadora em relação as áreas restritivas ao uso do solo e a DNL é mais conservadora em relação aos distúrbios relacionados com o ruído aeronáutico.

Por outro lado, como complemento à aplicação das métricas DNL e L_{den} , foi determinada a quantidade de pessoas consideradas com sono altamente perturbados (%HSD) com distúrbio do sono (%SD) e as que tem o sono pouco perturbado (%LSD) tanto em números absolutos, como em percentual. Desta forma, foi possível identificar a quantidade de pessoas consideradas incomodadas (%I) as consideradas altamente incomodadas (%AI) também em número absoluto e em percentual.

O trabalho destaca a importância do estudo do impacto do ruído do Aeroporto Internacional de Macapá na Zona Urbana medido pela DNL e pelo L_{den} , tendo-se constatado uma diferença mínima de 2,26% e máxima de 5,25% para as curvas entre $55 \text{ dB} < \text{DNL} < 75 \text{ dB}$ e $55 \text{ dB} < L_{den} < 75 \text{ dB}$ quanto ao uso do solo segundo o RBAC n°161. Este acréscimo pela métrica L_{den} pode ser explicado pela correção de 5 dB introduzida aos níveis sonoros no entardecer integrado nesta metodologia.

Ressalta-se que mesmo com o acréscimo de 5 dB ao entardecer na métrica L_{den} , constatou-se uma diminuição de cerca de 2,96% a 5,77% das pessoas com algum incômodo em relação ao ruído provocado pelo aeródromo na métrica DNL.

Constatou-se também que o maior número de pessoas atingidas se encontra na região Nordeste em relação ao aeroporto que é uma região densamente habitada, tendo, portanto, o maior índice de pessoas que se consideram altamente incomodada e com distúrbio do sono.

Na verdade, a zona Nordeste tem uma população de aproximadamente 40 056 habitantes (bairros Jesus de Nazaré, Pacoval e São Lazaro) o que corresponde a 10,1% de toda a população da cidade e com possibilidade de aumentar se tivermos em conta os cenários futuros simulados.

No cenário atual, estes bairros têm um quantitativo de 2 578 pessoas com pouco distúrbio (%LSD) do sono, o que corresponde 32% do total de todas os bairros analisados para este nível de distúrbio e 0,65% de toda a população da cidade. Já para as pessoas consideradas com um elevado distúrbio (%HSD) os mesmos bairros têm aproximadamente 932 pessoas nesta situação, o que corresponde a 0,23% de toda a população da cidade. Ainda foi possível verificar que estes mesmos bairros, tem aproximadamente 1 885 pessoas com interrupção do sono, o que corresponde aproximadamente a 0,47% de toda a população da cidade.

Já para a zona Sudoeste (Alvorada, Cabralzinho) o distúrbio é menor e a zona é menos densamente povoada, com uma população de aproximadamente 3 660 habitantes, o que corresponde 0,92% de toda a população da cidade.

A área abrangida pelas curvas de restrição (DNL75 dB, 70 dB e 65 dB) para esta região é bem menor, o que se traduz em menos população atingida.

Por outro lado, esta zona Sudoeste, é uma área limitada ao crescimento urbanístico, dado que se encontra junto a uma Área de Preservação Permanente (APP) que impede este desenvolvimento urbano. Assim, apenas 381 pessoas têm uma elevada interrupção do sono.

Como o ruído é um agente altamente agressor e perturbador, verifica-se que, apesar de 99,5% dos pousos e 98,5% das decolagens acontecerem na cabeceira 08, como referido anteriormente, as maiores perturbações e incómodos são gerados na zona nordeste. Estes dados ratificam a necessidade de inversão de operação das cabeceiras por forma a mitigar o impacto do incómodo do ruído nas populações vizinhas.

A modelagem de cenários futuros para o aeroporto Internacional de Macapá, permitiu verificar que a área abrangida pela primeira curva de restrição segundo o RBAC nº161, poderá crescer mais de 100% o que desde já alerta para problemas graves no futuro que poderá não ser assim tão longínquo.

Futuramente com o crescimento de operações a serem realizadas neste aeródromo, pode-se ter um número considerável com perda auditiva, aumento de doenças de hipertensão, problemas cardíacos, e outros resultantes do ruído aeronáutico. Desta forma, recomenda-se um estudo mais aprofundado no que tange a inversão das operações, onde as maiores áreas com restrições estariam na região sudoeste onde a população é menos densa e com probabilidade pequena de grandes crescimentos devido a ter uma grande área formada pela Lagoa do Índios, que é considerada como APP (Área de Preservação Permanente).

O impacto sonoro no que tange a área abrangida demonstrou que em cenários futuros que a área a ser expandida será enorme e, portanto, com necessidade de intervenção imediata pois poderá ter resultados devastadores e sem precedentes sobre a população circunvizinha.

O Brasil adotou a métrica DNL como oficial, mas ao compararmos com a métrica utilizada pela Europa, a L_{den} , constatou-se que a L_{den} no caso do aeroporto Internacional de Macapá é mais conservadora em relação à restrição do uso do solo, com áreas maiores do que as estimadas usando a métrica DNL. No entanto ao se utilizar o L_{den} , constatou-se que há redução no número de pessoas que tem algum tipo de distúrbio provocado pelo ruído. Esta diferença se dá devido a metodologia usada pelas métrica e neste caso tendo a DNL como a mais conservadora.

Dessa forma é necessário utilizar um modelo do tipo dose-resposta para avaliar o impacto real provocado pelo ruído no entorno do aeroporto Internacional de Macapá.

Ao se ter este estudo como referência, pode-se afirmar que uma das opções mitigadoras é a inversão dos movimentos pelas cabeceiras de pista.

Espera-se que este estudo, cujo objetivo foi analisar os impactos do ruído aeronáutico na população circunvizinha ao aeroporto Internacional de Macapá – Alberto Alcolumbre, tenha uma grande valia para os estudos de impacto ambiental, planejamento urbano e estudos econômicos da região Norte, contribuindo assim, para a preservação da saúde e a qualidade de vida das pessoas.

VI.1 – Limitações do Estudo

O estudo se limitou ao uso dos valores de referência normativos e indicativos das métricas, portanto não pode ter seus resultados ratificados com medições *in locu*, e calibrado as curvas. O estudo também não fez nenhuma simulação com o ruído combinado entre os modais aéreo e rodoviário e justifica-se não combinar com o modal ferroviário por não haver esse modal próximo a área estudada.

VI.2 – Recomendações Futuras

Recomenda-se os seguintes trabalhos futuros:

- Fazer estudos com medição (calibrar as curvas) e comparar com os resultados obtidos neste trabalho;
- Realizar estudos combinados com o modal rodoviários;
- Realizar um estudo com inquéritos com a população circunvizinha e atrás do modelo dose-resposta ratificar ou validar os resultados deste trabalho;
- Realizar estudo comparativos com aeroportos considerados semelhantes ao Aeroporto Internacional de Macapá;
- Realizar estudos em relação ao uso mais frequente de helicópteros e seus distúrbios gerados para a população;
- Realizar estudos para mudança de operação nas cabeceiras;
- Realizar estudos que possam contribuir de forma preventiva a definição das áreas de restrição incluindo cenários futuros;
- Realizar estudo utilizando a métrica SEL combinada com o DNL e o L_{den} para avaliar os efeitos considerados crítico e crônicos da exposição ao ruído, principalmente ao ruído noturno;
- Realizar estudos comparativos do ruído aeronáutico e rodoviário para determinar qual é o de maior gerador de distúrbios ou incômodos na população no entorno do aeroporto Internacional de Macapá.
- Realizar Estudos sobre o distúrbio na área de APP.

Bibliografia

- Abdala, P. J. (2005). *Método para dimensionar curvas de ruído para zoneamento no entorno de pequenos aeródromos*. COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro: Dissertação de Mestrado.
- ANAC. (2014). *Anuário do Transporte Aéreo*. Anuário, Agência Nacional de Aviação Civil, Brasília-DF. Acesso em 14 de Fevereiro de 2016
- Aydin, Y., & Martin, K. (10 de Abril de 2007). Noise perception, heart rate and blood pressure in relation to aircraft noise in the vicinity of the Frankfurt airport. doi:10.1007/s00392-007-0507-y
- Bento, E. (2014). *A incomodidade do ruído: relações com o nível de exposição sonora e identidade de lugar*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa, Lisboa - Portugal.
- Bistafa, S. R. (2011). *Acústica Aplicada ao Controle do Ruído* (2ª ed.). São Paulo, Brasil: Edgar Blücher.
- Carvalho Júnior, E. B. (2008). Ruído Ambiental e seus Efeitos: o ruído aeronáutico no entorno do Aeroporto Internacional de Brasília. Em *Dissertação de Mestrado*. Brasília, Brasil.
- Carvalho Júnior, E. B., Garavelli, S. L., & Maroja, A. M. (Outubo de 2012). Análise dos efeitos do ruído aeronáutico em zonas residenciais circunvizinhas ao Aeroporto Internacional de Brasília. *Journal of Transport Literature*, 6. Acesso em 13 de Fevereiro de 2016, disponível em http://pesquisaemtransportes.net.br/relit/index.php/relit/article/view/jv6n4p3/pdf_75

- Carvalho Junior, E. B., GARAVELLI, S. L., BARROS, A. G., MAROJA, A. M., MELO, W. C., & SHIMOISHI, J. M. (2014). Impacto Sonoro Provocado pelo Ruído Aeronáutico no Período Noturno: Estudo de Caso do Aeroporto Internacional de Brasília. *6º PLURIS - Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional Integrado e Sustentável, v. 01.*, pp. p. 81-91.
- Carvalho Júnior, E. B., Garavelli, S. L., Barros, A. G., Maroja, A. M., Melo, W. C., & Shimoishi, J. M. (24 a 26 de Setembro de 2014). Ruído Aeronáutico: Análise comparativa das metodologias adotadas no Brasil e na Comunidade Europeia. *6º PLURIS - CONGRESSO LUSO BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL, v.01*, p.69-80.
- Carvalho Júnior, E. B., Garavelli, S. L., de Barros, A. d., Araujo, R. B., Maroja, A. d., & Shimoishi, J. M. (20,21 e 22 de Outubro de 2014). Análise do Efeito do Ruído Aeronáutico sobre o Preço de Imóveis Residenciais: Estudo de caso do Aeroporto Internacional de Brasília. *XXV Encontro SOBRAC - Sociedade Brasileira de Acústica*.
- Carvalho Júnior, E. B., Garavelli, S. L., Smozinski, F. V., Maroja, A. d., & Melo, W. C. (22 de janeiro de 2013). Análise das Principais métricas utilizadas no zoneamento acústico de áreas próximas a aeródromos. *Journal of Transport Literature, Vol.7*(Ed.4), pp.175-198. Acesso em 17 de Fevereiro de 2016, disponível em www.transport-literature.org/open-access
- Carvalho Junior, E. B., Shimoishi, J. M., & Garavelli, S. L. (Junho de 2015). Quantificação do Incomodo gerado pelo Ruído Aeronáutico por meio de modelo Dose-Resposta. 180.
- Clarck, C., Martin, R., Kempen, E. V., Alfred, T., Head, J., Davies, H. W., . . . Stansfeld, S. A. (23 de Novembro de 2005). Exposure-Effect Relations between Aircraft and Road

Traffic Noise Exposure at School and Reading Comprehension. *American Journal of Epidemiology*, 163. doi:10.1093/aje/kwj001

Coelho, P. (2011). Proposta de Procedimento para Analisar o efeito da Qualidade do Ar no Entorno do Aeroporto Internacional Antonio Carlos Jobim.

EEA. (2010). *Good practice guide on noise exposure and potential health effects*. Luxembourg. doi:10.2800/54080

Eibich, P., Kholodilin, K., Krekel, C., & Wagner, G. G. (2015). Aircraft Noise in Berlin Affects Quality of Life Even Outside the Airport Grounds. *DIW Economic Bulletin*. Acesso em 13 de novembro de 2016, disponível em <http://econpapers.repec.org/article/diwdiwdeb/2015-9-1.htm>

Eibich, P., Kholodilin, K., Krekel, C., & Wagner, G. G. (2015). Aircraft Noise in Berlin Affects Quality of Life Even Outside the Airport Grounds. *DIW Economic Bulletin*.

Eller, R. A., & Porto, P. P. (2010). *THE IMPACT OF AIRCRAFT NOISE PERCEPTION ON THE URBAN DISCOMFORT*. 12th WCTR, Lisboa - Portugal. Acesso em 28 de dezembro de 2016, disponível em <http://www.wctrs.leeds.ac.uk/wp/wp-content/uploads/abstracts/lisbon/general/02050.pdf>

FAA - Federal Aviation Administration. (2015). *Noise Basic*. Acesso em 10 de Outubro de 2015, disponível em Noise Quest: <http://www.noisequest.psu.edu/noisebasics.html>

Federal Aviation Administration. (2014). *Aircraft Noise Issues*. Acesso em 22 de dezembro de 2015, disponível em FAA: www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/noise_emissions/airport_aircraft_noise/issues/

Fernades, J. (2002). *Acústica e ruído*. Apostila, UNESP, Bauru.

- Filho, C. R. (2008). Evolução do Transporte Aéreo no Brasil e no Mundo no Período de 2001 a 2007. *VII Simpósio de Transporte Aéreo - SITRAER - 609-616 - Tr.510*. Rio de Janeiro, RJ.
- Haralabidis, A. S., Dimakopoulou, K., Vigna-Taglianti, F., Giampaolo, M., Borgini, A., Dudley, M.-L., . . . Jarup, L. (2008). Acute effects of night-time noise exposure on blood pressure in populations living near airports. *European Heart Journal*, 29:658-664p. doi:10.1093/eurheartj/ehn013
- Heleno, T. A. (fevereiro de 2010). *Uma nova metodologia de zoneamento aeroportuário com o Objetivo de reduzir o ENCROACHMENT e os efeitos adversos do ruído*. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- IATA. (2015). WATS 59th. *World Air Transports Statistics*.
- IATA. (s.d.). *Airline and Airport Code Search*. Fonte: www.iata.org:
<http://www.iata.org/publications/Pages/code-search.aspx>
- IATA. (s.d.). *Growth and Development*. Acesso em 11 de Novembro de 2015, disponível em
IATA - International Air Transport Association:
https://www.iata.org/about/Pages/history_3.aspx
- IBGE. (2010). *IBGE - CENSO 2010*. Acesso em 28 de Outubro de 2016, disponível em
<http://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>
- ICAO. (Janeiro de 2012). *Working Paper*. Acesso em 06 de abril de 2016, disponível em
www.icao.int:
<http://www.icao.int/safety/ais-aimsg/AISAIM%20Meeting%20MetaData/AIS-AIMSG%206/Aerodrome%20Location%20Indicator%20Scheme%20Extension.pdf>

- ICAO. (2017). *Reduction of Noise at Source*. Acesso em 05 de janeiro de 2017, disponível em ICAO: <http://www.icao.int/environmental-protection/Pages/Reduction-of-Noise-at-Source.aspx>
- IPEA. (2010). *Panorama e Perspectivas para o Transporte Aéreo no Brasil e no Mundo*. Comunicado do IPEA nº54, Série Eixos do Desenvolvimento Brasileiro. Fonte: www.ipea.gov.br
- Lavandiera, C., Sedoarisoab, N., Despondsb, D., & Dalmasc, L. (setembro de 2016). A new indicator to measure the noise impact around airports: The Real Estate Tolerance Level (RETL) – Case study around Charles de Gaulle Airport. *Applied Acoustics*. Acesso em 03 de janeiro de 2014, disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.03.014>
- Melo, W. C. (2015). *Impacto Sonoro Provocado por Polo Gerador de Viagem: Aeroporto Internacional de Brasília*. Brasília, Distrito Federal, Brasil. Acesso em 16 de fevereiro de 2015
- Nascimento, C. R. (2014). *Zoneamento de Ruído: Proposta de curvas de ruído aplicadas ao Aeroporto Internacional de Manaus/Eduardo Gomes*. Belém.
- Nascimento, M. V., & Alves, C. J. (2014). *CONFLITO DE ESPAÇO ENTRE UM AEROPORTO E SUA VIZINHANÇA: PROBLEMÁTICA DO USO DO SOLO E AVALIAÇÃO DE AÇÕES MITIGADORAS*. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Acesso em 05 de dezembro de 2016, disponível em http://www.anpet.org.br/ssat/interface/content/autor/trabalhos/publicacao/2014/15_AC.pdf

- Neto, A. G. (2010). *Análise do Ruído Aeronáutico no entorno do Aeroporto de São José dos Campos*. Tese de Mestrado, Universidade de Taubaté, Taubaté-SP. Acesso em 14 de dezembro de 2016
- Noise Quest. (15 de janeiro de 2016). *Noise Quest*. Fonte: <http://www.noisequest.psu.edu/>
- Nunes, M. F. (2005). *Avaliação da Percepção do Ruído Aeronáutico em Escolas*. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre.
- Postorino, M. N., & Mantecchini, L. (2016). A systematic approach to assess the effectiveness of airport noise mitigation strategies. *Journal of Air Transport Management*, 71-82. Acesso em 15 de janeiro de 2017, disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.jairtraman.2015.10.004>
- RBAC nº161. (2013). *Plano de Zoneamento de ruído de aeródromos - PZR*. ANAC. Acesso em 15 de setembro de 2015, disponível em <http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbac/RBAC161EMD01.pdf>
- Rodríguez-Díaz, A., Adenso-Díaz, B., & González-Torre, P. A. (29 de outubro de 2016). A review of the impact of noise restrictions at airports. *Transportation Research Part D*, 144-153. Acesso em 04 de janeiro de 2017, disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2016.10.025>
- SANCHEZ, D., BERRY, B., & KNOWLES, A. (16-19 de novembro de 2014). The economic value of aircraft noise effects: a UK perspective. *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings, Vol.249*, 3926-3937.
- Santos, G. S. (2013). *Análise Espacial dos Fatores determinantes no cálculo da Área Impactada pelo Ruído Aeronáutico*. São José dos Campos.

- Santos, G. S., & Gomes, R. d. (2015). O impacto do Ruído Aeronáutico no Entorno do Aeroporto de Guarulhos: Análise das Variáveis não Acústicas. *SITRAER 2015 Air Transportation Symposium*.
- Santos, G. S., Mello, L. L., & Gomes, R. A. (2015). A spatial Analysis of Non Acustical Factors Related to Aircraft Noise. *RIDITA 2015 V congreso de La Red Iberoamericana de Investigación en Transporte Aéreo*, pp. 263-273.
- Scatolini, F., & Pinto, A. C. (2016). Background noise analysis in urban airport surroundings of Brazilian cities, Congonhas Airport, São Paulo. *Revista de Saúde Pública*, 50-69. doi:10.1590/S1518-8787.2016050006431
- Silva, B. A. (2013). Metodologia para Avaliação de Incômodo por Ruído Aeronáutico.
- Silva, P. D. (2012). *Avaliação de Impactos da cadeia Produtiva em Aeroporto: O Caso de Congonhas*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Carlos - SP, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, São Carlos.
- WHO - World Health Organization. (2011). Conclusion [Burden of disease from environmental noise - Quantification of healthy life years lost in Europe]. Em L. Fritschi, L. Brown, R. Kim, D. Schwela, S. Kephelopoulous, & B. A. Fritschi L (Ed.), *Burden of disease from environmental noise - Quantification of healthy life years lost in Europe* (pp. p.99-106). Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe. Acesso em 12 de janeiro de 2016, disponível em http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/e94888/en/
- WHO. (2007). *The World Health Report 2007: A Safer Future: Global Public Health Security in te 21 st Century*. Acesso em 08 de janeiro de 2017, disponível em http://www.who.int/whr/2007/whr07_en.pdf?ua=1

- Wolfe, P. J., Kramer, J. L., & Barrett, S. R. (2017). Current and future noise impacts of the UK hub airport. *Journal of Air Transport Management*, 91-99. Acesso em 20 de janeiro de 2017, disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.jairtraman.2016.09.002>
- Xie, H., Li, H., & Kang, J. (outubro de 2014). The characteristics and control strategies of aircraft noise in China. *Applied Acoustics*, Vol.84, pp. 47-57. Acesso em 2017 de janeiro de 2017, disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.01.011>
- Zannin, P. H., Calixto, A., Diniz, F. B., Ferreira, J. A., & Schuhli, R. B. (2002). Incômodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba, PR. *Saúde Pública*, 521-524.

ANEXO I – Requisitos para os Mapas de Ruídos

REQUISITOS MÍNIMOS PARA OS MAPAS DE RUÍDO ESTRATÉGICOS

a que se refere o artigo 7.º

1. Um mapa de ruído estratégico é uma apresentação dos dados referentes a um dos seguintes aspectos:
 - situação sonora existente, anterior ou prevista em função de um indicador de ruído,
 - ultrapassagem de um valor-limite,
 - número estimado de habitações, escolas e hospitais numa determinada zona que estão expostas a valores específicos de um dado indicador de ruído,
 - número estimado de pessoas localizadas numa zona exposta ao ruído,
2. Os mapas de ruído estratégicos podem ser apresentados ao público sob a forma de:
 - figuras,
 - dados numéricos em quadros,
 - dados numéricos sob forma electrónica.
3. Os mapas de ruído estratégicos relativos às aglomerações incidirão particularmente no ruído emitido por:
 - tráfego rodoviário,
 - tráfego ferroviário,
 - aeroportos,
 - instalações de actividade industrial, incluindo portos.
4. Os mapas de ruído estratégicos serão utilizados para os seguintes fins:
 - proporcionar uma base para os dados a enviar à Comissão de acordo com o estabelecido no n.º 2 do artigo 10.º e no anexo VI,
 - constituir uma fonte de informação para os cidadãos, de acordo com o estabelecido no artigo 9.º,
 - servir de base para os planos de acção, de acordo com o estabelecido no artigo 8.º

Cada um destes objectivos exige tipos diferentes de mapas de ruído estratégicos.
5. Os requisitos mínimos para os mapas de ruído estratégicos relativos aos dados a enviar à Comissão são estabelecidos nos pontos 1.5, 1.6, 2.5, 2.6 e 2.7 do anexo VI da presente directiva.
6. Para fins de informação dos cidadãos, de acordo com o estabelecido no artigo 9.º, e de elaboração dos planos de acção, de acordo com o previsto no artigo 8.º da presente directiva, são necessárias informações adicionais e mais pormenorizadas, tais como:
 - uma representação gráfica,
 - mapas em que é apresentado a ultrapassagem de um valor-limite,
 - mapas diferenciais em que a situação existente é comparada com diferentes situações futuras possíveis,
 - mapas em que é apresentado o valor de um indicador de ruído a uma altura diferente de 4 m, se adequado.

Os Estados-Membros podem estabelecer regras quanto ao tipo e formato desses mapas de ruído.
7. Os mapas de ruído estratégicos para aplicação local ou nacional serão elaborados para uma altura de avaliação de 4 m e gamas de valores de L_{den} e de L_{night} de 5 dB, conforme definido no anexo VI da presente directiva.
8. No que diz respeito às aglomerações, serão elaborados mapas de ruído estratégicos distintos para o ruído do tráfego rodoviário, o ruído do tráfego ferroviário, o ruído do tráfego aéreo e o ruído industrial. Podem ser elaborados mapas adicionais para outras fontes de ruído.
9. A Comissão poderá elaborar orientações que forneçam directrizes suplementares relativamente aos mapas de ruído, à elaboração de mapas de ruído e aos programas informáticos respectivos, nos termos do n.º 2 do artigo 13.º

ANEXO II – Normas Brasileiras

Normas Brasileiras

II.1 – NBR 11.415/1990

Esta norma vem definir os termos e grandezas empregados na área de ruído aeronáutico impondo limites a exposição sonora entre 7 min e 8hs e define entre os subitens 2.1 a 2.135 todos os termos a serem adotadas em referência aos ruídos e atenção especial deve ser dada aos subitens 2.39 que trata sobre a dose de ruído em sua quantidade a que uma pessoa está exposta que é expressa abaixo:

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n},$$

Onde,

C_n – é o tempo total no qual uma pessoa fica exposta a um nível de ruído específico;

T_n – máxima exposição permissível a este nível, segundo a Tabela 23²⁵

Tabela 23 - Níveis de ruído x máxima exposição diária permissível

Níveis de Ruído dB(A)	Máxima exposição diária permanente	Níveis de Ruído dB(A)	Máxima exposição diária permanente
85	8 h	98	1h e 15 min
86	7 h	100	1 h
87	6 h	102	45 min
88	5 h	104	35 min
89	4 h e 30 min	105	30 min
90	4 h	106	25 min
91	3h e 30 min	108	20 min
92	3 h	110	15 min
93	2h e 40 min	112	10 min
94	2h e 15 min	114	8 min
95	2 h	115	7 min

²⁵ Estes valores são os apresentados no Anexo n. °1, da NR-15, da Portaria n. °3214, de 8 de junho de 1978, do Ministério do Trabalho.

96	1h e 45 min		
----	-------------	--	--

Fonte: 2 - NBR 11.415/1990, p.4

Define-se que o nível de exposição ao ruído em um único evento ao nível - LAX em dB (A) que permanece um segundo, fração de tempo, o qual representará o evento real e é análogo ao EPNL representado pela expressão:

$$LAX = 10 \log \int_0^t 10 \frac{LA(t)}{10} dt ,$$

Onde,

$La(t)$ é o nível de ruído na escala A, no instante t.

Para o nível de incómodo sonoro pelo método Day-Night-Sound Level $-L_{dn}$ é definida como nível equivalente contínuo (L_{eq}) para 24hs, sendo que, no período das 22hs às 07hs, somam-se 10 dB a todos os níveis medidos definido da seguinte forma:

$$L_{dn} = 10 \log \left\{ \frac{1}{24} \left[\frac{1}{3600} \left(\sum_{d=1}^{ND} 10^{\frac{LAd}{2}} \frac{d}{2} \right) + \frac{1}{3600} \left(\sum_{n=1}^{NN} 10^{\frac{LAn}{10}} \frac{n}{2} \right) \right] \right\}$$

Onde,

ND - é o número total de sobrevoos ocorridos durante o período diurno;

NN - é o número total de sobrevoos ocorridos durante o período noturno;

d - é a duração de cada evento diurno;

n - é a duração de cada evento noturno;

LaD - é o nível máximo de ruído em dB (A) dos sobrevoos diurno;

LaN - é o nível máximo de ruído em dB (A) dos sobrevoos noturno;

O nível equivalente de pressão sonora - L_{eq} , é definido como o valor contínuo de LA (Nível em dB (A)) para qual a energia integrada é igual à energia integrada total de uma sucessão de eventos, podendo ser expresso por:

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \sum_i^n 10^{\frac{LAX_i}{10}}$$

Onde,

LAX_i - é o nível de exposição ao ruído na escala A, para o i-ésimo evento;

T - é o período total de tempo sob consideração, em s.

II.2 – NBR 10.151/2000

A NBR 10.151/2000 – é responsável pela avaliação e a aceitabilidade do ruído em comunidades, independentemente da existência de reclamações utilizando como método avaliativo o de nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) em decibéis ponderados em “A” – dB (A). Esta norma tem o intuito de correções nos níveis medidos se apresentar características especiais e uma comparação dos níveis corrigidos com um critério que leva em conta vários fatores, sendo assim denominados de L_c o nível de pressão sonora e NCA o nível de critério de avaliação. No entanto para se determinar o NCA para ambientes externos deverá ser verificado de acordo com a Tabela 24

Tabela 24 - NCA - Nível de critério de Avaliação para Ambientes externos, em dB (A)

TIPOS DE ÁREAS	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

Fonte: 3 - NBR 10.151/2000, p.3

Esta norma apresenta uma flexibilidade para o período diurno e noturno da Tabela 24, sendo que o período noturno não deve começar depois das 22hs e nem findar antes das 07hs para os dias uteis e para feriados e domingos o termino do período noturno não deve ser antes das 09hs. Esta norma também permite que o NCA seja igual ao Nível de Ruído Ambiente L_{ra} caso os valores da Tabela 24 sejam inferiores aos medidos para a mesma área e horário.

Para os ambientes internos, a NBR 10.151/2000, estabelece correções da Tabela 24 de -10 dB (A) para janela aberta e -15 dB (A) para janela fechada.

Em relação aos ensaios, fica estabelecida pela NBR 10.151/2000 que deverão constar as seguintes informações:

- Marca, tipo ou classe e número de série de todos os equipamentos de medição utilizados;
- Data e número do último certificado de calibração de cada equipamento de medição;
- Desenhos esquemáticos e/ou descrição detalhada dos pontos da medição;
- Horário e duração das medições do ruído;
- Nível de pressão sonora corrigido L_c , indicando as correções aplicadas;
- Nível de ruído ambiente - L_{ra} ;
- Valor do NCA aplicado para área e horário da medição;
- Referência a esta Norma.

II.3 – NBR13.368/1995

A ABNT através da NBR 13.368/1995, estabelece o método para monitoração de ruído gerado por aeronaves que devem ser atendidos conforme especificações do Regulamento Brasileiro da Aviação Civil - RBAC 161/2013 e define o Nível de Pressão Sonora (L_p) como sendo 20 vezes o logaritmo da razão entre a pressão sonora (P) e a pressão de referência (P_0) tendo seu resultado em dB, conforme a expressão abaixo:

$$L_p = 20 \times \log\left(\frac{P}{P_0}\right)$$

Onde,

$$P_0 = 2 \times 10^{-5} \mu Pa$$

As aparelhagens devem atender as prescrições das IEC 225 e IEC 651 e como recomendação da execução dos ensaios conforme item 5 da NBR 13.368/1995 do qual informa:

- Identificar o ponto a ser monitorado, em função do campo acústico, de modo que seja caracterizado, preferencialmente, como campo livre;
- Escolher o microfone de acordo com cada campo acústico, com base nas especificações do fabricante;

- Para a calibração dos aparelhos no local, deve ser um sinal acústico de referência antes e após a realização das medições, pelo menos uma vez por dia, ou com base na recomendação do fabricante;
- Condições atmosféricas:
 - Não deve haver precipitação (chuva);
 - A velocidade dos ventos deve ser inferior a 5 m/s.
- Os microfones devem ser posicionados a uma altura de 1,20m acima do solo e a uma distância mínima de 3,0m das superfícies refletoras;
- Medir os valores do nível de ruído equivalente contínuo (L_{eq}) por um período mínimo de 1h, sem interrupção, durante o período considerado mais crítico;
- Fazer um levantamento do ruído de fundo, simultaneamente à medição do L_{eq} ;
- Relacionar o tipo de aeronave, os procedimentos, o horário e o local do ponto que está sendo medido.

No entanto para avaliar os resultados, é importante verificar a existência do impacto gerado pelo ruído aeronáutico (L_{ra}) em relação ao ruído de fundo²⁶ (L_{rf}) conforme Tabela 25

Tabela 25 - Relação do L_{ra} e L_{rf}

Impacto Sonoro	$L_{ra} - L_{rf}$ (dB)
Desprezível	<3
Significativo	>3

Fonte: 4 - NBR 13.368/1995, p.2

Os resultados devem ser apresentados em um laudo técnico onde, constando o seguinte:

- Local, data, e horário de cada medição;
- Descrição do ensaio, posicionamento dos microfones, características dos locais medido, croquis da situação do ensaio e outras que forem julgadas como importantes;
- Condições atmosféricas;
- Tipo de aeronave referente aos eventos medidos;
- Nível de ruído de fundo medido;
- Valores de L_{eq} ;

²⁶ Ruído de fundo – ruído provocado por todas as fontes, exceto aquela em estudo

- E outras...

Faz-se necessário a comparação com a Tabela 26 dos valores do L_{eq} encontrado durante as medições afim de avaliar o incomodo gerado pelas operações aeronáuticas.

Tabela 26 - Avaliação do Incômodo gerado pelas operações aeroportuárias

Reclamações Esperadas	Diurno	Noturno
Sem reação ou queixas esporádicas	$L_{eq} < 65$	$L_{eq} < 55$
Queixas generalizadas com possíveis ações da comunidade	$75 > L_{eq} > 65$	$65 > L_{eq} > 55$
Ações comunitárias vigorosas	$L_{eq} > 75$	$L_{eq} > 65$

Fonte: 5 - NBR 13.368/1995, p.2

II.4 – NBR 10.152/1987

Esta norma tem como objetivo de fixar os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos, não excluindo as recomendações básicas das demais condições de conforto e as questões relativas a riscos de danos à saúde em decorrência do ruído serão tratadas em normas específicas.

Entretanto, a NBR 10.152/1987 estabelece algumas definições para cumprir seus objetivos e entre essas definições estão:

- Pressão sonora ponderada A, em Pascal (P_A) – Determinada pelo uso do circuito ponderado A, conforme IEC 651 – Sounds Level Meters;
- Nível de pressão sonora, em dB (L_p) – determinado pela expressão $L_p =$

$$10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 [dB];$$

Onde,

P – Valor eficaz da pressão em Pascal

P_0 – Pressão sonora de referência (20µPa)

- Nível de pressão sonora ponderado, em dB (A) - L_{PA} – determinado pela expressão

$$L_{PA} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_A}{P_0} \right)^2 [dB(A)]$$

- Curva de Avaliação de ruído (NC)

A Tabela 27, informa a faixa considerada de conforto e o valor limite considerado aceitável para a sua determinada finalidade e os valores superiores ao da tabela são considerados como desconforto, que não necessariamente cause risco de danos à saúde e a Tabela 28 informa os níveis de pressão sonora correspondente as NCs.

Tabela 27 - Valores de dB (A) e NC

LOCAIS		dB (A)	NC
Hospitais			
	Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros Cirúrgicos	35-45	30-40
	Laboratórios, Área para uso do Público	40-50	35-45
	Serviços	45-55	40-50
Escolas			
	Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35-45	30-40
	Salas de aula, Laboratórios	40-50	35-45
	Circulação	45-55	40-50
Hotéis			
	Apartamentos	35-45	30-40
	Restaurantes, Sala de Estar	40-50	35-45
	Portaria, Recepção, Circulação	45-55	40-50
Residências			
	Dormitórios	35-45	30-40
	Sala de Estar	40-50	35-45
Auditórios			
	Salas de Concerto, Teatros	30-40	25-30
	Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo	35-45	30-35
Restaurantes		40-50	35-45
Escritórios			
	Salas de reunião	30-40	25-35

	Salas de gerências, Salas de projetos e de administração	35-45	30-40
	Salas de computadores	45-65	40-60
	Salas de mecanografia ²⁷	50-60	45-55
Igrejas e Templos	Cultos meditativos	40-50	35-45
Locais para esporte			
	Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45-60	40-55

Fonte: 6 - NBR 10.152/1987, p.2

Tabela 28 - Níveis de pressão sonora correspondentes às curvas de NC

CURVA	63 Hz dB	125 Hz dB	250 Hz dB	500 Hz dB	1 kHz dB	2 kHz dB	4 kHz dB	6 kHz dB
15	47	36	29	22	17	14	12	11
20	50	41	33	26	22	19	17	16
25	54	44	37	31	27	24	22	21
30	57	48	41	36	31	29	28	27
35	60	52	45	40	36	34	33	32
40	64	57	50	45	41	39	38	37
45	67	60	54	49	46	44	43	42
50	71	64	58	54	51	49	48	47
55	74	67	62	58	56	54	53	52
60	77	71	67	63	61	59	58	57
65	80	75	71	68	66	64	63	62
70	83	79	75	72	71	70	69	68

Fonte: 7 - NBR 10.152/1987, p.4

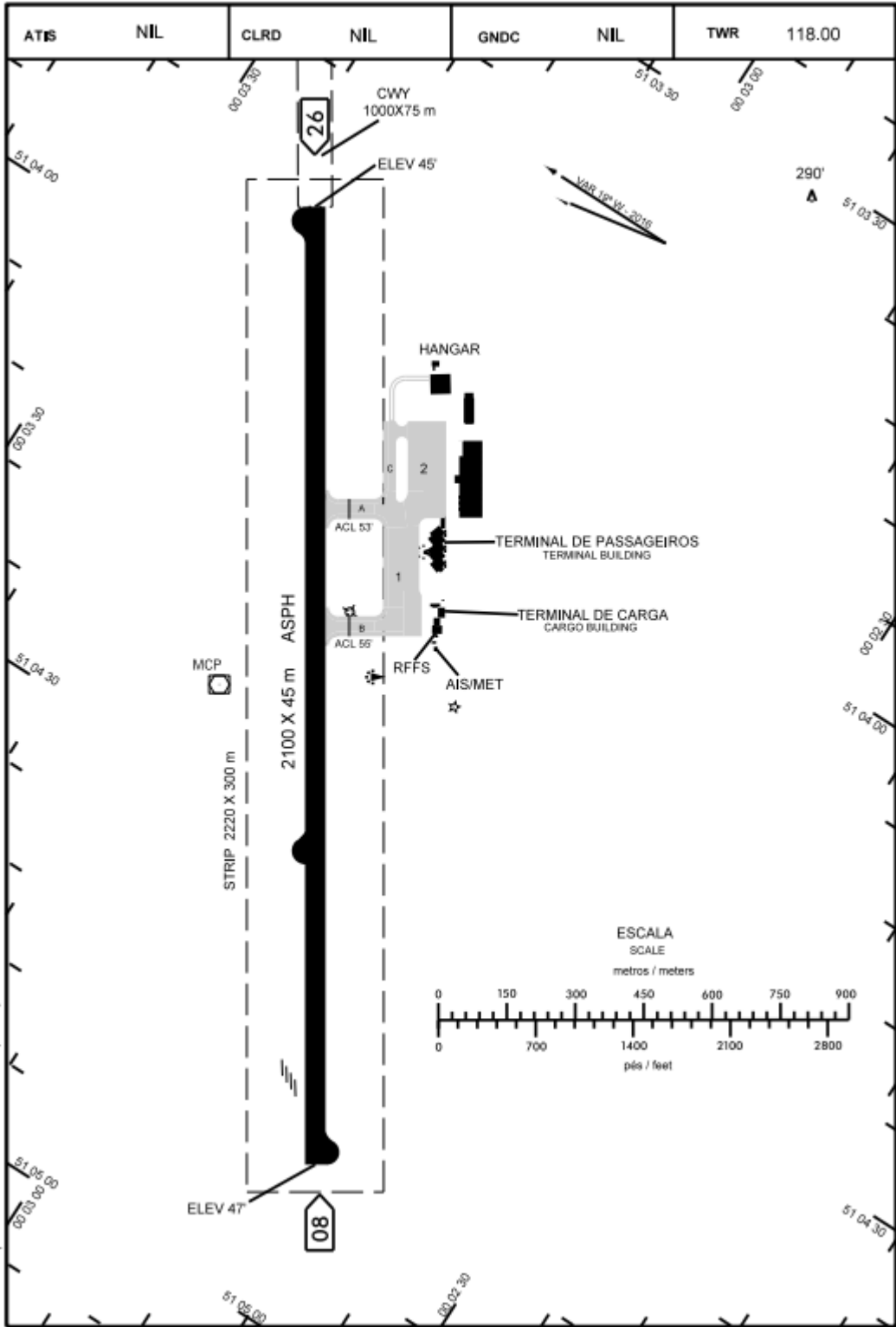
²⁷ Segundo o dicionário Michaelis, mecanografia significa: **1** - O mesmo que *datilografia*. **2** Indústria dos aparelhos de escrita mecânica ou de cálculo mecânico.

ANEXO III – Cartas Aeronáuticas


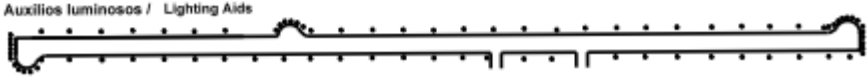
III.1 – CARTA DE AERODROMO (ADC)

CARTA DE AERÓDROMO (ADC) MACAPÁ/Alberto Alcolumbre, INTL (SBMQ)
 AERODROME CHART (ADC) AP-BRASIL ELEV 56'

ARP N00 03 03 VD51 04 13



ADC – SBMQ: INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES/COMPLEMENTARY INFORMATION

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS / PHYSICAL CHARACTERISTICS												
PISTA RUNWAY				DIMENSÕES(m) DIMENSIONS(m)					PCN	TIPO DE SUPERFÍCIE SURFACE KIND		
RWY	BRG MAG	Tipo Type	RCD	RWY	SWY	CWY	RESA	STRIP	RWY	RWY	SWY	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	
08	076	NPA	4			1000X75		2220 X 300	4B/F/C/X/T	ASPH		
26	256	NPA	4	2100X45								
DISTÂNCIAS DECLARADAS, AUXÍLIOS VISUAIS E COORDENADAS DAS CABECEIRAS DECLARED DISTANCES, VISUAL AIDS AND THRESHOLD COORDINATES												
RWY	TORA(m)	ASDA(m)	TODA(m)	LDA(m)	AUXÍLIOS / Aids	ALTURA GEOIDAL(m) GEOID HEIGHT(m)	COORDENADAS COORDINATES					
08	2100	2100	3100	2100	PAPI (3,02')	- 23,62	N00 02 44 W051 04 48					
26	2100	2100	2100	2100		- 23,63	N00 03 21 W051 03 51					
SERVIÇO DE SALVAMENTO E CONTRAINCÊNDIO / RESCUE AND FIRE FIGHTING SERVICE: RFFS REQ - 6												
RWY 08 / 26												
<p>Sinalização horizontal / Marking Aids</p>  <p>Auxílios luminosos / Lighting Aids</p> 												
<p>RMK:</p> <p>1) PAPI - RWY 08: MEHT 59'.</p>												

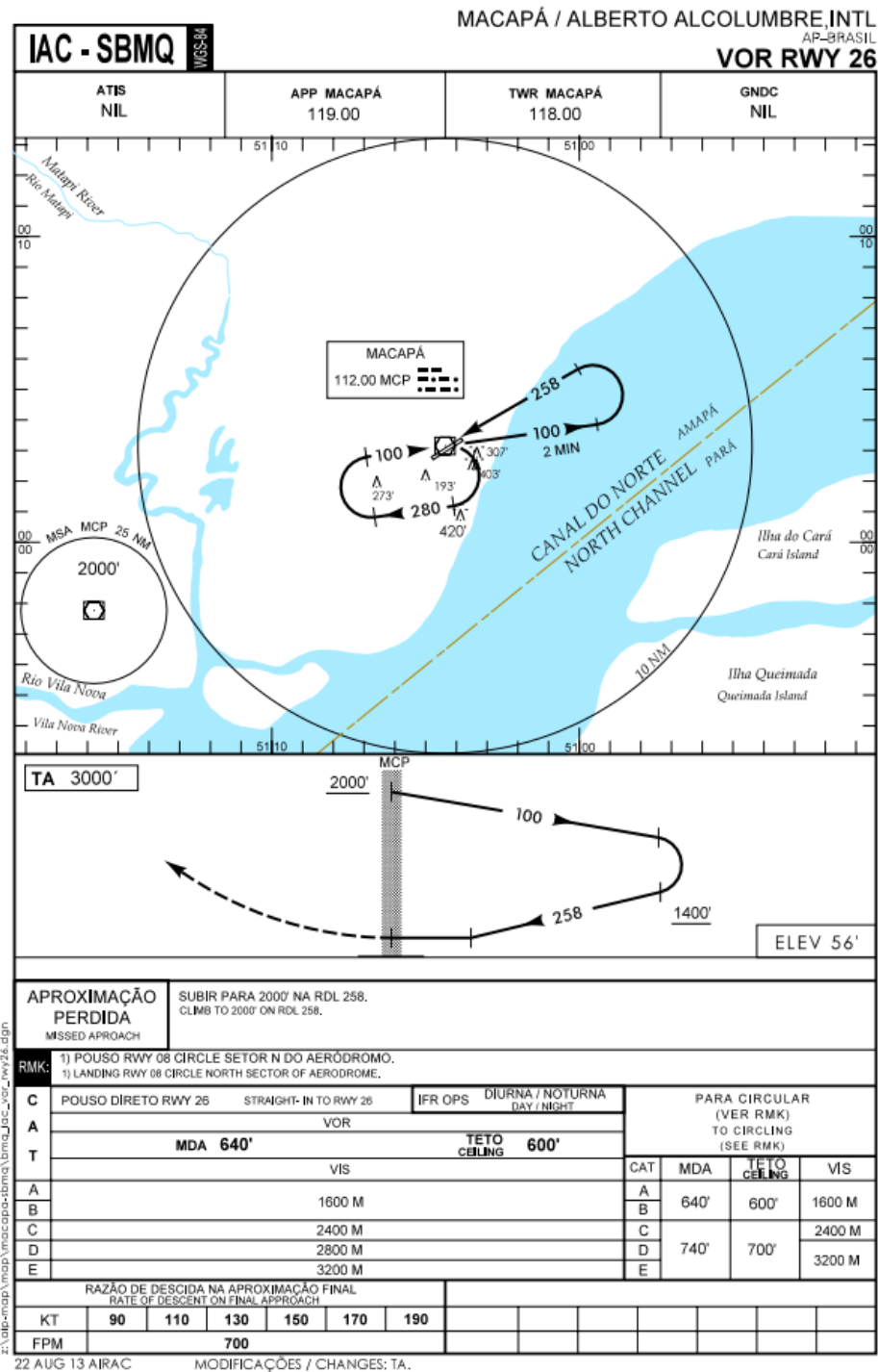
MODIFICAÇÕES/CHANGES: BRG MAG, RMK, VAR.

AIRAC AMDT 12/16 21 JUL 16

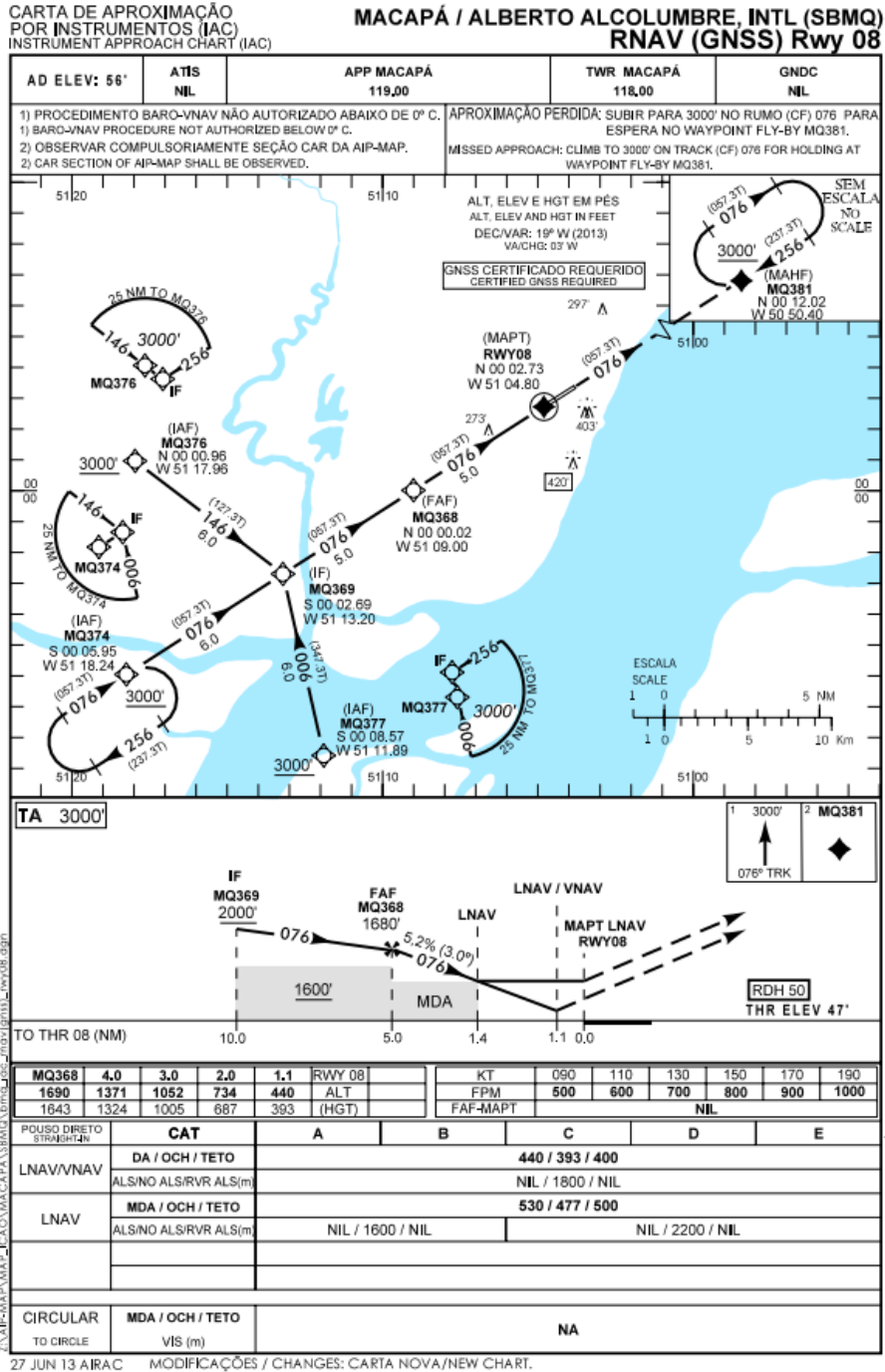
DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO - COMAER - BRASIL

SBMQ_ADC_00J 2

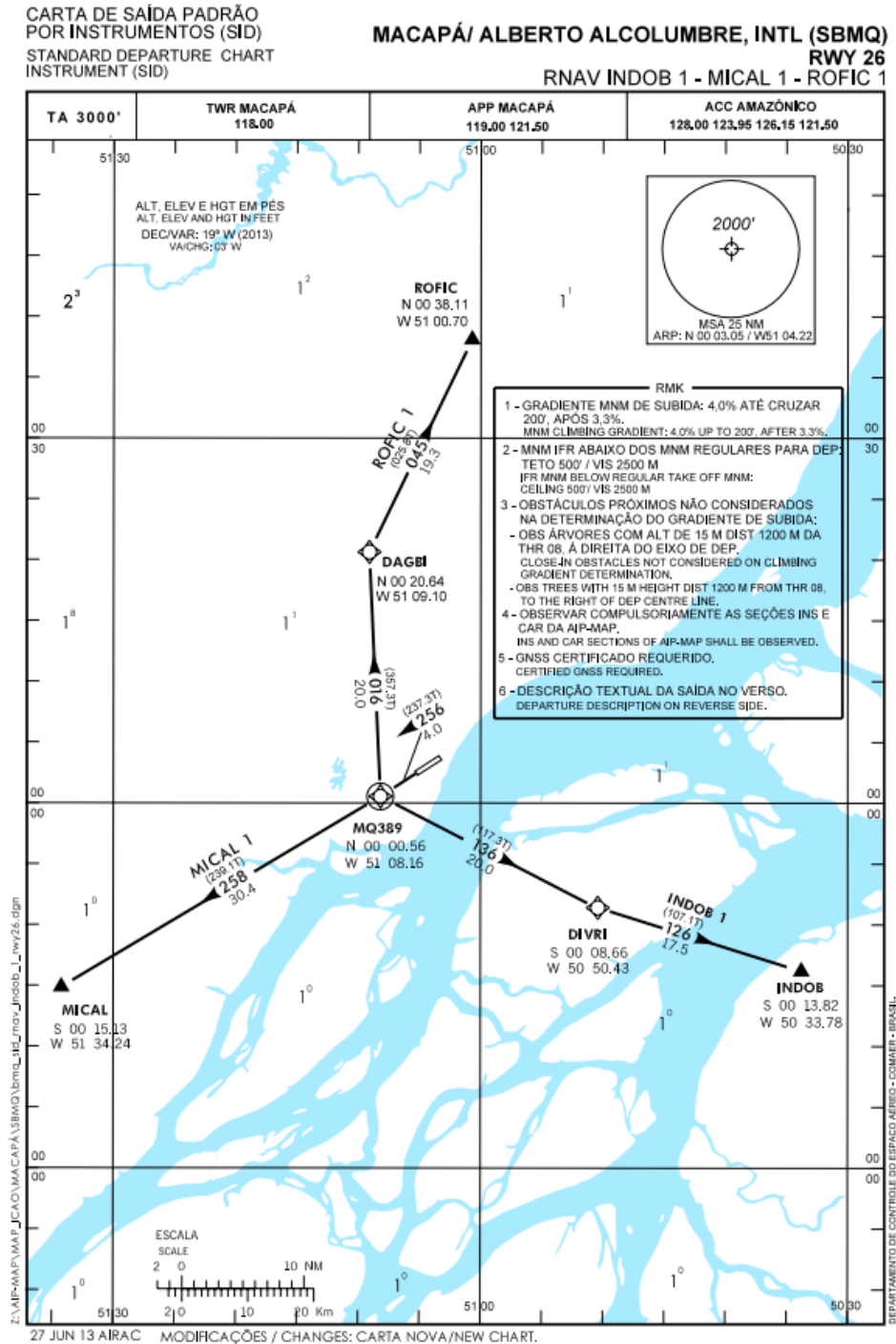
III.3 – CARTA DE APROXIMAÇÃO (VOR RMY26)



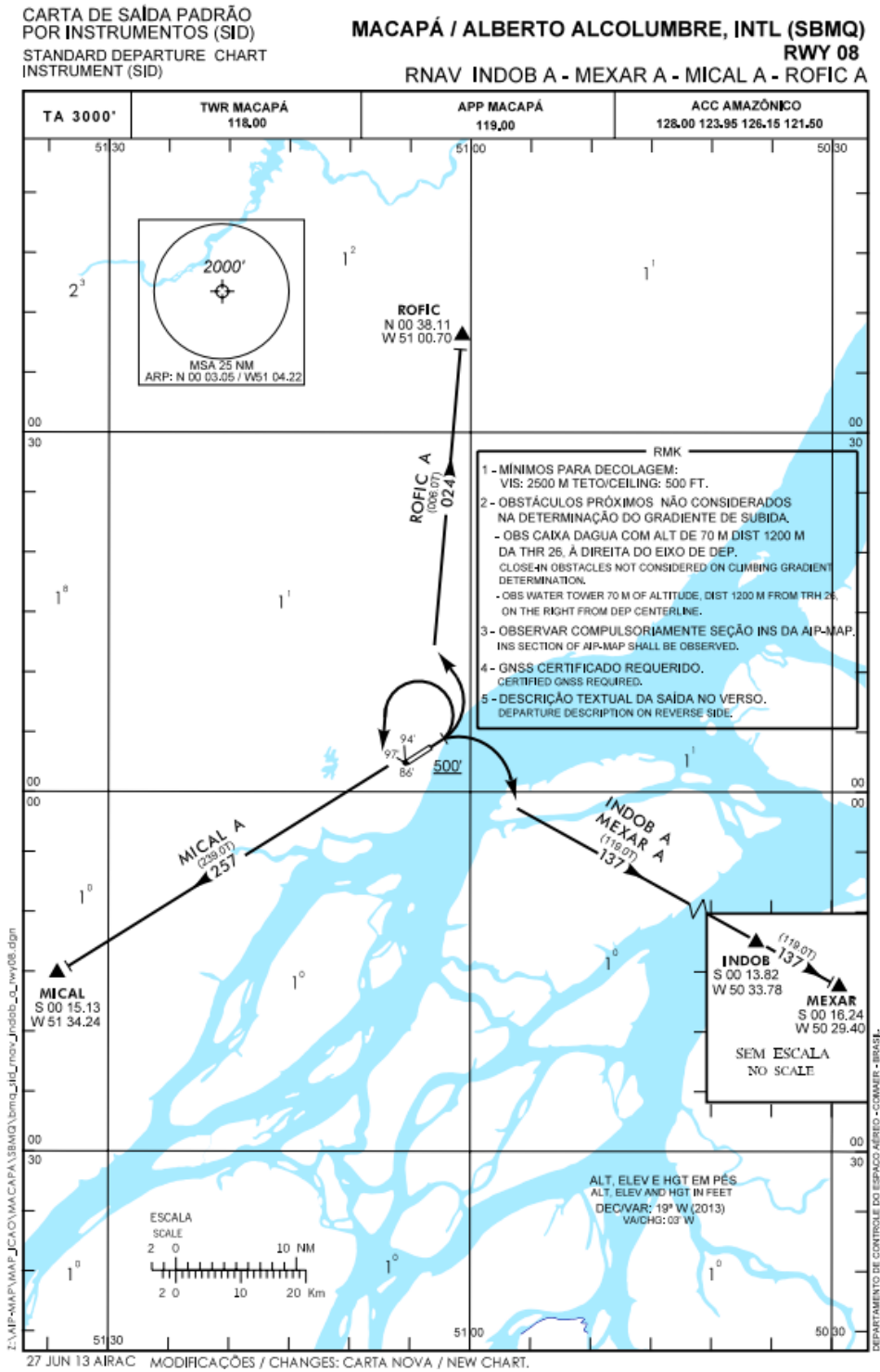
III.5 – CARTA DE APROXIMAÇÃO (IAC – RNAV GNSS RWY 08)



III.6 – CARTA DE SAÍDA PADRÃO POR INSTRUMENTO (SID – RNAV INDOB1 – MICAL1 – ROFIC1 - RMY26)

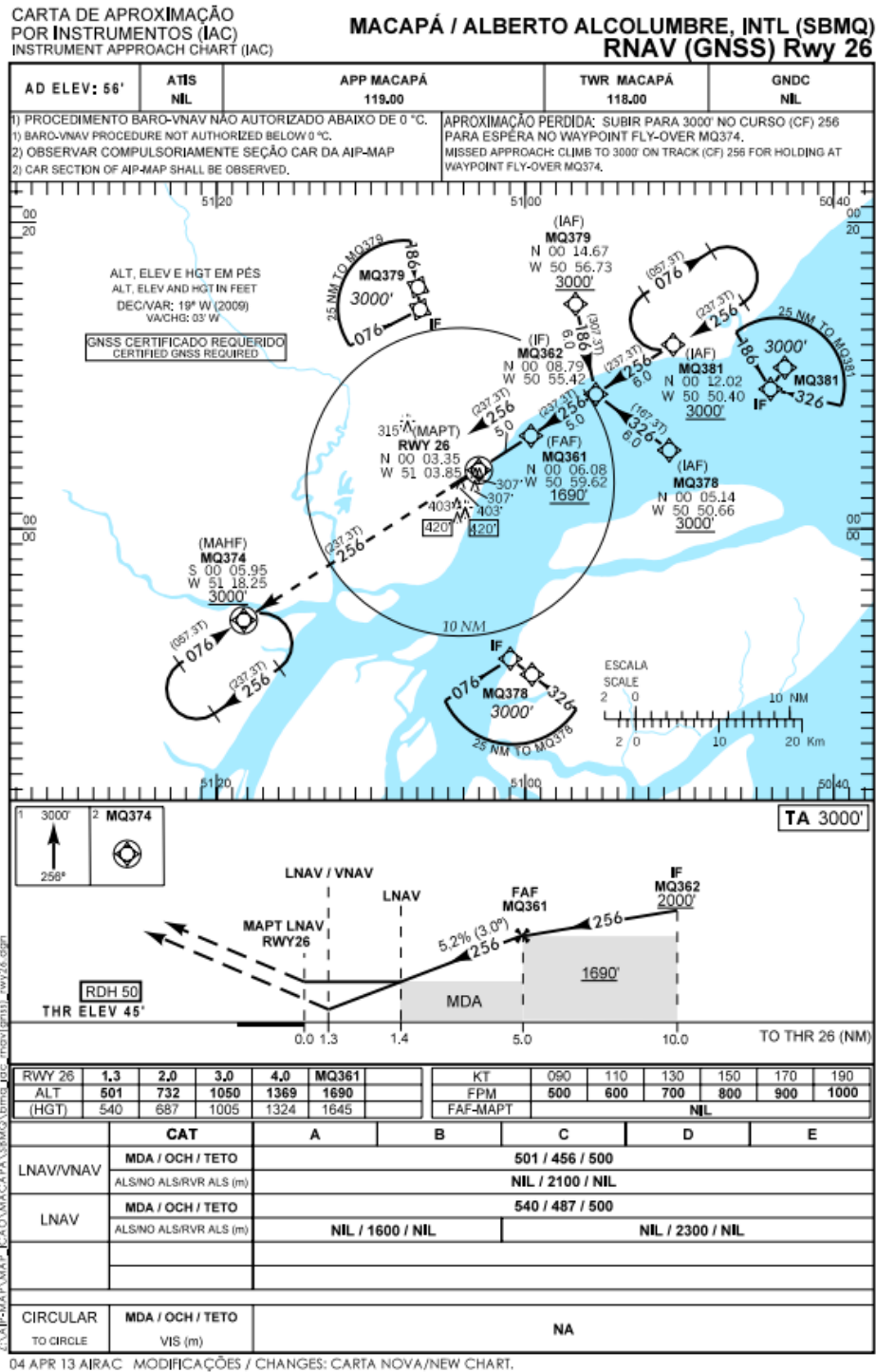


III.7 – CARTA DE SAÍDA PADRÃO POR INSTRUMENTO (SID – RNAV INDOBA – MEXAR A – MICAL A – ROFIC A - RMY26)

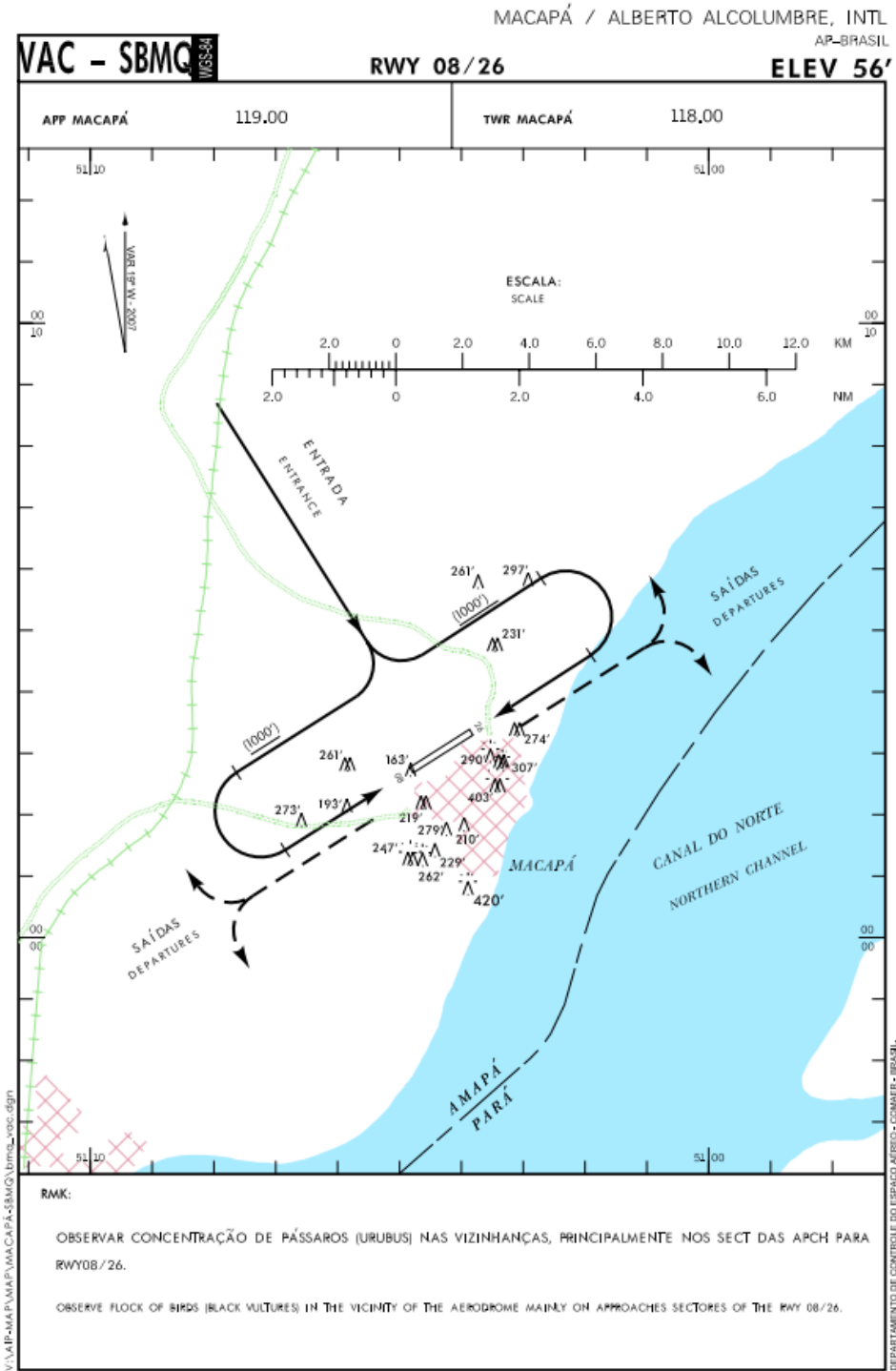


III.8 – CARTA DE APROXIMAÇÃO POR INSTRUMENTO (IAC – RNAV GNSS

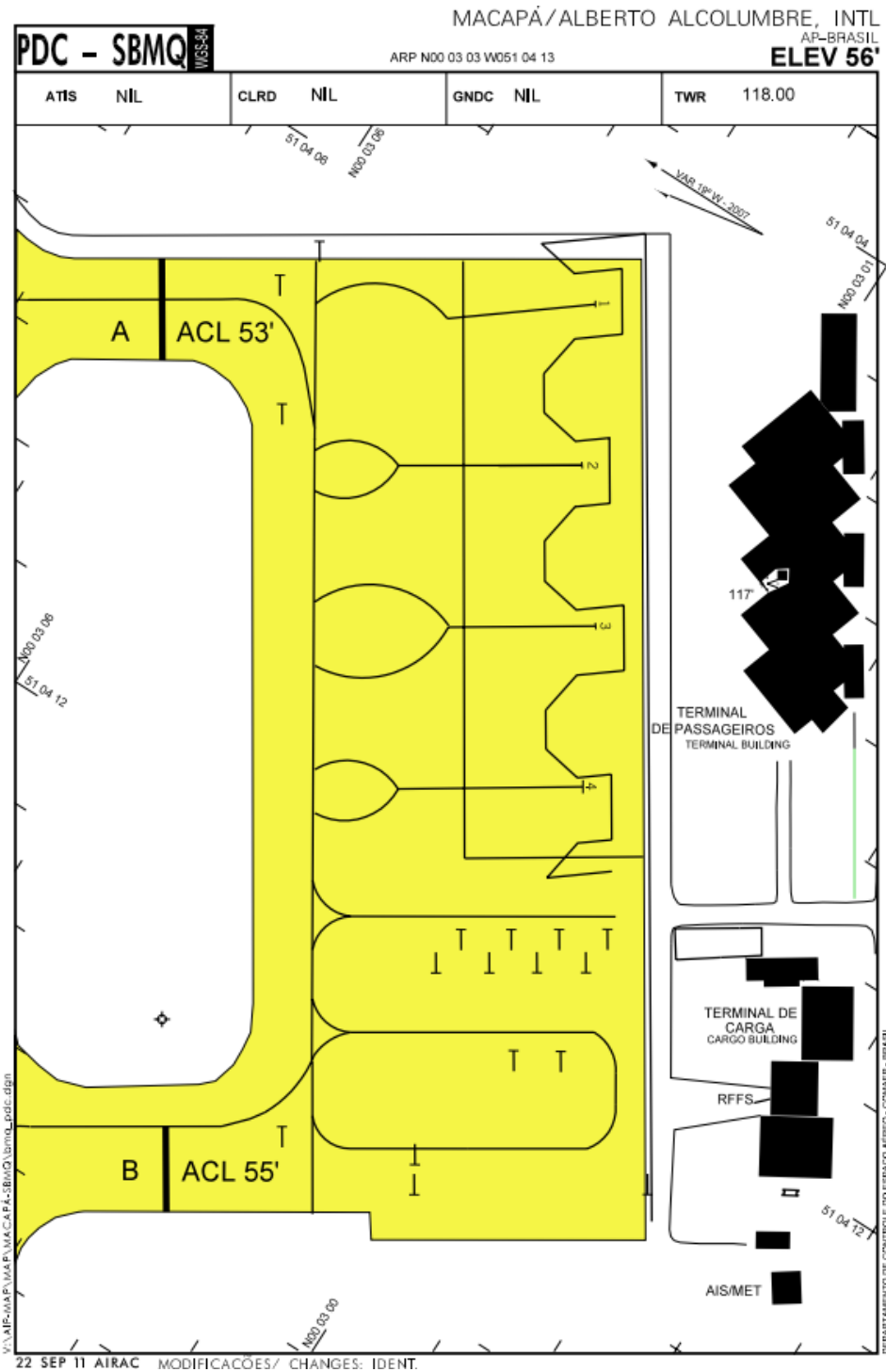
- RMY26)



III.9 – CARTA DE ENTRADA E SAIDA ELEV 56'

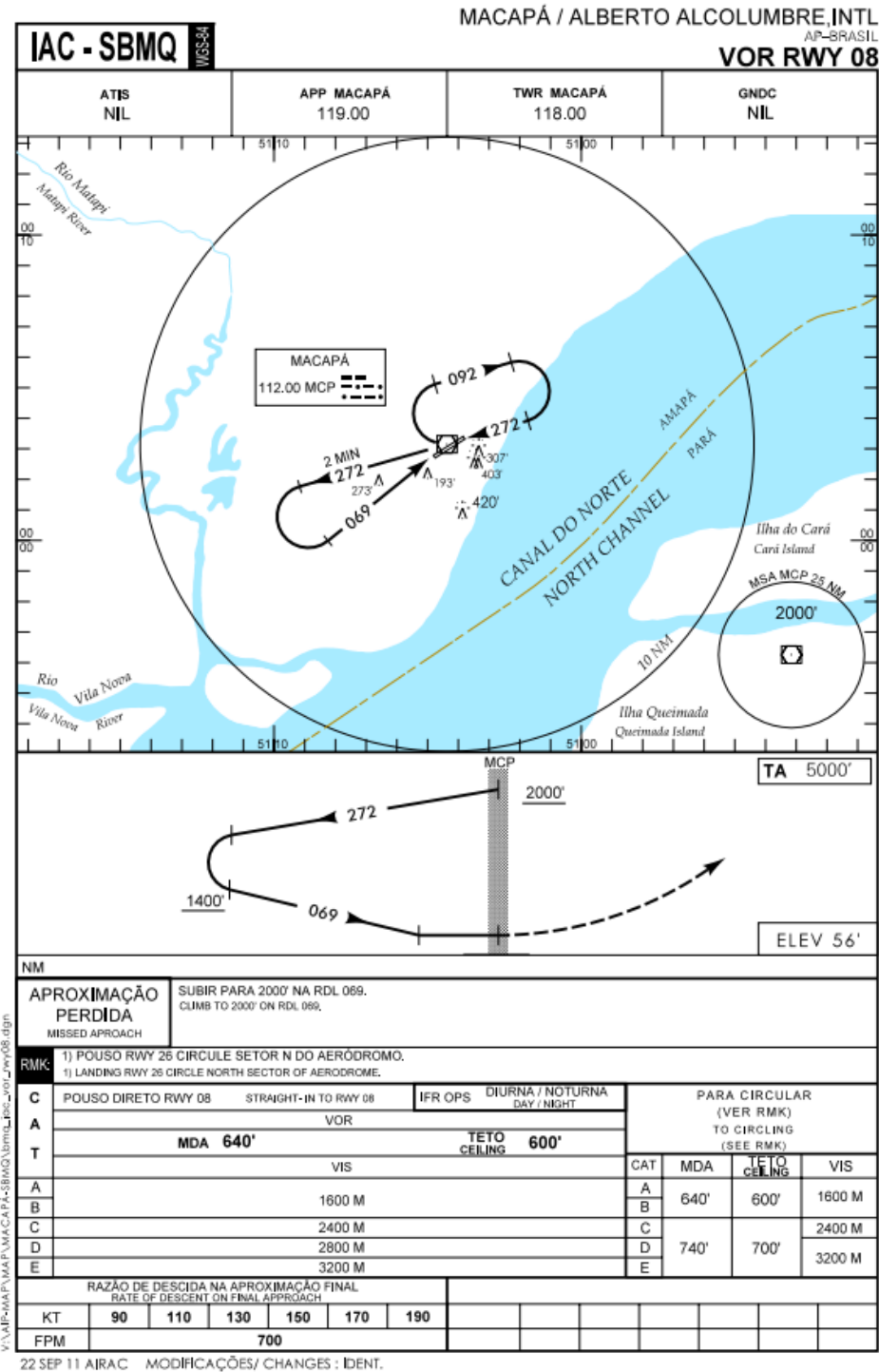


III.10 – CARTA DE ESTACIONAMENTO DO AERODROMO

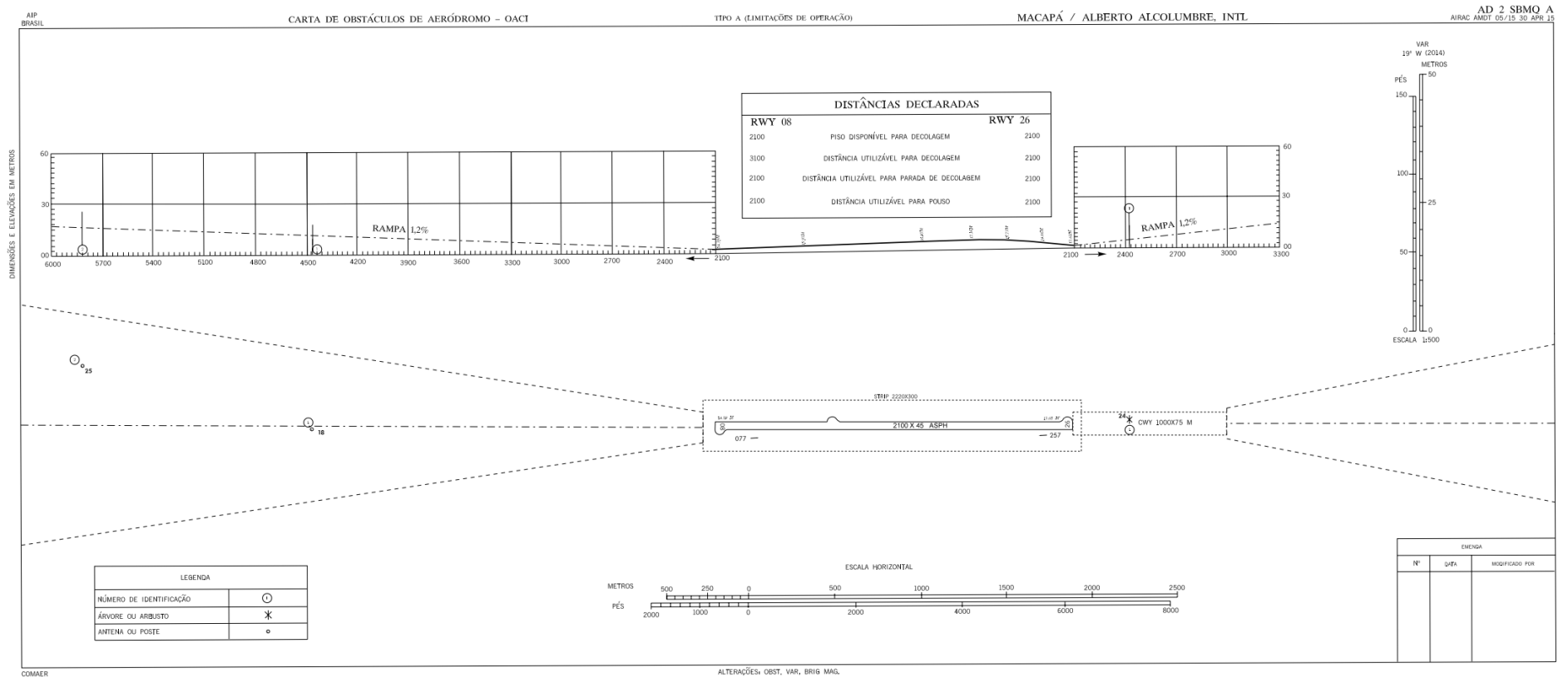


III.11 – CARTA DE APROXIMAÇÃO POR INSTRUMENTO (IAC – VOR RWY)

08



III.12 – CARTA DE OBSTACULO DO AERODROMO



Impacto do ruído do Aeroporto Internacional de Macapá na zona Urbana – Estudo de Caso

