

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM TRANSPORTES

CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL DE RUÍDO DOS PLANOS
BÁSICOS DE ZONEAMENTO DE RUÍDO

PAULO JAYME PEREIRA ABDALA

ORIENTADORA: YAEKO YAMASHITA, PHD

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO EM AVIAÇÃO CIVIL

PUBLICAÇÃO: E-TA-005A/2003
BRASÍLIA/DF: FEVEREIRO/2003

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM TRANSPORTES

CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL DE RUÍDO DOS PLANOS
BÁSICOS DE ZONEAMENTO DE RUÍDO

PAULO JAYME PEREIRA ABDALA

MONOGRAFIA DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO SUBMETIDA AO CENTRO DE
FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM TRANSPORTES DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ESPECIALISTA EM GESTÃO
DA AVIAÇÃO CIVIL

APROVADA POR:

YAEKO YAMASHITA, PhD (UnB)
(Orientadora)

ADYR DA SILVA, PhD (UnB)
(Examinador)

JOSÉ MATSUO SHIMOISHI, Dr. (UnB)
(Examinador)

BRASÍLIA/DF, FEVEREIRO DE 2003

FICHA CATALOGRÁFICA

ABDALA, PAULO JAYME PEREIRA

CrITÉrios Para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído

xiii, 80p, 210x297mm (CEFTRU/UnB, Especialista, Gestão da Aviação Civil, 2003).

Monografia de Especialização – Universidade de Brasília, Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, 2003

1. Ruído Aeronáutico

2. Plano de Zoneamento de Ruído

3. Poluição Sonora

4. Meio Ambiente

I. CEFTRU/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABDALA, P. J. P. (2003). Critério Para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído, Monografia de Especialização, Publicação E-TA-005 A/03, Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, Universidade de Brasília, Brasília/DF, 80 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Paulo Jayme Pereira Abdala

TÍTULO DA MONOGRAFIA: Critério Para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído

GRAU/ANO: Especialista / 2003

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de especialização e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de especialização, pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Paulo Jayme Pereira Abdala

DEDICATÓRIA

et clamabant alter ad alterum et dicebant
sanctus sanctus sanctus Dominus exercituum plena est omnis terra gloria eius

E clamavam uns para os outros, dizendo:
Santo, santo, santo é o SENHOR dos Exércitos; toda a terra está cheia da sua glória.

Isaias 6-3

Dedicado ao GRANDE SENHOR DOS EXÉRCITOS
DOMINUS EXERCITUUM – DOMINUS DOMINATORIUM - REX REGNUN

Dedicado também a minha Querida Esposa Marcia

Meus Pais

Meu Irmão

É verdadeiramente digno,

*justo e de nosso dever
que em todos os tempos e em todos os lugares Te demos graças
SENHOR Santo PAI,
onipotente e eterno DEUS,
mediante JESUS CRISTO nosso SENHOR.
Portanto com os anjos e arcanjos
e com toda a companhia celeste
louvamos e magnificamos o Teu glorioso nome
exaltando-Te sempre dizendo:
Santo, santo, santo. Santo é o SENHOR DEUS dos Exércitos.
Os céus e a terra estão cheios de sua glória.
Hosana, hosana, hosana nas alturas.
Bendito, bendito, bendito aquele que vem em nome do SENHOR.
Hosana, hosana, hosana nas alturas.*

Liturgia da Igreja Luterana

AGRADECIMENTOS

Aos meus amigos e companheiros do Laboratório de Ruído Aeronáutico e Emissões de Motores Fabio Scatolini, Ivone Nascimento e Silva, Célio Augusto do Nascimento Cruz e Dante Bruno Filho;

Aos amigos Milton Valdir de Matos Feitosa, Erivelton Pires Guedes, Beatriz Delpino Pereira Blinder, Roberta de Roode Torres e Carlos Alberto Fonteles de Souza pela troca de idéias e colaborações dadas para a execução deste trabalho;

Ao amigo Rafael Waltz Matera pelo auxílio dado na configuração do computador usado para desenvolver esta monografia;

A minha amiguinha Elizabeth Sá Antunes de Andrade pela ajuda na tradução do resumo;

Ao Mestre Adyr da Silva pelas preciosas informações dadas durante o desenvolvimento do curso;

A minha orientadora Yaeko Yamashita;

Agradeço imensamente a minha esposa Marcia pela paciência demonstrada comigo.

Agradeço principalmente ao meu Senhor JESUS pela salvação!

RESUMO

CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL DE RUÍDO DOS PLANOS BÁSICOS DE ZONEAMENTO DE RUÍDO

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um Critério para Seleção de Curvas de Nível de Ruído para os Planos Básicos de Zoneamento de Ruído - PBZR, que seja compatível com os requisitos previstos na legislação ambiental brasileira. Inicialmente são apresentados os fundamentos teóricos da acústica aplicada ao ruído aeronáutico e a base legal que envolvem as questões relacionadas à poluição sonora no Brasil. Em seguida é apresentado o desenvolvimento do Critério Proposto, que é posteriormente avaliado e validado por meio de sua aplicação em um estudo de caso. Por fim, este trabalho mostra as limitações do atual sistema de seleção de Curvas de Nível de Ruído dos PBZRs, e aponta para a necessidade de sua revisão.

ABSTRACT

This study presents the development of a Criteria to Select the Noise Contours for the Basic Noise Zoning Plan – BNZP, which is compatible with the requirements prescribed in the Brazilian environmental legislation. The initial part of the study covers the theoretical basis of acoustics applied to aircraft noise and the legal basis involving the issues related to noise pollution in Brazil. Following, the study presents the development of the Proposed Criteria, which is subsequently assessed and validated by means of its application in a case study. Finally, the study introduces the limitations of the system in use for selecting the noise contours for the BNZP and points to the necessity of a revision.

SUMÁRIO

| Capítulo | | Página |
|----------|--|--------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 | APRESENTAÇÃO | 1 |
| 1.2 | DEFINIÇÃO DO PROBLEMA | 2 |
| 1.3 | JUSTIFICATIVA | 2 |
| 1.4 | HIPÓTESE | 3 |
| 1.5 | OBJETIVO | 3 |
| 1.6 | ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO | 4 |
| 2 | ACÚSTICA APLICADA AO RUÍDO AERONÁUTICO | 6 |
| 2.1 | APRESENTAÇÃO | 6 |
| 2.2 | FUNDAMENTOS DE ACÚSTICA | 6 |
| 2.2.1 | O Som | 6 |
| 2.2.2 | Amplitude e Decibel | 6 |
| 2.2.3 | Soma de Níveis de Pressão Sonora | 7 |
| 2.2.4 | Nível de Exposição Sonora – Sound Exposure Level – SEL | 8 |
| 2.2.5 | Nível Equivalente de Ruído – Leq | 9 |
| 2.2.6 | Frequência | 9 |
| 2.2.7 | Audibilidade (loudness) | 10 |
| 2.2.8 | Filtros de Ponderação | 12 |
| 2.3 | CAMPO ACÚSTICO | 13 |
| 2.4 | MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE INCÔMODO | 14 |
| 2.4.1 | Método Brasileiro – Índice Ponderado de Ruído – IPR | 14 |
| 2.5 | MODELO INTEGRADO DE RUÍDO – INTEGRATED NOISE MODEL-INM | 15 |
| 2.5.1 | Apresentação do INM5.2a | 15 |
| 2.5.2 | Da Aplicação do INM5.2a | 15 |
| 3 | LEGISLAÇÕES E NORMAS APLICADAS AO RUÍDO AERONÁUTICO | 17 |
| 3.1 | APRESENTAÇÃO | 17 |

| | | |
|----------------|---|-----------|
| 3.2 | ASPECTOS CONSTITUCIONAIS | 17 |
| 3.3 | LEGISLAÇÃO AMBIENTAL | 18 |
| 3.3.1 | Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 | 18 |
| 3.3.2 | Resolução CONAMA Nº 001, de 8 de março de 1990 | 19 |
| 3.4 | LEGISLAÇÕES AERONÁUTICAS | 20 |
| 3.4.1 | Código Brasileiro de Aeronáutica, Lei nº 7.565, de dezembro de 1986 | 20 |
| 3.4.2 | Portaria Nº 1.141/GM5, de 8 de dezembro de 1987 | 21 |
| 3.4.2.1 | Das Definições Gerais | 21 |
| 3.4.2.2 | Das Definições Relativas ao Ruído Aeronáutico | 22 |
| 3.4.2.3 | Plano Básico de Zoneamento de Ruído da Portaria Nº 1.141/GM5 | 24 |
| 3.4.2.4 | Restrições Impostas Para as Áreas Dentro dos Planos de Zoneamento de Ruído da Portaria Nº 1.41/GM5 | 26 |
| 3.4.3 | Legislação Sobre Aeronaves Ruidosas | 29 |
| 4 | DESENVOLVIMENTO DO CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL DE RUÍDO DOS PLANOS BÁSICOS DE ZONEAMENTO DE RUÍDO | 31 |
| 4.1 | APRESENTAÇÃO | 31 |
| 4.2 | INTRODUÇÃO AO CRITÉRIO PROPOSTO | 31 |
| 4.3 | DESENVOLVIMENTO DO CRITÉRIO PROPOSTO | 33 |
| 4.4 | COMPOSIÇÃO DO CRITÉRIO PROPOSTO | 39 |
| 4.5 | PROCEDIMENTO PARA UTILIZAÇÃO DO CRITÉRIO PROPOSTO | 39 |
| 5 | DESENVOLVIMENTO DE CURVAS DE RUÍDO: ESTUDO DE CASO | 42 |
| 5.1 | APRESENTAÇÃO | 42 |
| 5.2 | AEROPORTO DE CRICIÚMA – CONTEXTO GERAL | 42 |
| 5.2.1 | Características Físicas | 42 |
| 5.2.2 | Previsão de Demanda de Movimentos | 42 |
| 5.3 | ESCOLHA DO CENÁRIO E DAS AERONAVES | 43 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 5.4 | DIMENSIONAMENTO DAS CURVAS DE NÍVEL DE RUÍDO 1 E 2 | 45 |
| 6 | ANÁLISE DE RESULTADOS | 48 |
| 6.1 | APRESENTAÇÃO | 48 |
| 6.2 | APLICAÇÃO DA PORTARIA Nº 1.141/GM5 PARA O AEROPORTO DE CRICIÚMA – SBCM | 48 |
| 6.3 | ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO DO AEROPORTO DE CRUCIÚMA | 50 |
| 7 | CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES, RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES | 51 |
| 7.1 | APRESENTAÇÃO | 51 |
| 7.2 | CONCLUSÕES | 51 |
| 7.3 | LIMITAÇÕES DO CRITÉRIO PROPOSTO | 51 |
| 7.4 | RECOMENDAÇÕES | 52 |
| 7.5 | SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS | 52 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 54 |
| | ANEXOS | |
| A.1 | COEFICIENTES DE RUÍDO DE AERONAVES | 56 |
| A.2 | DESCRIÇÃO DAS AERONAVES | 60 |
| A.3 | LISTA DE EQUIVALÊNCIA DE AERONAVES | 65 |
| A.4 | LISTA DOS PLANOS ESPECÍFICOS DE ZONEAMENTO DE RUÍDO | 75 |

LISTA DE TABELAS

| Tabela | | Página |
|-------------------|---|---------------|
| Tabela 2.1 | Reação Comunitária Esperada em Função do IPR | 15 |
| Tabela 3.1 | Nível de Critério de Avaliação para Ambientes Externos, em dB (A) | 20 |
| Tabela 3.2 | Dimensionamento das Curvas de Ruído na Portaria N° 1.141/GM5 | 26 |
| Tabela 4.1 | Critério para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído | 38 |
| Tabela 4.2 | Panorama de Operações Previstas para Aeródromo Fictício | 39 |
| Tabela 4.3 | Coeficientes de Ruído das Aeronaves | 40 |
| Tabela 4.4 | Critério para seleção Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído | 41 |
| Tabela 5.1 | Previsão de Movimento de Aeronaves Anual (Pouso + Decolagem) no Aeroporto de Criciúma | 43 |
| Tabela 5.2 | Previsão do Perfil das Aeronaves do Segmento Doméstico Regional que Deverão Operar no Aeroporto de Criciúma-SC | 43 |
| Tabela 5.3 | Panorama de Operações Previstas para o Aeoporto de Criciúma em 2017 | 45 |
| Tabela 5.4 | Coeficientes de Ruído de Aeronaves | 45 |
| Tabela 5.5 | Critérios para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído | 47 |

LISTA DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|-------------------|---|---------------|
| Figura 2.1 | Curvas de Audibilidade | 11 |
| Figura 2.2 | Curvas dos Filtros A, B, C, D, E e SI | 12 |
| Figura 3.1 | Esquema da Curva do Plano Básico de Zoneamento de Ruído da Portaria N° 1.141/GM5 | 26 |
| Figura 4.1 | Passos para a Elaboração do Critério Proposto | 33 |
| Figura 4.2 | Representação Esquemática da posição do Ponto de Energia Máxima Sonora em Relação ao Conjunto Grandes de Curvas de Nível de Ruído da Portaria N° 1.141/GM5 | 36 |
| Figura 4.3 | Representação Esquemática da posição do Ponto de Energia Máxima Sonora em Relação ao Conjunto Médio de Curvas de Nível de Ruído da Portaria N° 1.141/GM5 | 36 |
| Figura 4.4 | Representação Esquemática da posição do Ponto de Energia Máxima Sonora em Relação ao Conjunto Pequeno de Curvas de Nível de Ruído da Portaria N° 1.141/GM5 | 36 |
| Figura 5.1 | Esquema da Curva do Plano Básico de Zoneamento de Ruído da Portaria N° 1.141/GM5 | 47 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

| | |
|----------------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| CBA | Código Brasileiro de Aeronáutica |
| CFB | Constituição Federal Brasileira |
| CONAMA | Conselho Nacional de Meio Ambiente |
| CONTRAN | Conselho Nacional de Transito |
| DAC | Departamento de Aviação Civil |
| FAA | Federal Aviation Administration |
| IAC | Instituto de Aviação Civil |
| IPR | Índice Ponderado de Ruído |
| OACI | Organização Internacional de Aviação Civil |
| NCA | Nível de Critério de Avaliação |
| PNMA | Política Nacional de Meio Ambiente |
| PZR | Plano de Zoneamento de Ruído |
| PBZR | Plano Básico de Zoneamento de Ruído |
| PEZR | Plano Específico de Zoneamento de Ruído |
| SC | Santa Catarina |
| SI | Sistema Internacional |
| SISNAMA | Sistema Nacional de Meio Ambiente |

1. INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

O ruído aeronáutico é considerado o principal problema ambiental produzido pela aviação civil, pois afeta diretamente a qualidade de vida de um grande número de pessoas que residem nas proximidades dos grandes aeroportos e que, em geral, não são beneficiadas, de forma direta, pelas atividades aeroportuárias. Primordialmente este problema está relacionado às operações de pouso, decolagem, taxiamento e teste de motores. Como fator secundário, pode-se incluir também como ruído resultante da atividade aeronáutica aquele emitido por equipamentos de apoio a aeronaves no solo, embora estes afetem mais diretamente as pessoas que circulam nas áreas operacionais dos aeroportos.

A história do ruído aeronáutico se confunde com a própria origem da aviação, entretanto somente a partir da década de 50, com o aparecimento das grandes aeronaves comerciais a jato e o aumento do número de movimentos, este impacto passou a ser considerado como crítico.

Desde o início da década de 80, o Brasil vem buscando minimizar os efeitos ambientais adversos originados da implantação e operação de aeroportos, por intermédio de uma legislação voltada para a prevenção dos impactos do meio ambiente, em particular o ruído aeronáutico.

Estas medidas objetivam proteger os elevados investimentos feitos pela União em infra-estrutura aeroportuária, que poderiam ter suas capacidades limitadas pelas questões ambientais.

O controle da ocupação e uso do solo nas áreas de entorno de aeroportos é de vital importância para a proteção de suas operações e futuro desenvolvimento. O Brasil possui uma política extremamente bem definida neste sentido, contando com centenas de Planos de Zoneamentos de Ruído, sendo que 92 destes planos foram desenvolvidos especificamente para os aeroportos mais importantes do país.

A maioria esmagadora dos aeródromos brasileiros está sujeita as regras estabelecidas pelos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído da Portaria Nº 1141/GM5. Entretanto, com o avanço ocorrido na Aviação Civil brasileira nos últimos anos, tornou-se difícil o enquadramento de muitos destes aeródromos nas categorias estabelecidas por esta Portaria. Além disso, ressalta-se

o fato da necessidade da compatibilização das atividades aeroportuárias com os padrões ambientais implantados no Brasil a partir do início da década de 90.

Por este motivo, o desenvolvimento de um novo Critério para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído possibilitará a adequação destas curvas com as legislações ambientais e com as atuais características operacionais de aeródromos brasileiros.

1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A inadequação do critério preconizado pela Portaria Nº 1141/GM5 para a determinação das Curvas Básicas de Ruído de aeródromos, em função das mudanças ocorridas na Aviação Civil Brasileira nos últimos anos e da implementação de legislações ambientais.

1.3 JUSTIFICATIVA

Os aeródromos podem ter o seu desenvolvimento afetado pela ocupação desordenada de suas áreas de entorno. Neste sentido, o Plano de Zoneamento de Ruído (PZR) é uma ferramenta poderosa que objetiva evitar que atividades incompatíveis com os níveis de ruído gerados por operações de aeronaves sejam implantadas nas áreas de entorno de aeródromos.

No Brasil, a Portaria Nº 1141/GM5 estabelece dois tipos de Planos de Zoneamento de Ruído, a saber:

- Plano Básico de Zoneamento de Ruído (PBZR) – Plano de aplicação genérica.
- Plano Específico de Zoneamento de Ruído (PEZR) – Plano feito especificamente para atender às necessidades de um determinado aeródromo.

A infra-estrutura aeroportuária brasileira conta atualmente com 715 aeródromos públicos, 1299 aeródromos privados e 16 aeródromos militares. Deste conjunto, a maioria se enquadra no PBZR e apenas 92 possuem PEZR aprovados (Anexo 4).

Cabe ressaltar que o PZR é composto pelas Curvas de Nível de Ruído, que delimitam áreas de acordo com o ruído gerado pelas operações em um aeródromo, e por restrições aplicáveis ao uso do solo dentro das áreas definidas pelas curvas.

No caso do PBZR, as Curvas de Nível de Ruído estão especificadas na Portaria Nº 1141/GM5, sendo necessário para a sua aplicação que o aeródromo se enquadre em uma das categorias listadas.

Com o desenvolvimento do Transporte Aéreo Brasileiro ocorrido nos últimos anos, tanto pelo aumento da demanda como pela substituição de aeronaves a hélice por jatos modernos nas companhias aéreas, tornou-se difícil o enquadramento de muitos aeródromos dentro dos critérios estabelecidos pela Portaria em tela.

Além disso, a partir de 1990, com a Resolução CONAMA Nº 001, os níveis de ruído emitidos pelas operações aeroportuárias devem ser compatíveis com os valores apresentados na Norma NBR 10151.

Tendo em vista que as Curvas de Nível de Ruído da Portaria Nº 1141/GM5 não guardam nenhuma relação com a NBR 10151, não é possível saber se um determinado aeródromo atende ou não a esta Norma. Este é um dos principais problemas, em matéria de poluição sonora, para a obtenção de licenciamento junto aos órgãos ambientais.

Sendo assim, o desenvolvimento de um novo critério para o enquadramento de aeródromos dentro das curvas especificadas pela Portaria Nº 1141/GM5 facilitará o atendimento das legislações ambientais quanto ao ruído.

1.4 HIPÓTESE

O desenvolvimento de um novo critério para seleção das curvas básicas de ruído possibilita a adequação destas curvas às legislações ambientais e às atuais características operacionais de aeródromos brasileiros.

1.5 OBJETIVO

Desenvolver um novo critério para seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Panos Básicos de Zoneamento de Ruído, que possibilite uma melhor adequação do volume e do tipo de operação em aeródromos brasileiros com os requisitos ambientais.

1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho encontra-se dividido em sete capítulos, com a seguinte organização:

No Capítulo 1, foram desenvolvidos os itens relativos à apresentação, justificativa do tema, definição do problema, objetivo, hipótese e definição quanto à organização do trabalho.

O Capítulo 2 aborda somente os principais fundamentos da acústica aplicada ao ruído aeronáutico, que serão necessários para a compreensão do Critério Proposto, apresentado no Capítulo 4.

O Capítulo 3 tem por finalidade apresentar os instrumentos legais, normas relacionadas direta ou indiretamente ao ruído aeronáutico. Para tanto, será fornecido um panorama global, que inicia com os aspectos mais generalistas abordados na Constituição Federal do Brasil, passando pela legislação aeronáutica que trata de Planos de Zoneamento de Ruído, para finalizar com a Legislação Ambiental Brasileira relacionada com a poluição sonora.

O Capítulo 4 tem por finalidade apresentar o Critério para a Seleção de Curvas de Nível de Ruído. Primeiramente é feita uma introdução geral sobre sua concepção, para em seguida demonstrar o desenvolvimento do Critério que busca garantir que as Curvas de Nível de Ruído sejam compatíveis com a Norma NBR 10151.

No Capítulo 5 será apresentado o estudo de caso envolvendo o Aeroporto de Criciúma - SC, o qual tem como objetivos a verificação da validade do Critério Proposto para a Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído e a comprovação da hipótese estabelecida no Capítulo 1.

No Capítulo 6 são estabelecidos os critérios para a uma avaliação do Critério Proposto, bem como uma análise dos resultados obtidos no estudo do Aeroporto de Criciúma. Este Capítulo finaliza com a validação do Critério Proposto.

No Capítulo 7 são apresentadas as conclusões relativas ao Critério Proposto para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído. Além disso, serão apresentadas algumas deficiências e limitações técnicas que estão envolvidas no Critério em tela,

bem como algumas recomendações que poderão ser consideradas quando da revisão da Portaria N° 1141/GM5, de 8 de dezembro de 1987.

Por fim serão feitas sugestões de trabalhos futuros, os quais poderão compor o conjunto de ferramentas necessárias para o desenvolvimento PBZRs mais adequados no Brasil.

2 ACÚSTICA APLICADA AO RUÍDO AERONÁUTICO

2.1 APRESENTAÇÃO

Segundo PIERCE (1981), acústica é a ciência que estuda o som, incluindo sua produção, transmissão e efeitos. Esta ciência tem ramificações na física, na engenharia, nas artes, na medicina, entre outras.

Tendo em vista a vasta área de aplicação desta ciência e considerando os objetivos deste trabalho, este capítulo aborda somente os principais fundamentos da acústica aplicada ao ruído aeronáutico que serão necessários para a compreensão do Critério Proposto, apresentado no Capítulo 4.

2.2 FUNDAMENTOS DE ACÚSTICA

2.2.1 O Som

O som é uma perturbação física em um meio (gasoso, líquido ou sólido), que pode ser detectado pelo ouvido humano. O meio no qual a onda sonora se propaga deve ter massa e elasticidade. Sendo assim, não existe propagação sonora no vácuo (HARIS, 1979).

A velocidade desta propagação depende das características específicas do meio. Quando a onda sonora se propaga no ar, a sua velocidade é afetada por de vários fatores tais como a temperatura, pressão e umidade. Normalmente esta velocidade gira em torno de 340 m/s (DOWLING, 1983).

O som possui três características principais: amplitude, frequência e timbre. Dentro do escopo deste trabalho a amplitude sonora está relacionada com a pressão sonora captada pelo ouvido humano. A frequência é a característica sonora que permite distinguir a altura sonora. Por fim, timbre refere-se ao conteúdo de frequência de um determinado som.

2.2.2 Amplitude e Decibel

O ouvido humano é sensível à pressão sonora. A menor pressão que pode ser ouvido pela média de uma população saudável é de 20 μPa , a qual foi padronizada como o valor nominal para o limiar mínimo da audição humana, para fins de medições sonoras. Do outro lado da escala,

encontra-se o limite da dor, que ocorre com pressões sonoras da ordem de 100.000.000 μPa (HASSAL, 1979).

Embora seja possível expressar pressões sonoras em Pascal, a sua utilização não é prática em função das dificuldades de se expressar valores numéricos de ordens de grandeza muito diferentes. Um outro fato relevante é a constatação de que a percepção do ser humano, em relação ao som, não é linear e sim logarítmica (PIERCE, 1981).

Durante os primeiros anos da década de 1920, quando as medições de pressão sonora se tornaram práticas, era comum a utilização da escala logarítmica, na base 10, para comprimir a escala linear em Pascal (PIERCE, 1981).

Posteriormente, foi convencionado expressar a pressão sonora na escala logarítmica, nessa base, a qual foi denominada bel, em homenagem a Alexander Graham Bell. Entretanto, por tratar-se uma unidade muito grande para ser usada com praticidade, costuma-se usar a décima parte do bel, denominada decibel (dB) (HASSAL, 1979).

O Nível de Pressão Sonora – NPS, expresso em decibel é definido na Equação 1-1:

$$\text{NPS} = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 \quad \text{Eq 1-1}$$

Onde

P = Pressão sonora medida.

P₀ = Pressão sonora de referência padronizada, 20 μPa .

Assim, os limites inferior e superior da audição humana, que expressos em termos de Pascal são 20 μPa e 100.000.000 μPa respectivamente, quando transformados em decibel são equivalentes a 0 dB e 140 dB.

2.2.3 Soma de Níveis de Pressão Sonora

A escala em decibéis não é linear, mas sim logarítmica. Logo, quando se deseja obter o nível de pressão sonora resultante de duas ou mais fontes sonoras simultaneamente, não é correto somar os níveis individuais de cada fonte linearmente. Por exemplo, se um aspirador de pó produz sozinho um nível de pressão sonora de 80 dB, dois aspiradores idênticos e funcionando juntos não resultarão em um nível de 160 dB.

O procedimento correto é linearizar as parcelas em decibel, transformando cada valor em pressão. As pressões são somadas linearmente e seu resultado é transformado novamente em decibel.

A Equação 1-2 mostra a forma simplificada de fazer esta operação.

$$\sum NPS_{dB} = 10 \log \left(\sum_A^N 10^{\frac{A}{10}} + 10^{\frac{B}{10}} + 10^{\frac{C}{10}} + \dots + 10^{\frac{N}{10}} \right) \quad \text{Eq 1-2}$$

Onde A, B, C ...N, são os níveis de pressão sonora, expressos em decibel.

O processo de soma de níveis de pressão sonora, em dB, é extremamente importante para o desenvolvimento e aplicação do Critério Proposto, conforme será mostrado no Capítulo 4.

2.2.4 Nível de Exposição Sonora - Sound Exposure Level – SEL

O Nível de Exposição Sonora – SEL – cuja unidade mais comum é o dB(A), representa a soma de todos os níveis de pressão sonora dentro do intervalo de interesse. Também pode ser definido como um nível de ruído com duração de um segundo que contenha a mesma energia sonora de um evento (PETERSON, 1963).

Matematicamente o SEL é definido na Equação 1-3:

$$SEL = 10 \log \int_{t1}^{t2} 10^{\frac{NPS}{10}} dt \quad \text{Eq 1-3}$$

Onde t_1 e t_2 correspondem ao tempo inicial e final de medição, respectivamente.

Como normalmente os níveis de ruído contínuos podem ser aproximados para intervalos discretos, a formulação integral do SEL pode ser simplificada, conforme mostrado na Equação 1-4.

$$SEL = 10 \log \left(\sum_{t1}^{t2} 10^{\frac{NPS}{10}} \right) \quad \text{Eq 1-4}$$

O SEL é importante para o desenvolvimento do Critério Proposto, uma vez que os coeficientes das aeronaves, conforme será demonstrado no Capítulo 4, em SEL.

2.2.5 Nível Equivalente de Ruído –Leq

O Nível Equivalente de Ruído representa o valor médio do ruído em um intervalo de tempo determinado (HASSAL, 1979).

Matematicamente o Leq é definido na Equação 1-5.

$$Leq = 10 \log \left(\frac{1}{\Delta t} \right) \int_{t1}^{t2} 10^{\frac{NPS}{10}} dt \quad \text{Eq 1-5}$$

Onde Δt é o intervalo de tempo de interesse.

Assim como o SEL, a forma integral do Leq também pode ser simplificada, conforme mostrado na Equação 1-6.

$$Leq = 10 \log \left(10 \sum_{t1}^{t2} 10^{\frac{NPS}{10}} \right) + 10 \log (\Delta t) \quad \text{Eq 1-6}$$

Quando os níveis de ruído são processados pelo filtro de ponderação “A”, que será mostrado a seguir, o Leq torna-se LAeq.

O Leq se relaciona com o SEL pela Equação 1-7.

$$Leq = SEL - 10 \log (\Delta t) \quad \text{Eq 1-7}$$

2.2.6 Freqüência

Por definição, freqüência é o número de repetições de um determinado fenômeno por unidade de tempo. No Sistema Internacional (SI) a unidade de freqüência é o Hertz (Hz), que representa o número de ciclos por segundo (HARIS, 1979).

A faixa de audição humana se situa entre 20 Hz e 20 kHz, embora para a média das pessoas adultas o limite superior de frequência caia de 20 kHz para um valor próximo de 10 KHz (KRYTER, 1970).

Em geral, os sons encontrados na natureza não são compostos por uma única frequência, mas sim por uma composição destas, a qual é denominada de espectro de frequência sonora (BERANECK, 1971).

O sistema auditivo humano não responde de forma igual para todas as frequências dentro da faixa audível. A região máxima sensibilidade do ouvido humano situa-se próximo de 3 kHz. A medida que a frequência se aproxima dos extremos da faixa audível a percepção sonora cai (KINSLER, 1950).

2.2.7 Audibilidade (loudness)

Apesar do nível de pressão sonora e do espectro sonoro fornecerem todas as propriedades físicas do som ou do ruído analisado, eles não levam em consideração, nos seus processos de cálculo, a capacidade de percepção dos ouvidos de cada observador. Isto porque este parâmetro é inteiramente subjetivo, isto é, varia de indivíduo para indivíduo. Sabe-se apenas, com certeza, de que essa percepção depende, sobretudo, do nível de pressão sonora, do conteúdo espectral do som estudado e, em alguns casos, da idade do ouvinte. A esta percepção auditiva dá-se o nome de audibilidade (CECIA, 1981).

Na tentativa de desenvolver parâmetros numéricos capazes de expressar, ao menos parcialmente, este fenômeno, Fletcher e Munson desenvolveram, na década de 30, um trabalho que hoje denominamos curvas de igual audibilidade, e que têm encontrado aceitação considerável. O resultado deste trabalho é mostrado na Figura 1-1.

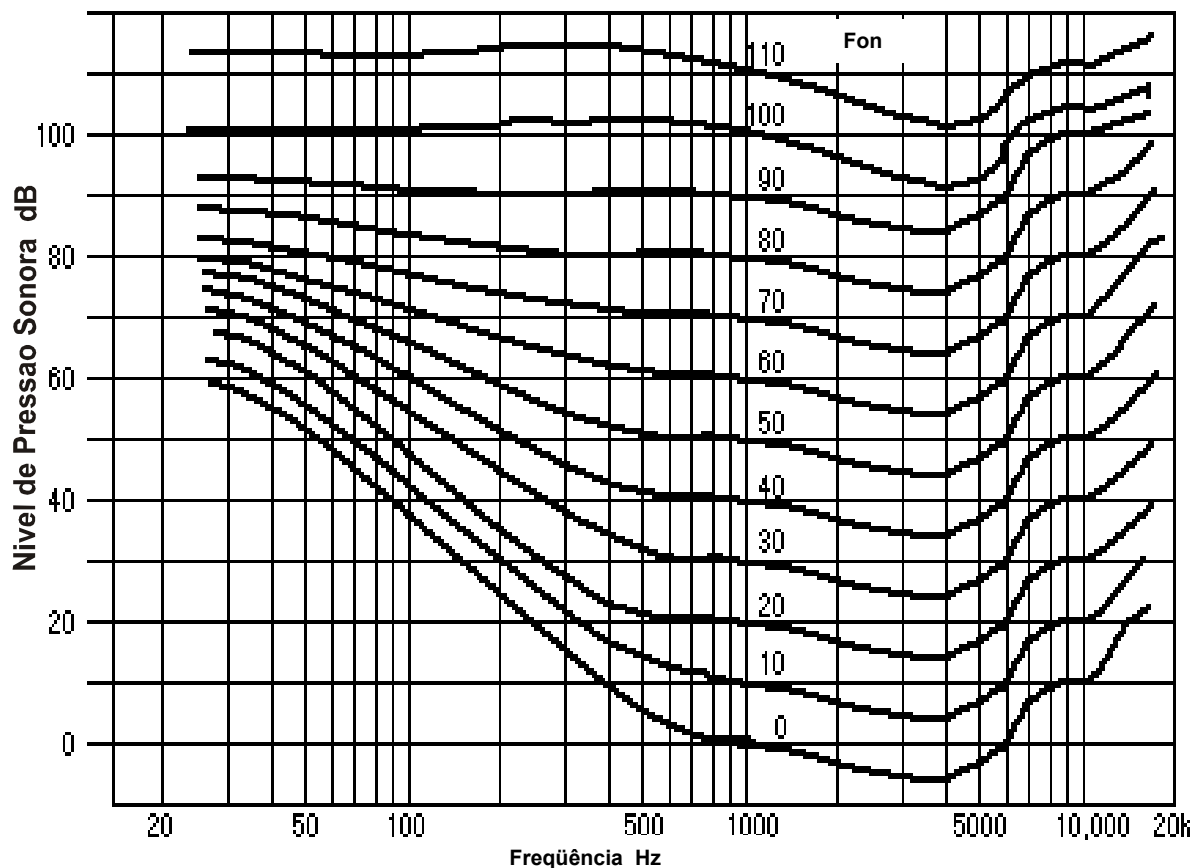


Figura 2.1 – Curvas de Audibilidade

As curvas foram construídas da seguinte forma:

- 1) Uma pessoa de audição considerada perfeita, ouve um tom puro (som de uma única frequência) de 1000 Hertz com um nível de 10 dB. Este é o nível de referência para a primeira curva.
- 2) Esta mesma pessoa ajusta os níveis de tons puros de outras frequências apresentadas, uma de cada vez, até que estes níveis lhe pareçam tão intensos quanto o nível de referência. Desta forma, obtém-se empiricamente os níveis correspondentes, para cada frequência, ao nível de 10 dB em 1000 Hertz.

Quando se faz um gráfico destes níveis em função da frequência nas quais eles foram determinados, obtém-se a curva de 10 fons, que é a unidade de medida de audibilidade. É importante reforçar que estas curvas foram levantadas empiricamente, ou seja, foram baseadas unicamente em dados experimentais, sendo que cada curva é o resultado médio de, pelo menos, centenas de experimentos. Este processo foi repetido para tons de 1000 Hz a 20, 30, 40, 50 dB, etc., para determinação das curvas de 20, 30, 40, 50 fons, etc (CECIA, 1981).

Analisando as curvas, podemos perceber que o ouvido humano é, via de regra, muito mais sensível para sons cujas frequências estão entre 1000 e 6000 Hertz. Para frequências acima ou abaixo destes valores, o ouvido perde sensibilidade, necessitando de níveis cada vez maiores para percepção, a medida que nos aproximamos dos extremos da faixa audível (20 Hz ou 20 kHz). Percebemos também que a percepção máxima ocorre para sons em torno de 3500 Hertz. (CECIA, 1981).

2.2.8 Filtros de Ponderação

Os filtros de ponderação são dispositivos utilizados para corrigir modificar a resposta em frequência de um medidor ou analisador sonoro, com a finalidade de fazer uma aproximação à resposta do ouvido humano. Quatro filtros são normalmente incorporados aos equipamentos de medição de som e ruído, sendo estes normalmente designados pelas letras A, B, C e D (HASSAL, 1979).

As curvas de resposta em frequência destes filtros são mostradas na Figura 1-2.

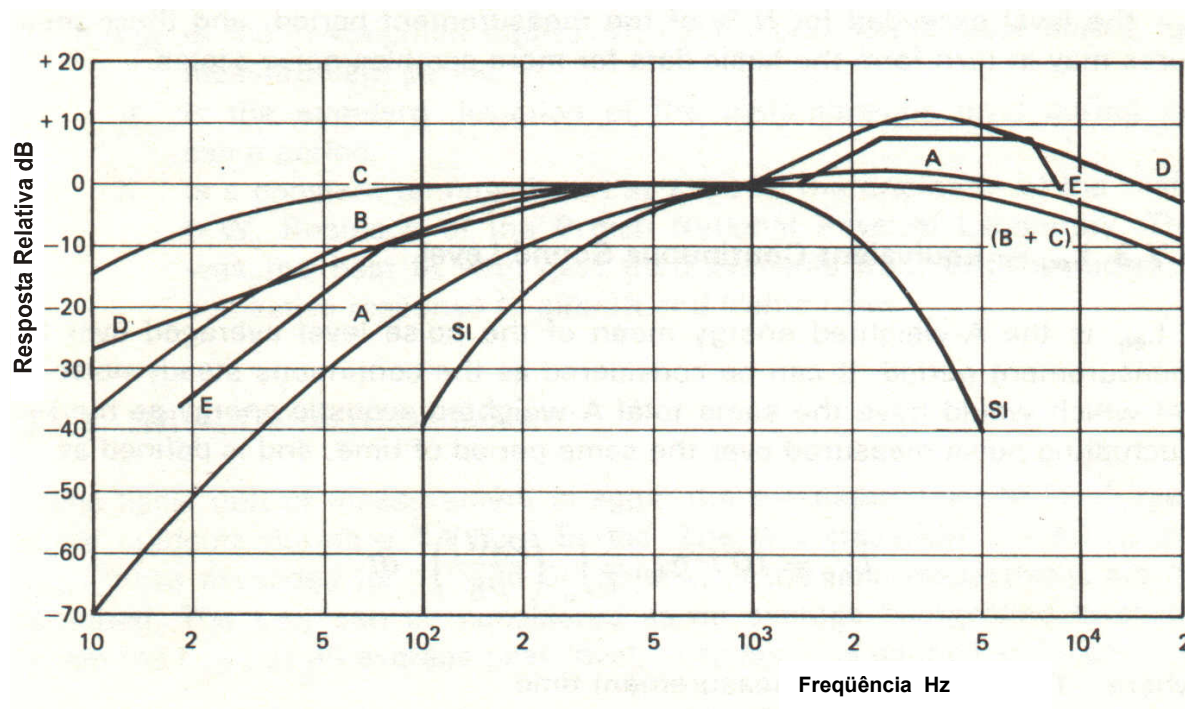


Figura 2.2 – Curvas dos Filtros A, B, C, D, E e SI.

As curvas E e SI, embora padronizadas tem pouca utilização.

Fonte – HASSAL (1979).

As curvas de ponderação (correção) A, B e C correspondem aproximadamente às curvas do mesmo nível de audibilidade de 40, 70 e 100 fons invertidas (HASSAL, 1979).

O filtro de ponderação D, desenvolvido mais recentemente, é voltado especificamente para a aviação, uma vez que os pesos referentes às frequências mais usuais do ruído aeronáutico foram aumentados (HASSAL, 1979).

Os níveis de pressão sonora submetidos a este tipo de correção são expressos como dB(A), dB(B), dB(C) e dB(D). O filtro de ponderação “A” é o mais comumente utilizado e quase todos os métodos de graduação de ruído são baseados em medições submetidas a ele. (HARRIS, 1979).

2.3 CAMPO ACÚSTICO

Denomina-se campo acústico uma região do meio elástico que contém ondas sonoras. Dependendo de sua natureza, o campo acústico pode ser classificado como próximo, distante, livre ou difuso.

O estudo do ruído aeronáutico está normalmente relacionado com dois tipos de campo, a saber:

Campo distante – Distribuição de energia acústica a uma distância suficientemente grande, de forma a se poder considerar desprezível a dimensão da fonte.

Campo livre - Meio onde não há superfícies refletivas dentro da faixa de frequências de interesse.

Quando o campo livre também apresentar características de campo distante, o nível de pressão sonora da fonte decrescerá 6 dB para cada dobro de distância considerada (lei dos inversos quadráticos).

Esta propriedade da associação dos campos livre e distante será explorada no desenvolvimento do Critério Proposto, que será apresentado no Capítulo 4.

2.4 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE INCÔMODO

Devido às particularidades que envolvem a atividade aeronáutica e por consequência os níveis de ruído por ela produzidos, foram desenvolvidos, nos últimos 50 anos, métodos específicos de avaliação do impacto sonoro gerado pela operação de aeronaves, os quais levam em consideração a composição da frota, o horário de operação, as rotas de pouso e decolagem, além de outros fatores específicos de cada país.

Desta forma, surgiram diversos métodos de avaliação de incômodo, tais como o Day-Night Sound Level (LDN) dos Estados Unidos, Isopsophic Index (N) da França, Noise and Number Index (NNI) da Inglaterra, Total Noise Rating (B) da Holanda, o Weighted Effective Continuous Perceived Noise Level (WECPNL) desenvolvido pela Organização de Aviação Civil Internacional - OACI, entre outros (CECIA, 1981).

2.4.1 Método Brasileiro – Índice Ponderado de Ruído – IPR

Desde 1980, o Brasil adota o método denominado Índice Ponderado de Ruído (IPR) para o cálculo do incômodo produzido por aeronaves. Em 1994, após estudos realizados pelo Instituto de Aviação Civil, a formulação do método foi modernizada com o objetivo de permitir medições diretas em campo, o que não era possível anteriormente. O IPR encontra-se descrito na nova versão do Manual de Planejamento de Aeroportos (DOC9184) – Parte 2 da OACI.

O Índice Ponderado de Ruído é definido como sendo o nível médio de ruído, ponderado na escala “A”, para um período de 24 horas, aplicando-se um acréscimo de 10 dB(A) nos níveis de ruído que ocorrem no período entre 22:00 e 7:00 h, com o objetivo de considerar a maior sensibilidade da população neste horário.

$$\text{IPR} = 10 \log \left(\sum_{\text{dia}} 10^{\frac{NPS}{10}} + \sum_{\text{noite}} 10^{\frac{NPS+10}{10}} \right) + 10 \log (86400) \quad \text{Eq 1-8}$$

As Curvas de Nível de Ruído, que no Brasil utilizam o IPR como índice de avaliação, são ferramentas utilizadas mundialmente para o mapeamento das áreas afetadas pelo ruído aeronáutico nas áreas de entorno de aeródromos. Estas curvas são geradas a partir de programas de computador que calculam o nível de ruído produzido pelo conjunto de aeronaves que operam diariamente em um determinado aeroporto.

O Quadro 1-1, mostra a reação esperada das comunidades que residem em áreas próximas de aeródromos, em função do IPR.

Tabela 2.1 - Reação Comunidades Esperada em Função do IPR.

| Valor do Índice Ponderado de RuídoIPR | Reação da comunidade em função do IPR |
|--|--|
| Menor que 65 IPR | Ambiente pouco ruidoso Nenhuma reclamação é esperada |
| Entre 65 e 75 IPR | Ambiente medianamente ruidoso Espera-se um grande volume de reclamações por parte das comunidades |
| Maior que 75 IPR | Ambiente extremamente ruidoso São esperadas reclamações generalizadas por parte das comunidades, inclusive com possíveis ações judiciais em prol da redução de ruído. |

2.5 MODELO INTEGRADO DE RUÍDO - INTEGRATED NOISE MODEL - INM.

2.5.1 Apresentação do INM 5.2a

O INM é um programa computacional desenvolvido pela *Federal Aviation Administration* (FAA), que tem como objetivo calcular o nível de ruído produzido por operações aeronáuticas nas áreas de entorno de aeródromos. Atualmente, este programa é utilizado por mais de 700 organizações em 35 países, incluindo o Brasil.

A rotina de cálculo deste programa é definida pela Norma SAE/AIR 1845 – Procedimento de Calculo de Ruído em um Ponto na Vizinhança de Aeroportos. Esta rotina é recomendada pelo OACI, por intermédio de sua Circular 205 - *Recommended Method for Computing Noise Contours Around Airports*.

A versão do INM utilizada no desenvolvimento do Critério Proposto é a 5.2a, de 1998, a qual possui um banco de dados contendo informações detalhadas sobre os níveis de ruído produzidos por mais de cem aeronaves.

2.5.2 Da aplicação do INM5.2a.

Para se utilizar o INM5.2a na previsão dos níveis de ruído nas áreas de entorno de aeródromos são necessários os seguintes dados:

- Temperatura de referência do aeródromo;
- Altitude do aeródromo;
- Comprimento(s) de Pista(s); incluindo as coordenadas cartesianas ou geográficas das cabeceiras.
- Trajetórias de pouso e decolagem;
- Modelos de Aeronaves;
- Numero de movimentos diurnos e noturnos de aeronaves dentro de cada uma das trajetórias;
- Definir a área de entorno do aeródromo que o programa fará o cálculo de níveis de ruído.
- Unidade de incômodo a ser calculada;
- Valores dos níveis de ruído desejados.

Após incluir todas estas informações, o INM5.2a calcula os níveis de ruído para cada ponto da área estipula pelo usuário, na unidade de incômodo desejada. Ao terminar este procedimento, o programa une os pontos com os valores de níveis de ruído especificados. Da união destes pontos surgem as Curvas Nível de Ruído, que são utilizadas como um dos elementos dos Planos de Zoneamento de Ruído.

3 LEGISLAÇÕES E NORMAS APLICADAS AO RUÍDO AERONÁUTICO

3.1 APRESENTAÇÃO

Este Capítulo tem por finalidade apresentar os instrumentos legais relacionadas direta ou indiretamente ao ruído aeronáutico. Para tanto, será apresentado um panorama global, que inicia com os aspectos mais generalistas abordados na Constituição Federal do Brasil, passando pela legislação aeronáutica que trata de Planos de Zoneamento de Ruído, para finalizar com a Legislação Ambiental Brasileira relacionada com a poluição sonora.

3.2 ASPECTOS CONSTITUCIONAIS

O Art. 225 da Constituição Federal Brasileira (CFB), promulgada em 1988, define a natureza jurídica do meio ambiente, estabelecendo que “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 (nas esferas federal, estadual e municipal) e à coletividade o dever de preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

O Art. 22 da CFB estabelece que é da competência privativa da União legislar sobre o direito civil, comercial, penal, marítimo, aeronáutico, espacial e do trabalho.

Segundo o Art. 23, é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, dentre outras obrigatoriedades, proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas, assim como preservar as florestas, a fauna e a flora.

O Art. 24 estabelece que a União, os Estados e o Distrito Federal possuem competência comum para legislar concorrentemente sobre diversas questões, dentre as quais cabe destacar o inciso VI -. Florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição.

A CFB, segundo o seu Art. 30, I e II, estabelece que os municípios têm competência para legislar sobre “assuntos de interesse local”, suplementando a legislação federal e estadual no que couber.

3.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

A seguir serão apresentados os instrumentos legais que estabelecem a Política Nacional de Meio Ambiente – PNMA e as diretrizes sobre emissão de ruídos no Brasil.

3.3.1 Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981

Esta lei estabelece a PNMA, com suas diretrizes e objetivos; constitui o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA); prevê que as atividades consideradas efetiva e potencialmente poluidoras dependerão de prévio licenciamento do órgão estadual competente, integrante do SISNAMA (SOUZA, 2001).

Define também os Instrumentos da PNMA, com a finalidade de alcançar a consecução dos objetivos previstos para a política. Como instrumentos mais utilizados, têm-se: o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental; o zoneamento ambiental; a avaliação dos impactos ambientais (mapeamento da qualidade ambiental existente); o licenciamento ambiental e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras (instrumento de gestão ambiental pública); o estabelecimento de penalidades disciplinares ou compensatórias ao não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção da degradação ambiental (princípio do poluidor/pagador) (SOUZA, 2001).

Da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 são extraídas e mostradas a seguir, algumas definições importantes no contexto deste trabalho.

Política nacional de meio ambiente – é aquela que tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana;

Meio ambiente – é o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas;

Poluição – é a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que, direta ou indiretamente: prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota e as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos;

Poluidor – é a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental;

Recursos ambientais – a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora;

Degradação da qualidade ambiental – é a alteração adversa das características do meio ambiente.

3.3.2 Resolução CONAMA Nº 001, de 8 março de 1990

A emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais ou recreativas, inclusive as de propaganda política, obedecem, no interesse da saúde pública, aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidas na Resolução CONAMA 001/90.

Para fins de aplicação desta Resolução, são considerados prejudiciais à saúde e ao sossego público, os ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela NBR 10151 – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

Por sua vez a norma NBR 10151 estabelece os Níveis de Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB(A), conforme mostrado no Tabela 3-1.

Tabela 3-1 - 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 |

Ressalta-se o fato de que esta Resolução faz apenas duas exceções. As emissões de ruídos produzidas por veículos automotores e as produzidas no interior dos ambientes de trabalho, obedecerão às normas expedidas, respectivamente, pelo Conselho Nacional de Transito – CONTRAN, e pelo órgão competente do Ministério do Trabalho.

Sendo assim, torna-se evidente que a emissão de ruído decorrente da atividade aeroportuária deve obedecer aos requisitos estabelecidos na Resolução em tela.

Alem disso, esta Resolução também define que todas as normas reguladoras da poluição sonora, emitidas a partir da data de sua publicação, deverão ser compatibilizadas com os seus requisitos.

3.4 LEGISLAÇÕES AERONÁUTICAS

As questões relacionadas ao ruído aeronáutico, mais especificamente no que tange aos Planos de Zoneamento de Ruído encontram respaldo legal no Código Brasileiro de Aeronáutica, Lei nº 7.565, de dezembro de 1986, e na Portaria Nº 1.141/GM5, de 8 de dezembro de 1987, as quais serão abordadas a seguir.

3.4.1 Código Brasileiro de Aeronáutica, Lei nº 7.565, de dezembro de 1986

O Código Brasileiro de Aeronáutica - CBA, na Seção V, Art.43 estabelece que as propriedades vizinhas dos aeródromos e das instalações de auxílios à navegação aérea estão sujeitas a restrições especiais. Estas restrições são relativas ao uso das propriedades quanto as edificações, instalações, culturas agrícolas e objetos de natureza permanente ou temporária, e tudo mais que possa embaraçar as operações de aeronaves ou causar interferência nos sinais dos auxílios à

rádio-navegação ou dificultar a visibilidade de auxílios visuais.

Segundo o Art.44 do CBA, as restrições tratadas no Art.43 são especificadas pela autoridade aeronáutica, mediante a aprovação dos seguintes planos, válidos, respectivamente, para cada tipo de auxílio à navegação aérea:

- I – Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromos;
- II – Plano Básico de Zoneamento de Ruído;
- III – Plano Básico de Zona de Proteção de Helipontos;
- IV – Planos de Zona de Proteção e Auxílios à Navegação Aérea.

No Art.44, § 1º, estabelece que de acordo com as conveniências e peculiaridades de proteção ao voo, a cada aeródromo poderão ser aplicados Planos Específicos, observadas as prescrições, que couberem, dos Planos Básicos.

O Art.44, nos §4º e §5º, determina que as administrações públicas deverão compatibilizar o zoneamento do uso do solo, nas áreas vizinhas aos aeródromos, as restrições especiais, constantes dos Planos Básicos e Específicos e que estas restrições são aplicadas a quaisquer tipos de bens, quer sejam privados ou públicos.

3.4.2 Portaria Nº 1.141/GM5, de 8 de dezembro de 1987

Esta Portaria dispõe sobre Zonas de Proteção e aprova o Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromos, o Plano Básico de Zoneamento de Ruído, o Plano Básico de Zona de Proteção de Helipontos e o Plano de Zona de Proteção de Auxílios à Navegação Aérea e dá outras providências.

A referida Portaria traz algumas definições importantes para o desenvolvimento do presente trabalho.

3.4.2.1 Das Definições Gerais

Aeródromo – Toda área destinada a pouso, decolagem e movimentação de aeronaves.

Aeródromo Civil – Aeródromo destinado, em princípio, ao uso de aeronaves civis.

Aeródromo Militar – Aeródromo destinado, em princípio, ao uso de aeronaves militares.

Aeródromo Privado – Aeródromo civil que só poderá ser utilizado com permissão de seu proprietário, sendo vedada sua exploração comercial.

Aeródromo Público – Aeródromo civil destinado ao tráfego de aeronaves em geral.

Aeroporto - Todo aeródromo público dotado de instalações e facilidades para apoio de operações de aeronaves, embarque e desembarque de pessoas e cargas.

Altitude da Pista – Altitude medida, em cada ponto, sobre o eixo da pista de pouso do aeródromo.

Cabeceira da Pista – Limite da pista utilizável para pouso e decolagem, no seu sentido longitudinal.

Equipamentos Urbanos – Obras e serviços públicos ou privados que permitem o pleno desenvolvimento das atividades urbanas de uma comunidade.

Desnível da Pista de Pouso do Aeródromo – Diferença entre a elevação do aeródromo e a altitude da pista num determinado ponto.

Heliponto – Aeródromo destinado exclusivamente a helicópteros.

Heliponto – Heliponto público dotado de instalações e facilidades para apoio de operações de helicópteros, embarque e desembarque de pessoas e cargas.

3.4.2.2 Das definições Relativas ao Ruído Aeronáutico

Ruído de Aeronaves – Efeito sonoro emitido por aeronaves decorrente das operações de circulação, aproximação, pouso, decolagem, subida, rolamento e teste de motores.

Índice Ponderado de Ruído – Unidade de avaliação de incômodo sonoro calculada a partir dos dados operacionais do aeródromo e das aeronaves que o utilizam.

Nível de Incômodo Sonoro – Medida cumulativa do incômodo causado pelo ruído de aeronaves em IPR (Índice Ponderado de Ruído).

Curva de Nível de Ruído 1 – Linha traçada a partir dos pontos nos quais o nível de incômodo sonoro é igual a um valor predeterminado e especificado pelo Departamento de Aviação Civil – DAC, em função da utilização prevista para o aeródromo. O nível de incômodo sonoro representado por esta curva é maior do que o representado pela Curva de nível de Ruído 2.

Curva de Nível de Ruído 2 – Linha traçada a partir dos pontos nos quais o nível de incômodo sonoro é igual a um valor predeterminado e especificado pelo Departamento de aviação Civil – DAC, em função da utilização prevista para o aeródromo. O nível de incômodo sonoro representado por esta curva é menor do que o representado pela Curva de Nível de Ruído 1.

Período Noturno – Período compreendido entre 22:00 e 07:00h.

Área I – Área do Plano de Zoneamento de Ruído, interior à curva de nível de ruído 1, onde o nível de incômodo 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 incômodo sonoro moderados.

Área III – Área do Plano de Zoneamento de Ruído, exterior à curva de ruído de nível 2, onde normalmente não são registrados níveis de incômodo sonoro significativos.

Uso de Solo – Tipos de atividades urbanas ou rurais localizadas nas áreas abrangidas pelos Planos referentes às Zonas de Proteção.

Zona de Proteção – Conjunto de áreas nas quais o aproveitamento e o uso do solo sofrem restrições definidas pelos seguintes Planos: Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromos, Plano Específico de Zona de Proteção de Aeródromos, Planos de Zona de Proteção de Auxílio à Navegação Aérea, Plano Básico de Zona de Proteção de Helipontos, Plano Básico de Zoneamento de Ruído e Plano Específico de Zoneamento de Ruído.

Plano Básico de Zoneamento de Ruído – Plano de Zoneamento de Ruído de aplicação genérica em aeródromos.

Plano Específico de Zoneamento de Ruído - Plano Básico de Zoneamento de Ruído – Plano de Zoneamento de Ruído de aplicação específica a um determinado aeródromo.

Plano de Zoneamento de Ruído – Documento normativo do Ministério da Aeronáutica que estabelece as restrições ao uso do solo nas Áreas I, II e III, definidas pelas Curvas de Nível de Ruído 1 e 2.

Zoneamento de Ruído – Delimitação de áreas para indicação das atividades compatíveis com os níveis de incômodo sonoro.

Área de Implantação Proibida – Área em que são proibidas implantações de qualquer natureza, sejam elas fixas ou móveis, temporárias ou permanentes.

Área de Implantação Restrita – Área cujo aproveitamento está sujeito a limites estabelecidos.

3.4.2.3 Plano Básico de Zoneamento de Ruído da Portaria Nº 1141/GM5

O primeiro passo para se determinar os comprimentos e raios das Curvas de Nível de Ruído de um Plano Básico de Zoneamento de Ruído é enquadrar a operação do aeródromo em um dos tipos de aviação definidos na Portaria Nº 1141/GM5, conforme listado abaixo:

Aviação de Pequeno Porte – Tipos de aviação onde operam não regularmente aeronaves equipadas com motores turboélice ou pistão, com peso máximo de decolagem inferior a 9.000 kg.

Aviação Regular – Aviação caracterizada por operações de caráter periódico das aeronaves pertencentes aos transportadores aéreos, com o objetivo de explorar as linhas que foram estabelecidas e aprovadas pelo Departamento de Aviação Civil – DAC.

Aviação Regular de Grande Porte – Tipo de aviação onde operam regularmente aeronaves equipadas com motores “turbofan”, turbo jato, jato puro ou turboélice, este com peso máximo de decolagem igual ou superior a 40.000 kg.

Aviação Regular de Médio Porte – Tipo de aviação onde operam regularmente aeronaves equipadas com motores turboélice ou pistão, com peso máximo de decolagem inferior a 40.000 kg.

Após a definição do tipo de aviação, deve-se utilizar uma previsão do número de movimentos, em um horizonte de 20 anos para determinar a categoria da pista, como segue:

Categoria I – *Pista de Aviação Regular de Grande Porte de Alta Densidade* – Pista na qual haja ou esteja prevista, num período de até 20 (vinte) anos, a operação de aeronaves da aviação regular de grande porte, cuja soma de pousos e decolagens, existente ou prevista, seja igual ou superior a 6.000 (seis mil) movimentos anuais ou que o número de operações, no período noturno destes tipos de aviação, seja superior a 2 (dois) movimentos.

Categoria II – *Pista de Aviação Regular de Grande Porte de Média Densidade* – Pista na qual haja ou esteja prevista, num período de até 20 (vinte) anos, a operação de aeronaves da aviação regular de grande porte, cuja soma de pousos e decolagens, existente ou prevista, seja inferior a 6.000 (seis mil) movimentos anuais e que o número de operações, no período noturno destes tipos de aviação, não seja superior a 2 (dois) movimentos ou cuja soma de pousos e decolagens, existente ou prevista, seja inferior a 3.600 (três mil e seiscentos) movimentos anuais e que exista operação noturna, porém com o número de operações deste tipo de aviação igual ou inferior a 2 (dois) movimentos.

Categoria III – *Pista de Aviação Regular de Grande Porte de Baixa Densidade* – Pista na qual haja ou esteja prevista, num período de até 20 (vinte) anos, a operação de aeronaves da aviação regular de grande porte, cuja soma de pousos e decolagens, existente ou prevista, seja inferior a 3.600 (três mil e seiscentos) movimentos anuais, sem operação noturna destes tipos de aviação.

Categoria IV – *Pista de Aviação Regular de Médio Porte de Alta Densidade* – Pista na qual haja ou esteja prevista, num período de até 20 (vinte) anos, a operação de aeronaves da aviação regular de médio porte, cuja soma de pousos e decolagens, existente ou prevista, seja igual ou superior a 2.000 (dois mil) movimentos anuais ou em que o número de operações, no período noturno deste tipo de aviação, seja superior a 4 (quatro) movimentos.

Categoria V – *Pista de Aviação Regular de Médio Porte de Baixa Densidade* – Pista na qual haja ou esteja prevista, num período de até 20 (vinte) anos, a operação de aeronaves da aviação regular de médio porte, cuja soma de pousos e decolagens, existente ou prevista, seja inferior a

2.000 (dois mil) movimentos anuais ou em que o número de operações, no período noturno deste tipo de aviação, seja igual ou inferior a 4 (quatro) movimentos.

Categoria VI – Pista de Aviação de Pequeno Porte - Pista na qual haja ou esteja prevista, num período de até 20 (vinte) anos, somente a operação da aviação não regular de pequeno porte.

Uma vez determinada a categoria em que um determinado aeródromo se enquadra, pode-se determinar os comprimentos e os raios das Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento da Portaria N° 1.141/GM5, esquematizados na Figura 3-1, por meio dos valores mostrados na Tabela 3-2.

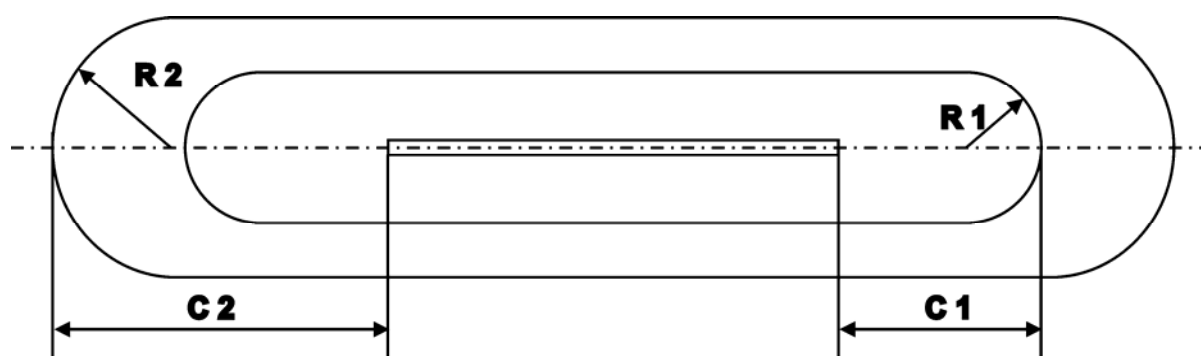


Figura 3.1 – Esquema da Curva do Plano Básico de Zoneamento de Ruído da Portaria N° 1.141/GM5

Tabela 3.2 – Dimensionamento das Curvas de Ruído na Portaria N° 1.141/GM5

| Categorias da Portaria N° 1.141/GM5 | C1 (m) | R1 (m) | C2 (m) | R2 (m) |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Categoria II | 1500 | 240 | 2500 | 600 |
| Categorias III e IV | 500 | 180 | 1200 | 400 |
| Categorias V e VI | 300 | 100 | 500 | 200 |

3.4.2.4 Restrições Impostas Para as Áreas Dentro dos Planos de Zoneamento de Ruído da Portaria N° 1141/GM5.

Os Artigos 68 a 73 tratam das restrições impostas ao uso do solo dentro das Áreas 1 e 2 do Plano de Zoneamento de Ruído.

Art.68- As restrições ao uso do solo estabelecidas pelo Plano Básico de Zoneamento de Ruído obedecerão aos parâmetros estabelecidos nos Artigos 69 e 70 desta Portaria.

Art.69- Na Área I são permitidos a implantação, o uso e o desenvolvimento das seguintes atividades:

I- Produção e extração de recursos naturais:

- 1- agricultura;
- 2- piscicultura;
- 3- silvicultura;
- 4- mineração; e
- 5- atividades equivalentes.

II- Serviços Públicos ou de Utilidade Pública:

- 1- estação de tratamento de água e esgoto;
- 2- reservatório de água;
- 3- cemitério; e
- 4- equipamentos urbanos equivalentes.

III- Comercial:

- 1- depósito e armazenagem;
- 2- estacionamento e garagem para veículos;
- 3- feiras livres; e
- 4- equipamentos urbanos equivalentes.

IV- Recreação e lazer ao ar livre:

- 1- praças, parques, áreas verdes;
- 2- campos de esporte; e
- 3- equipamentos urbanos e equivalentes.

V- Transporte:

- 1- rodovias;
- 2- ferrovias;
- 3- terminais de carga e passageiros;
- 4- auxílio à navegação aérea; e

5- equipamentos urbanos equivalentes.

VI - Industrial:

Parágrafo 1º- Na Área I, as atividades, edificações e os equipamentos já existentes e não relacionados neste Artigo não poderão ser ampliados a partir da vigência desta Portaria.

Parágrafo 2º - A implantação, o uso e o desenvolvimento de atividades tratadas nos itens II – números 1 e 3, III – números 1 e 2 e V – número 3 só poderão ser permitidos quando atendidas as normas legais vigentes para tratamento acústico nos locais de permanência de público e funcionários, mediante aprovação prévia do Departamento de Aviação Civil – DAC.

Parágrafo 3º- A implantação, o uso e o desenvolvimento de atividades tratadas nos itens I – número 5, II – número 4, III – número 4, IV – número 3, V – números 1, 2 e 5 e VI só serão permitidos mediante aprovação prévia do Departamento de Aviação Civil – DAC.

Art.70- Não são permitidos a implantação, o uso e o desenvolvimento na Área II das seguintes atividades:

I- Residencial;

II- Saúde:

- 1- hospital e ambulatório;
- 2 - consultório médico;
- 3- asilo; e
- 4- equipamentos urbanos equivalentes.

III- Educacional:

- 1- escola;
- 2- creche; e
- 3- equipamentos urbanos equivalentes.

IV- Serviços Públicos ou de Utilização Pública:

- 1- hotel e motel;

- 2- edificações para atividades religiosas;
- 3- centros comunitários e profissionalizantes; e
- 4- equipamentos urbanos equivalentes.

V- Cultural:

- 1- biblioteca;
- 2- auditório, cinema, teatro; e
- 3- equipamentos urbanos equivalentes.

Parágrafo Único- As atividades acima referidas poderão ser, eventualmente, autorizadas pelos órgãos municipais competentes, mediante aprovação do Departamento de Aviação Civil – DAC.

Art.71 - As eventuais restrições ao uso do solo em Área III, decorrentes dos níveis de incômodo sonoro, serão estabelecidas em Plano Específico de Zoneamento de Ruído.

Art.72 - As restrições a que se referem os Artigos 69 e 70 desta Portaria poderão ser alteradas na elaboração de um Plano Específico de Zoneamento de Ruído, em função de necessidades locais, mediante ato do Ministro da Aeronáutica.

Art.73 - Todo parcelamento do solo localizado em área do Plano de Zoneamento de Ruído observará as restrições estabelecidas nos Artigos 69 e 70 desta Portaria.

3.4.3 Legislação Sobre Aeronaves Ruidosas.

O Brasil, como signatário da Organização de Aviação Civil Internacional - OACI, utiliza a classificação do Anexo 16, volume I, como base de sua legislação de retirada progressiva das aeronaves mais ruidosas, mostrada a seguir:

Não Certificadas - São aeronaves fabricadas nas décadas de 50 e 60, normalmente equipadas com a primeira geração de motores a reação, sendo consideradas extremamente ruidosas.

Capítulo 2 - São aeronaves fabricadas até outubro de 1977, equipadas com motores de baixa taxa de by-pass (até 3:1), sendo consideradas medianamente ruidosas.

Capítulos 3 e 4 - São as aeronaves mais modernas, equipadas com motores de última geração (alta taxa de by-pass (4-8:1)), sendo consideradas como pouco ruidosas.

Cabe ressaltar que o Brasil possui uma legislação específica para tratar da matrícula e desativação de aeronaves consideradas ruidosas. Atualmente, encontra-se em vigor a Portaria Nº13 GM5, de 5 de janeiro de 1994, que estabelece e modifica normas relativas à proteção ambiental e a níveis de ruído aeronáutico no que concerne à operação de aeronaves no território nacional. Os artigos 7 e 8 desta portaria foram modificados pela Portaria Nº 717/GC5, de 4 de novembro 1999, que tratam especificamente da matrícula e desativação de aeronaves classificadas no Capítulo 2, do Anexo 16, volume 1, da OACI.

Segundo essas portarias, as aeronaves Não Certificadas estão proibidas de voar no Brasil desde 31 de dezembro de 2000. Para o caso das aeronaves do Capítulo 2, a partir de 31 de dezembro de 2004, as empresas aéreas que operam com este tipo de equipamentos deverão retirar progressivamente de operação no mínimo 20% (vinte por cento) destas aeronaves de suas frotas, por ano, ficando proibidas totalmente a partir de 31 de dezembro de 2010.

4 DESENVOLVIMENTO DO CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL DE RUÍDO DOS PLANOS BÁSICOS DE ZONEAMENTO DE RUÍDO

4.1 APRESENTAÇÃO

Este Capítulo tem por finalidade apresentar o Critério para Seleção de Curvas de Nível de Ruído. Primeiramente se fará uma introdução geral sobre sua concepção, para em seguida demonstrar o desenvolvimento do Critério que busca garantir que as Curvas de Nível de Ruído sejam compatíveis com a Norma NBR 10151.

Por fim, será criado um aeródromo fictício para ilustrar o procedimento de utilização do Critério Proposto. Este mesmo procedimento será utilizado no estudo de caso apresentado no Capítulo 5.

4.2 INTRODUÇÃO AO CRITÉRIO PROPOSTO

Conforme exposto no Capítulo 3, o método atualmente utilizado nos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído, definido na Portaria N° 1141/GM5, é composto de dois elementos principais:

- O sistema de classificação de aeródromos em seis categorias
- Três conjuntos de Curvas de Nível de Ruído pré-estabelecidos, a saber:
 - Conjunto Grande – pista categoria aviação regular de grande porte média densidade;
 - Conjunto Médio – pista categoria aviação regular de grande porte baixa densidade e/ou aviação regular de médio porte de alta densidade;
 - Conjunto Pequeno – pista categoria aviação regular de médio porte de baixa densidade e/ou aviação de pequeno porte.

Para se enquadrar um determinado aeródromo em uma das seis Categorias prescritas na Portaria N° 1141/GM5, e por consequência estabelecer as suas Curvas de Nível de Ruído, é necessário verificar quatro fatores:

- Tipo de aeronave;
- Número de movimentos que deverão ocorrer em um horizonte de vinte anos;
- Operações noturnas;

- Regularidade dos vôos.

Cabe ressaltar que com o desenvolvimento do Transporte Aéreo Brasileiro ocorrido nos últimos anos, tanto pelo aumento da demanda como pela substituição de aeronaves à hélice por jatos modernos nas companhias aéreas, tornou difícil o enquadramento de muitos aeródromos dentro dos critérios estabelecidos pela Portaria N°1141/GM5.

Nos últimos anos, o Art. 90 dessa Portaria, que trata dos casos omissos ou dos que venham a suscitar dúvidas, vem sendo sistematicamente utilizado para contornar os problemas causados pelo sistema de classificação.

O Critério Proposto, apresentado neste trabalho, busca eliminar as dificuldades de enquadramento de aeródromos imposto pela legislação atual, pois altera radicalmente a filosofia de classificação baseada em perfis de aeródromos pré-estabelecidos, para um sistema fundamentado na quantidade de energia sonora que cada um dos três conjuntos de Curvas de Nível de Ruído da Portaria N°1141/GM5 pode conter para ser compatível com a NBR 10151 da ABNT.

Para selecionar qual dos três conjuntos de Curvas de Nível de Ruído é mais adequado com o volume de operação de um determinado aeródromo, procede-se a soma da energia sonora das aeronaves em função do horário de operação (diurno ou noturno) e, posteriormente, compara-se esta energia com os valores tabelados para cada um destes conjuntos.

Sendo assim, o Critério Proposto é composto basicamente por:

- Tabela de Coeficientes das Aeronaves (Anexo 1);
- Procedimento de Utilização;
- Tabela com o Critério de Seleção.

A seguir será apresentado o desenvolvimento do Critério Proposto, bem como exemplificado o seu procedimento de utilização por intermédio de um aeródromo fictício.

4.3 DESENVOLVIMENTO DO CRITÉRIO PROPOSTO

Para a construção do Critério para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído foram estabelecidos quatro Passos, que se encontram apresentados na Figura 4-1.

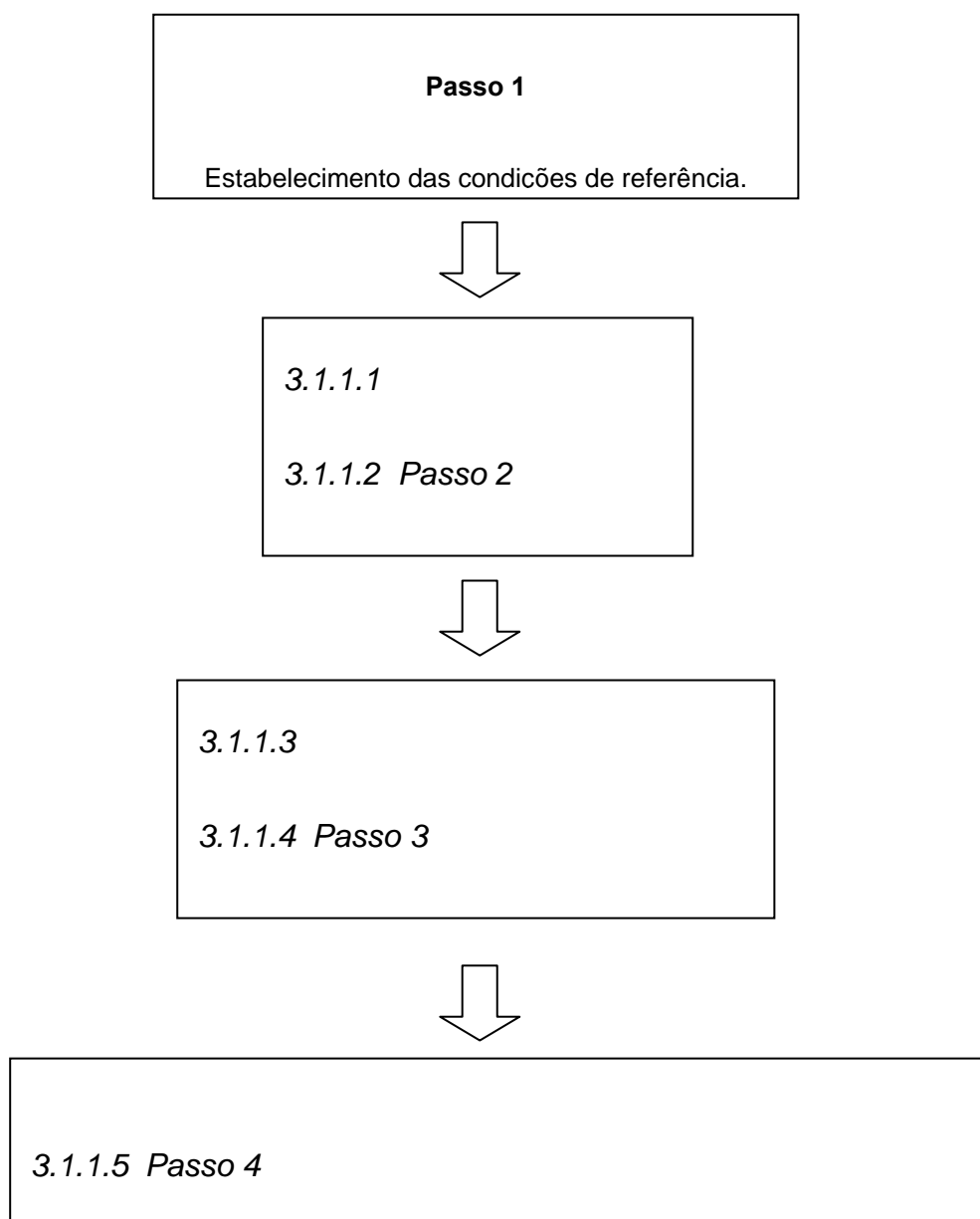


Figura 4.1 – Passos Para a Elaboração do Critério Proposto

Passo 1 – Estabelecer as condições de referência.

O primeiro passo para a construção do Critério Proposto é arbitrar as condições de referência.

Sendo assim, as condições de referência que servirão de base neste trabalho são:

Temperatura – 25° C;

Altitude – Nível do mar (0 m);

Pressão atmosférica – 101325 Pa (1013,25 mb ou 760 mm Hg);

Velocidade do vento – Nula (0 m/s);

Sem deslocamento de cabeceria para pouso e decolagem.

Passo 2 – Estabelecer a Energia Sonora Máxima

A Energia Sonora Máxima representa o somatório de todo ruído produzido durante um período de vinte e quatro horas, em um ponto situado no eixo da pista coincidente com a Curva de Nível de Ruído 2.

O critério para estabelecer a Energia Sonora Máxima utiliza os valores de nível de ruído para área predominantemente residencial preconizados na Norma NBR 10151, que são 55 dB(A) para o período diurno (07:00 h até 22:00 h) e 50 dB(A) para o noturno (22:00 h até 07:00 h).

Com base nestas informações é possível calcular a Energia Sonora dos Períodos Diurno (SEL_{DIA}) e Noturno (SEL_{NOITE}).

Energia Sonora no Período Diurno (SEL_{DIA})

$$SEL_{DIA} = 55 + 10 \log (t)$$

Onde t é a duração, em segundos, do período diurno.

$$SEL_{DIA} = 55 + 10 \log (54000)$$

$$SEL_{DIA} = 102,3 \text{ dB(A)}$$

Energia Sonora no Período Noturno (SEL_{NOITE})

$$SEL_{NOITE} = 50 + 10 \log (t)$$

Onde t é a duração, em segundos, do período noturno.

$$SEL_{NOITE} = 50 + 10 \log (32400)$$

$$SEL_{NOITE} = 95,1 \text{ dB(A)}.$$

Energia Sonora Máxima

A Energia Sonora Máxima é a soma logarítmica do SEL_{DIA} e SEL_{NOITE} , conforme segue:

$$\text{Energia Sonora Máxima} = 10 \log (10^{SEL_{DIA}/10} + 10^{SEL_{NOITE}/10})$$

Tomando-se os valores dos SEL_{DIA} e SEL_{NOITE} calculados anteriormente temos:

$$\text{Energia Sonora Máxima} = 103 \text{ dB(A)}$$

Passo 3 – Estabelecer o Critério para Seleção de Curvas de Nível de Ruído da Portaria N°1141/GM5

Conforme mencionado no Passo 2, a Energia Sonora Máxima foi calculada a partir dos critérios estabelecidos na Norma NBR 10151 para área predominantemente residencial. Este valor deve ser aplicado nos pontos referentes à interseção entre o eixo da pista e a Curva de Nível de Ruído 2 dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído.

Sendo assim, cada um dos três conjuntos de Curvas de Nível de Ruído constantes na Portaria N° 1141/GM5 apresentará este valor para distâncias diferentes da cabeceira, conforme será apresentado nas Figuras 4-2, 4-3 e 4-4.

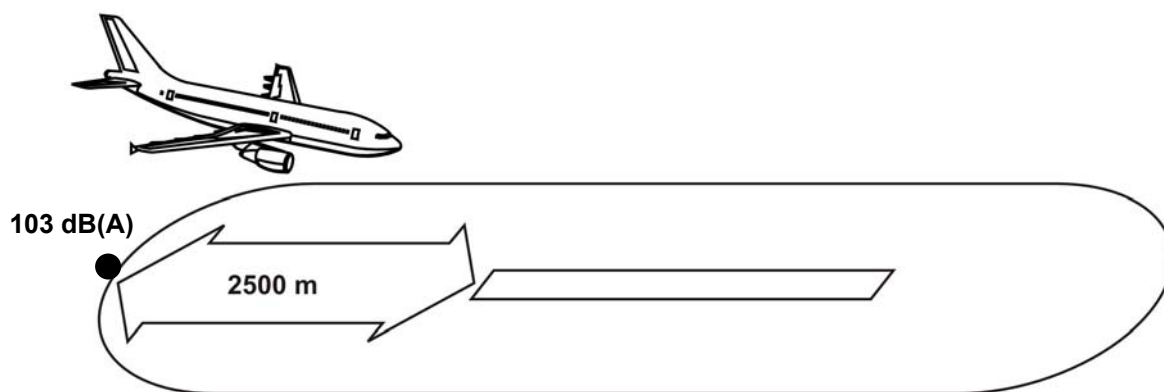


Figura 4.2 – Representação Esquemática da Posição do Ponto de Energia Máxima Sonora em Relação ao Conjunto Grande de Curvas de Nível de Ruído da Portaria Nº 1141/GM5

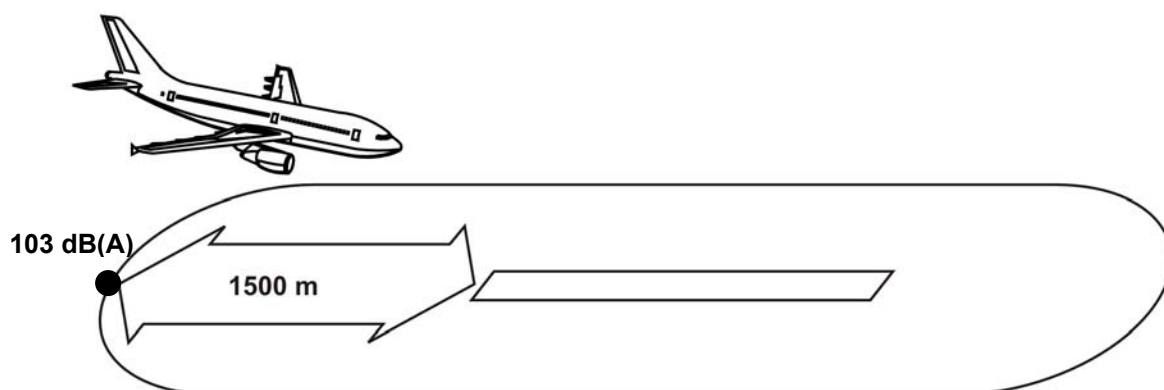


Figura 4.3 – Representação Esquemática da Posição do Ponto de Energia Máxima Sonora em Relação ao Conjunto Médio de Curvas de Nível de Ruído da Portaria Nº 1141/GM5.

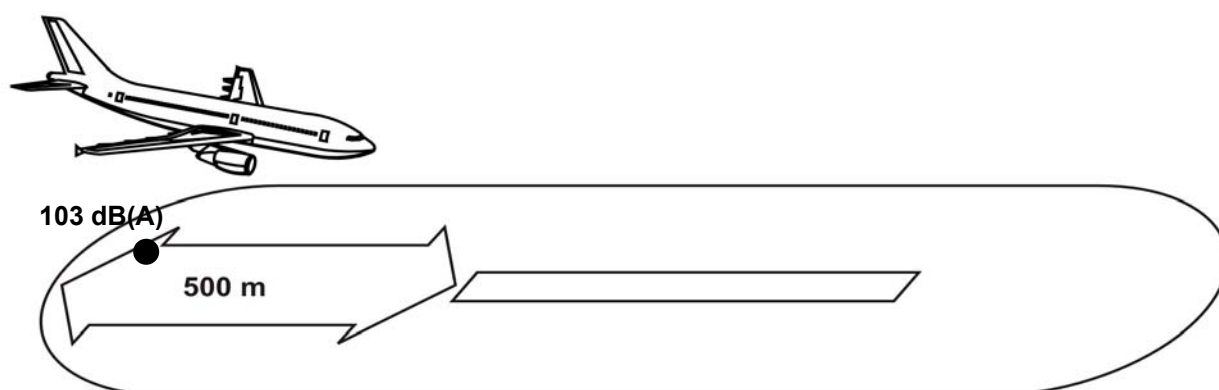


Figura 4.4 – Representação Esquemática da Posição do Ponto de Energia Máxima Sonora em Relação ao Conjunto Pequeno de Curvas de Nível de Ruído da Portaria Nº 1141/GM5.

Tendo em vista que a Energia Sonora Máxima ocorre em distâncias diferentes para cada um dos três conjuntos de Curvas de Nível de Ruído da Portaria Nº 1141/GM5, é necessário que se

estabeleça uma distância de referência que permita a comparação da energia sonora das aeronaves em um mesmo ponto, para os três conjuntos.

Esta distância de referência pode ser escolhida arbitrariamente visto que o modelo de campo acústico livre apresenta um comportamento bem definido. Portanto, neste trabalho, a distância de referência será estabelecida com valor de 1000 m.

Com base na formulação matemática do decaimento de nível de pressão sonora em campo livre, a Energia Sonora Máxima para cada um dos três conjuntos, na distância de referência, será determinada por:

Conjunto Grande de Curvas de Nível de Ruído

$$SEL_{1000m} = 103 + 20 \log (2500/1000)$$

$$SEL_{1000m} = 111 \text{ dB(A)}$$

Conjunto Médio de Curvas de Nível de Ruído

$$SEL_{1000m} = 103 + 20 \log (1500/1000)$$

$$SEL_{1000m} = 106,5 \text{ dB(A)}$$

4.3.1 Conjunto Pequeno de Curvas de Nível de Ruído

$$SEL_{1000m} = 103 + 20 \log (500/1000)$$

$$SEL_{1000m} = 97 \text{ dB(A)}$$

Os valores obtidos acima formam a base do Critério Proposto. Para se determinar qual dos três conjuntos de curva deve ser aplicado a um determinado aeródromo, basta somar a energia sonora produzida por todas as aeronaves que operam em um período de vinte e quatro horas em um ponto localizado a 1000 m da cabeceira.

Se a energia sonora a 1000 m for inferior a 97 dB(A), então o Conjunto Pequeno de Curvas de Nível de Ruído deve ser aplicado. Se a energia sonora a 1000 m estiver a 97,1 dB(A) e 106,5 dB(A), o Conjunto Médio de Curvas de Nível de Ruído deve ser aplicado. Se a energia sonora a 1000 m estiver a 106,6 dB(A) e 111 dB(A), o Conjunto Grande de Curvas de Nível de Ruído deve ser aplicado. Se a energia sonora a 1000 m for superior a 111,1 dB(A), então será

necessária a elaboração de um Plano Específico de Zoneamento de Ruído. A tabela 4-1 apresenta um resumo do critério de seleção apresentado anteriormente.

Tabela 4.1 – Critério para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído

| PARA A SELEÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL DE RUÍDO | | | Conjunto de Curvas a ser aplicado |
|--|---------------|----------------------------|-----------------------------------|
| | SEL_{1000m} | $\leq 97 \text{ dB(A)}$ | Pequeno |
| $97,1 \text{ dB(A)} \leq$ | SEL_{1000m} | $\leq 106,5 \text{ dB(A)}$ | Médio |
| $106,6 \text{ dB(A)} \leq$ | SEL_{1000m} | $\leq 111 \text{ dB(A)}$ | Grande |
| | SEL_{1000m} | $\geq 111,1 \text{ dB(A)}$ | PEZR |

Passo 4 – Estabelecer os Coeficientes das aeronaves fornecidas pelo INM 5.2a.

Neste passo são estabelecidos os coeficientes de cada uma das 104 aeronaves disponíveis no INM5.2a. Este coeficiente representa o valor da energia sonora, expressa em SEL dB(A), produzida por uma determinada aeronave em procedimento de pouso em um ponto localizado a 1000 m da cabeceira do aeródromo, nas condições de referência.

Para a utilização do Critério Proposto é necessária a utilização dos coeficientes das aeronaves apresentados no Anexo 1. O Anexo 2 apresenta algumas informações suplementares sobre as aeronaves, tais como os tipos de motores e pesos máximos de decolagem e pouso de cada aeronave. Caso a aeronave desejada não faça parte da lista apresentada no Anexo 1 é possível utilizar a tabela de equivalência apresentada no Anexo 3.

4.4 COMPOSIÇÃO DO CRITÉRIO PROPOSTO

O Critério Proposto para Seleção de Curvas de Nível de Ruído para os Planos Básicos de Zoneamento de Ruído é composto por:

- Coeficientes das Aeronaves (Anexo 1)
- Lista de Aeronaves Equivalentes (Anexo 3)
- Tabela com o Critério de Seleção

4.5 PROCEDIMENTO PARA UTILIZAÇÃO DO CRITÉRIO PROPOSTO

A seguir será apresentado o procedimento de utilização do modelo na forma de um exemplo. Seja um aeródromo fictício, no qual está prevista a operação das seguintes aeronaves, conforme apresentado na Tabela 4-2.

Tabela 4.2 – Panorama de Operações Previstas para o Aeródromo Fictício

| Aeronave | Movimentos (P+D) | Movimentos (P+D) |
|----------|------------------|------------------|
| | Diurnos | Noturnos |
| F10065 | 2 | 2 |
| B737/500 | 6 | 2 |
| EMB 145 | 4 | 2 |
| DHC8 | 2 | 3 |
| MD11-GE | 6 | 0 |

O procedimento para a utilização do Critério Proposto é composto por quatro etapas conforme descrito a seguir.

- **Etapas 1** Determinação dos Coeficientes de Ruído das aeronaves
- **Etapas 2** Determinação da Contribuição Individual das aeronaves.
- **Etapas 3** Determinação do Coeficiente Total do Aeródromo
- **Etapas 4** Seleção do Conjunto de Curvas de Nível de Ruído

Estas Etapas serão descritas a seguir.

Etapla 1 – Determinação dos Coeficientes de Ruído das aeronaves

Na Tabela 4-3, são apresentados os Coeficientes de Ruído das aeronaves do aeródromo em questão, os quais são encontrados no Anexo 1 e na lista de equivalências (Anexo 3).

Tabela 4.3 – Coeficientes de Ruído das Aeronaves

| Coeficiente de Ruído das Aeronaves | |
|---|------------------|
| | SEL dB(A) |
| F10065 | 93,0 |
| B737/500 | 96,4 |
| EMB 145 | 90,5 |
| DHC8 | 90,7 |
| MD11-GE | 96,8 |

Etapla 2 – Determinação da Contribuição Individual das aeronaves.

Para se determinar a Coeficiente Total do Aeródromo (Etapla 3), é necessário determinar a Contribuição Individual (CI) de cada aeronave, a qual é calculada a partir dos coeficientes das aeronaves e dos números de movimentos diurnos e noturnos, conforme segue:

$$CI_{Aeronave} = 10 \log (10^{LDa/10} + 10^{LNa/10})$$

Onde :

$$LDa = \text{Coeficiente da aeronave} + 10 \log (\text{pousos diurnos})$$

$$LNa = \text{Coeficiente da aeronave} + 10 \log (\text{pousos noturnos}) + 5$$

Então:

$$CI_{F100} = 99,1 \text{ dB(A)}$$

$$CI_{B737/500} = 101,4 \text{ dB(A)}$$

$$CI_{EMB145} = 95,5 \text{ dB(A)}$$

$$CI_{DHC8} = 100,4 \text{ dB(A)}$$

$$CI_{MD11-GE} = 101,5 \text{ dB(A)}$$

Etapa 3 – Determinação do Coeficiente Total do Aeródromo. O Coeficiente Total do Aeródromo é calculado a partir do somatório de todas as Contribuições Individuais, conforme segue:

Coeficiente Total do Aeródromo (CT_{Aerod})

$$CT_{Aerod} = 10 \log (10^{99,1 / 10} + 10^{101,4 / 10} + 10^{95,5 / 10} + 10^{100,4 / 10} + 10^{101,5 / 10})$$

$$CT_{Aerod} = 105,9 \text{ dB(A)}$$

Etapa 4 – Seleção do conjunto de Curvas de Nível de Ruído

Com base no Coeficiente Total do Aeródromo calculado na Etapa 3 e na Tabela 4-4 pode ser verificado que o conjunto de Curvas de Nível de Ruído que melhor se adapta ao Aeródromo em questão é o médio.

Tabela 4.4 – Critério para seleção Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído

| PARA A SELEÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL DE RUÍDO | | | Conjunto de Curvas a ser aplicado |
|--|--------------|----------------------------|-----------------------------------|
| | CT_{Aerop} | $\leq 97 \text{ dB(A)}$ | Pequeno |
| $97,1 \text{ dB(A)} \leq$ | CT_{Aerop} | $\leq 106,5 \text{ dB(A)}$ | Médio |
| $106,6 \text{ dB(A)} \leq$ | CT_{Aerop} | $\leq 111 \text{ dB(A)}$ | Grande |
| | CT_{Aerop} | $\geq 111,1 \text{ dB(A)}$ | PEZR |

Conforme apresentado no Capítulo 3, o conjunto médio de Curvas de Nível de Ruído (pista categoria aviação regular de grande porte baixa densidade e/ou aviação regular de médio porte de alta densidade) possui as seguintes dimensões C1, C2, R1 e R2 são 1500 m, 2500 m, 240 m e 600 m.

5 DESENVOLVIMENTO DE CURVAS DE RUÍDO: ESTUDO DE CASO

5.1 APRESENTAÇÃO

Neste Capítulo será apresentado o estudo de caso envolvendo o Aeroporto de Criciúma, o qual tem como objetivos a verificação da validade do Critério Proposto para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído e a comprovação da hipótese estabelecida no Capítulo 1.

O Aeroporto de Criciúma foi escolhido como objeto de aplicação do Critério Proposto devido aos seguintes fatores:

- Conforme pode ser verificado no Anexo 4, este aeroporto não possui Plano Específico de Zoneamento de Ruído aprovado, portanto, deve ser enquadrado dentro das regras dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído.
- Este aeroporto possui projeções de demanda de movimento de aeronaves, que são dados fundamentais para o dimensionamento das curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído.

Para o dimensionamento das Curvas de Nível de Ruído 1 e 2 deste aeroporto, serão repetidas as mesmas etapas demonstradas no item Procedimento para utilização do modelo do Capítulo 4.

5.2 AEROPORTO DE CRICIÚMA – CONTEXTO GERAL

5.2.1 – Características Físicas

O Aeroporto de Criciúma (SBCM), possui as seguintes características físicas:

Dimensões da de pista = 1491 x 30 m

Temperatura de referência = 30,6 °C

Altitude = 28 m

5.2.2 – Previsão de Demanda de Movimentos

Nas Tabelas 5-1 e 5-2 são apresentadas as projeções de demanda de movimentos (pouso+decolagem) para o aeroporto em questão.

Tabela 5.1 – Previsão de Movimento de Aeronaves Anual (Pouso + Decolagens) no Aeroporto de Criciúma.

| Tráfego | Cenário | 2002 | 2007 | 2017 |
|--------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|
| Doméstico Regional | Pessimista | 2.201 | 2.495 | 3.370 |
| | Média | 2.903 | 3.200 | 4.308 |
| | Otimista | 3.604 | 3.910 | 5.246 |
| Doméstico Não Regular | Pessimista | 920 | 1.116 | 1.462 |
| | Média | 1.213 | 1.431 | 1.869 |
| | Otimista | 1.506 | 1.749 | 2.276 |
| Aviação Geral | Pessimista | 1.701 | 1.300 | 1.703 |
| | Média | 1.412 | 1.667 | 2.177 |
| | Otimista | 1.754 | 2.037 | 2.651 |
| Total Geral | Pessimista | 4.192 | 4.911 | 6.535 |
| | Média | 5.528 | 6.298 | 8.354 |
| | Otimista | 6.864 | 7.696 | 10.173 |

Fonte – Demanda detalhada dos Aeroportos Brasileiros – DAC/IAC 1999.

Tabela 5.2 – Previsão do Perfil das Aeronaves do Segmento Doméstico Regional Que Deverão Operar no Aeroporto de Criciúma - SC.

| ANO | R1 (%) | R2 (%) | R3 (%) | A1 (%) | TAMAV | FA |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|-----------|
| 1998 | 25 | 55 | 20 | | 30 | 0,28 |
| 2002 | 25 | 55 | 20 | | 31 | 0,25 |
| 2007 | 20 | 55 | 23 | 2 | 33 | 0,25 |
| 2017 | 12 | 62 | 23 | 3 | 35 | 0,23 |

Fonte – Demanda detalhada dos Aeroportos Brasileiros – DAC/IAC 1999.

5.3 ESCOLHA DO CENÁRIO E DAS AERONAVES

Tendo em vista o aspecto conservativo das curvas básicas, é desejável tomar a projeção otimista para o horizonte de 2017 para realizar os cálculos procedimento de seleção das Curvas 1 e 2. Desta forma, é esperado um valor médio de 27,8 movimentos por dia (pousos + decolagens),

sendo 14,3 mov./dia de Doméstico Regional, 6,3 mov./dia de Doméstico Não Regular e 7,6 mov./dia de Aviação Geral.

A projeção de demanda do DAC/IAC não indica os modelos específicos das aeronaves que deverão operar neste aeroporto em 2017. Sendo assim, faz-se necessário arbitrar os modelos de aeronaves com base no perfil previsto para este horizonte de tempo.

Portanto, para este estudo de caso, serão consideradas as seguintes aeronaves, cujos parâmetros e descrições são encontradas nos Anexos deste trabalho:

Para os 14,3 movimentos/dia de Doméstico Regional, serão utilizadas as seguintes aeronaves:

- 1,7 mov./dia DHC6 (R1)
- 8,9 mov./dia EMB120 (R2)
- 3,2 mov./dia EMB145 (R3)
- 0,5 mov./dia B373/300 (A1)

Para os 6,3 movimentos dia de Doméstico Não Regular serão arbitradas as seguintes aeronaves:

- 3,15 mov./dia EMB 120 (R2)
- 3,15 mov./dia EMB 145 (R3)

Para os 7,6 movimentos/dia de Aviação Geral será utilizada a aeronave GASEPF.

As aeronaves descritas acima estão em conformidade com o prescrito nas Portaria Nº 13/GM5, de 5 de janeiro de 1994, modificada pela Nº 717/GC5, de 4 de novembro de 1999, que estabelecem os critérios para a operação de aeronaves ruidosas em território nacional.

Cabe ressaltar que a projeção de demanda do DAC/IAC não indica se haverá operações dentro do período noturno. Entretanto, considerando-se que este aeroporto apresenta balizamento noturno, espera-se que parte do movimento previsto opere dentro deste intervalo (entre 22:00 e 7:00 h).

Neste estudo será adotada uma distribuição homogênea dentro do período de 24 horas de operação do aeroporto. Portanto, 62,5 % dos movimentos serão alocados dentro do período diurno e 37,5% no período noturno.

Com base nas informações e nas considerações apresentadas, chega-se ao seguinte panorama de operações:

Tabela 5-3 – Panorama de Operações Previstas Para o Aeroporto de Criciúma em 2017

| Aeronave | Movimentos (P+D) | Movimentos (P+D) |
|----------|------------------|------------------|
| | Diurnos | Noturnos |
| DHC6 | 1 | 0,7 |
| EMB120 | 7 | 5 |
| EMB 145 | 4 | 2,4 |
| B737/500 | 0,3 | 0,2 |
| GASEPF | 4,7 | 2,9 |

5.4 DIMENSIONAMENTO DAS CURVAS DE NÍVEL DE RUÍDO 1 E 2

Para fazer o dimensionamento das Curvas de Nível de Ruído 1 e 2 do Aeroporto de Criciúma, serão repetidas as mesmas 6 etapas demonstradas no Capítulo 4 no item 4.5 (Procedimento para utilização do modelo).

Etapa 1 – Determinar os Coeficientes das aeronaves

Na Tabela 5-4, são apresentados os Coeficientes de Ruído das aeronaves do aeroporto em questão, os quais são encontrados no Anexo 1 e na lista de equivalências (Anexo 3).~

Tabela 5.4 – Coeficientes de Ruído das Aeronaves

| Coeficiente de Ruído das Aeronaves | |
|------------------------------------|-----------|
| | SEL dB(A) |
| DHC6 | 90,3 |
| EMB 120 (DHC8) | 90,7 |
| EMB 145 | 90,5 |
| B737/500 | 96,4 |
| GASEPF | 80,4 |

Etapa 2 – Determinar a Energia Sonora do Aeroporto.

Para se determinar a Energia Sonora do Aeroporto, é necessário determinar a Contribuição Individual (CI) de cada aeronave, a qual é calculada a partir dos coeficientes axial e lateral e dos números de movimentos diurnos e noturnos, conforme segue:

$$CI_{\text{Aeronave}} = 10 \log (10^{LDa/10} + 10^{LNa/10})$$

Onde :

$LDa = \text{Coeficiente da aeronave} + 10 \log (\text{pousos diurnos})$

$LNa = \text{Coeficiente da aeronave} + 10 \log (\text{pousos noturnos}) + 5$

Então:

$$CI_{DHC6} = 92,3 \text{ dB(A)}$$

$$CI_{EMB120} = 101,2 \text{ dB(A)}$$

$$CI_{EMB145} = 98,1 \text{ dB(A)}$$

$$CI_{B737/500} = 93,0 \text{ dB(A)}$$

$$CI_{GASEPF} = 88,7 \text{ dB(A)}$$

O Coeficiente Total do Aeroporto é calculado a partir do somatório de todas as Contribuições Individuais, conforme segue:

Coeficiente Total do Aeroporto (CA_{Aerop})

$$CA_{\text{Aerop}} = 10 \log (10^{92,3/10} + 10^{101,2/10} + 10^{98,1/10} + 10^{93,0/10} + 10^{88,7/10})$$

$$CA_{\text{Aerop}} = 103,8 \text{ dB(A)}$$

Etapa 3 – Seleção da Curva

Com base no valor do Coeficiente Total do Aeroporto calculado na Etapa 2 e no critério apresentado na Tabela 5-5, pode se verificar que o conjunto de Curvas de Nível de Ruído mais adequadas para o Aeroporto de Criciúma – SC é o médio.

Tabela 5.5 – Critério para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído

| CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL DE RUÍDO | | | Conjunto de Curvas a ser aplicado |
|--|----------------------------|----------------------|--|
| | SEL_{1000m} | ≤ 97 dB(A) | Pequeno |
| 97,1 dB(A) ≤ | SEL_{1000m} | ≤ 106,5 dB(A) | Médio |
| 106,6 dB(A) ≤ | SEL_{1000m} | ≤ 111 dB(A) | Grande |
| | SEL_{1000m} | ≥ 111,1 dB(A) | PEZR |

Portanto, os comprimentos de C1, C2, R1 e R2 são 1500 m, 2500 m, 240 m e 600 m respectivamente (Figura 5-1).

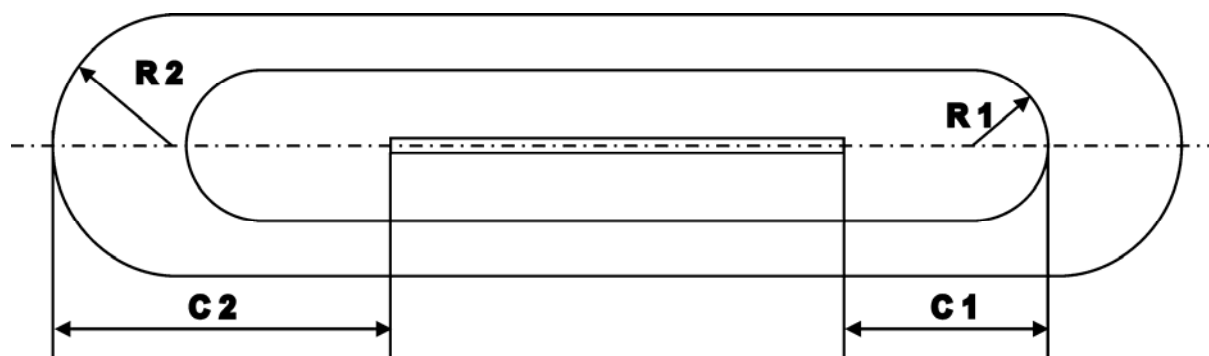


Figura 5.1 – Esquema da Curva do Plano Básico de Zoneamento de Ruído da Portaria N° 1.141/GM5.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

6.1 APRESENTAÇÃO

Neste capítulo será apresentada uma avaliação dos resultados obtidos no estudo do Aeroporto de Criciúma – SC, por meio de um estudo comparativo com a Portaria Nº 1141/GM5.

6.2 APLICAÇÃO DA PORTARIA Nº 1.141/GM5 PARA O AEROPORTO DE CRICIÚMA – SBCM

Para se enquadrar um determinado aeroporto em uma das seis Categorias prescritas na Portaria Nº 1141/GM5, e por consequência estabelecer as suas Curvas de Nível de Ruído, é necessário verificar quatro fatores:

- *Tipo de aeronave;*
- *Número de movimentos que deverão ocorrer em um horizonte de vinte anos;*
- *Operações noturnas;*
- *Regularidade dos vôos.*

De acordo com as informações sobre o Aeroporto de Criciúma mostradas no Capítulo anterior, será feita uma análise para o seu enquadramento nas Categorias prescritas na Portaria Nº 1141/GM5.

Categoria VI

De acordo com o Capítulo 1 da referida Portaria, a Categoria VI é destinada à operação não regular de aeronaves com motores turboélice ou pistão, com peso máximo de decolagem inferior a 9.000 kg, a saber, aviação de pequeno porte.

Tendo em vista que são esperados movimentos de aviação regular com aeronaves com peso máximo superior a 9.000 kg, tais como o B737/300 e o EMB-145, rejeita-se o enquadramento do Aeroporto de Criciúma na Categoria VI.

Categorias IV e V

Segundo a mesma Portaria, as Categorias IV e V são destinadas às pistas de aviação regular de médio porte. Por aviação regular de médio porte entende-se como aquela

operada por aeronaves equipadas com motores turboélice ou pistão, com peso máximo de decolagem igual ou superior a 40.000 kg.

Considerando que são esperados movimentos de aviação regular com aeronaves a jato (grande porte), com peso máximo de decolagem superior a 40.000 kg, rejeita-se o enquadramento do Aeroporto de Criciúma nas Categoria IV e V.

Categoria III

A Categoria III está destinada à aviação regular de grande porte de baixa densidade. Por aviação regular de grande porte entende-se como aquela operada por aeronaves com motores turbofan, turbojato, jato puro ou turboélice, este com peso máximo de decolagem igual ou superior a 40.000 kg.

As considerações feitas no Capítulo 5 a respeito dos tipos de aeronaves no Aeroporto de Criciúma mostram que é esperada a operação da aviação regular de grande porte.

Entretanto, na Categoria III não estão previstas operações dentro do período noturno. De acordo com as projeções feitas no estudo de caso, são esperados cerca de onze movimentos dentro deste período. Desta forma, a possibilidade de enquadramento do Aeroporto de Criciúma na Categoria III está descartada.

Categoria II

A Categoria II está destinada à aviação regular de grande porte de média densidade, com no máximo dois movimentos noturnos por dia. Tendo em vista que são projetados cerca de onze movimentos noturnos, sendo aproximadamente três desses movimentos operados por aeronaves de grande porte, verifica-se que o aeroporto em questão não pode ser classificado nesta categoria.

Categoria I

Por eliminação, a única das seis Categorias na qual o Aeroporto de Criciúma pode ser enquadrado é a Categoria I – pista de aviação regular de grande porte de alta densidade. Cabe ressaltar que a Portaria Nº 1141/GM5 não apresenta as Curvas de Nível de Ruído para esta Categoria, sendo necessário o estabelecimento de um Plano Específico de Zoneamento de Ruído.

Sendo assim, o Aeroporto de Criciúma, devido ao seu perfil de movimentos de aeronaves esperados para um horizonte de vinte anos, não pode ser enquadrado dentro das Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído.

Tendo em vista que este aeroporto não possui Plano Específico de Zoneamento de Ruído, conforme pode ser verificado no Anexo 4, verifica-se que a definição de suas Curvas de Nível de Ruído deverão ser objeto de estudo especial por parte do DAC, uma vez que se trata de um caso omissivo (Art. 90). Além disso, mesmo que o enquadramento fosse possível, não estaria garantida a compatibilidade dos níveis de ruído produzidos pelas operações aeronáuticas com os padrões estabelecidos pela NBR 10151.

6.3 ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO DO AEROPORTO DE CRICIÚMA

O Critério Proposto de seleção de Curvas de Nível de Ruído não apresenta as limitações do sistema de Categorias da Portaria Nº 1141/GM5, visto que está baseado somente na energia sonora que pode conter cada um dos seus três conjuntos de curvas, sem levar em considerações aspectos como a regularidade dos vôos e homogeneidade de frota de aeronaves.

Uma vez determinada a quantidade de energia sonora das aeronaves que deverão operar em um determinado aeródromo a compatibilização com a NBR 10151 está garantida.

De acordo com o estudo de caso do Capítulo 5 para o Aeroporto de Criciúma, pode ser verificado que o conjunto de Curvas de Nível de Ruído que melhor se adapta ao Aeroporto em questão é o médio, isto é, o destinado atualmente para categoria aviação regular de grande porte baixa densidade e/ou aviação regular de médio porte de alta densidade.

Portanto, o Critério Proposto proporciona uma resposta adequada para os problemas de enquadramento e adequação à norma NBR 10151, sendo considerado mais flexível e confiável que o da Portaria Nº 1141/GM5.

7 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES, RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES

7.1 APRESENTAÇÃO

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões relativas ao Critério Proposto para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído. Além disso, serão apresentadas algumas deficiências e limitações técnicas que estão envolvidas no critério em tela, bem como algumas recomendações que poderão ser consideradas quando da revisão da Portaria Nº 1141/GM5, de 8 de dezembro de 1987.

Por fim serão feitas sugestões de trabalhos futuros, os quais poderão compor o conjunto de ferramentas necessárias para o desenvolvimento de PZR's mais adequados no Brasil.

7.2 CONCLUSÕES

Conforme demonstrado, o Critério Proposto para Seleção de Curvas de Nível de Ruído proporciona inúmeras vantagens em relação ao apresentado na Portaria Nº 1141/GM5. Dentre elas destacam-se a compatibilidade com o previsto na Norma NBR 10151, da ABNT, e a possibilidade de poder ser aplicado em qualquer aeródromo.

Segundo a análise feita no Capítulo 6, a Portaria Nº 1141/GM5 mostrou-se bastante limitada. Esta limitação faz surgir uma série de dificuldades no enquadramento de aeródromos em suas Categorias, evidenciando a necessidade da utilização do seu Art. 90 que trata de casos omissos.

7.3 LIMITAÇÕES DO CRITÉRIO PROPOSTO

Embora o Critério Proposto seja muito flexível e produza resultados confiáveis, apresenta algumas limitações que serão comentadas a seguir:

- Tendo em vista que este modelo está baseado na SAE/AIR 1845, não é levada em consideração a redução de ruído produzida pela absorção sonora do ar.
- Não são levados em consideração os efeitos que ocorrem com a propagação sonora quando o campo acústico não é livre, que é o caso existente quando se está dentro de uma malha urbana.

- A forma da curva de nível de ruído do Critério Proposto não representa com exatidão o que ocorre quando da operação de um aeródromo. Entretanto, optou-se por manter a atual forma da curva apresentada na Portaria Nº 1141/GM5 por tratar-se de uma configuração simples de ser adotada pelas prefeituras de centenas de municípios brasileiros.

7.4 RECOMENDAÇÕES

Com base nesta monografia, recomenda-se que sejam feitas alterações na Portaria Nº 1141/GM5 no sentido de incorporar o Critério para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído.

Recomenda-se ainda que sejam mantidas atualizadas as previsões de demanda de movimento de aeronaves para os aeródromos e aeroportos brasileiros, uma vez que sem estas informações não é possível chegar a Curvas de Nível de Ruído confiáveis para a elaboração de PZR's.

7.5 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Embora a maioria dos grandes aeroportos brasileiros possua Planos Específicos de Zoneamento de Ruído, a Portaria Nº 1141/GM5 continua sendo uma importante ferramenta para o gerenciamento do uso do solo nas áreas de entorno de mais de 1.900 aeródromos em todo o Brasil.

Neste trabalho foi desenvolvido um método de dimensionamento capaz de produzir curvas de nível de ruído confiáveis e compatíveis com o preconizado na Norma NBR 10151. Entretanto, o Critério Proposto não engloba a operação de helipontos e heliportos. Segundo a Portaria Nº 1141/GM5, as Curvas de Nível de Ruído 1 e 2, para estes equipamentos, possuem raios fixos iguais a 100 e 300 m respectivamente, e não levam em consideração fatores importantes como número de movimentos, operações noturnas, tipos de helicópteros, elevação em relação ao solo e os requisitos da Norma NBR 10151. Portanto sugere-se que esta situação seja foco de estudo de futuros trabalhos na área de poluição sonora.

Acrescenta-se a esta sugestão a necessidade da realização de estudos para atualização dos valores das curvas dos Planos Específicos de Zoneamento de Ruído, que hoje são de 75 e 65 IPR, para as Curvas de Nível de Ruído 1 e 2 respectivamente. Estes valores são considerados incompatíveis

com as restrições ao uso do solo impostas dentro das áreas I e II de ruído dos Planos de Zoneamento de Ruído.

Por último julga-se adequado o desenvolvimento de pesquisa sobre a resposta da população brasileira ao ruído aeronáutico, visto não haver estudos disponíveis sobre o assunto. Cabe ressaltar que estas informações são extremamente relevantes para a adequada compatibilização do uso do solo nas áreas de entorno com a atividade aeroportuária

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000, *Norma Brasileira*

Registradas 10151, Acústica, Avaliação de Ruído em Áreas Habitadas, Visando o Conforto Acústico da Comunidade – Procedimento.

CÓDIGO BRASILEIRO DE AERONÁUTICA, 1986, Lei Nº 7.565.

COMAER, Portaria Nº 1.141/GM5, 1987, *Publicada no Diário Oficial da União, seção I de 9 DEZ 1987*

COMAER, *Demanda Detalhada dos Aeroportos Brasileiros* – Instituto de Aviação Civil, Rio de Janeiro, 1998.

COMAER, Rotaer, 1999, *Manual Auxiliar de Rotas Aéreas.*

COMAER, Instrução de Aviação Civil Nº 4301, 2000, *Instrução para Autorização de Construção de Registro de Aeródromos Privados.*

CONAMA Resolução Nº 001, 1990, *Publicada no Diário Oficial da União, 2 ABR 1990, seção I, pág. 6.408;*

CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL, 1988;

DOWLING, A.P., WILLIAMS, J.E.F., 1983, *Sounds and Sources of Sound*, Ellis Horwood Limited.

HALL, D.E., 1987, *Basic Acoustics*, Happer & Row, Publishers, inc.

HARRIS, C.M., 1979, *Handbook of Noise Control*, 2 ed. McGraw-Hill, inc.

HASSAL, J.R., ZAVERI K., 1979, *Acoustic Noise Measurements*, 4 ed. Brüel & Kjaer.

INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, Annex 16, Volume 1, 1993, *Aircraft Noise*, 3 ed.

INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, Environmental Technical Manual, 1995, 2 ed., Doc 9501-AN/929.

INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, Circular 205, 1985, *Recommended Method for Computing Noise Contours Around Airports.*

INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, Aircraft Noise Data Base, 2001, *NoiseDB 1.0.*

INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, Airport Planning Manual, 1998, *Part 2, Land Use and Environmental Control* 2 ed., Doc 9184.

KINSLER, L.E., FREY, A.R., 1962, *Fundamentals of Acoustic*, 2 ed. John Wiley & Sons, inc.

- KRYTER, K.D., 1970, *The Effects of Noise on Man*, Academic Press.
- PETERSON, A.P.G., 1980, *Handbook of Noise Measurements*, GenRad, inc.
- PIERCE, A.D., 1981, *An Introduction to Its Principles and Applications*. McGraw-Hill, inc.
- SILVA, P., 1997, *Acústica Arquitetônica & Condicionamento de Ar*, 3 ed. Editora Termo Acústica LTDA.
- SOUZA, C. A. F., 2001, *Procedimentos de Gestão Ambiental em Aeroportos*. Monografia de Especialização, Publicação E-TA02A/2001, Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, Universidade de Brasília, Brasília, 83p.
- SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS INC, 1986, *Aerospace Information Report 1845, Procedure for the Calculation of Airplane Noise in the Vicinity of Airports*, Society of Automotive Engineers, inc.

ANEXO 1
Coefficiente de Ruído das Aeronaves

| Coefficiente de Ruído das Aeronaves | |
|--|-------|
| SEL dB(A) | |
| <hr/> | |
| 707 | 110,7 |
| 707120 | 112,4 |
| 707320 | 113,5 |
| 707QN | 105,1 |
| 720 | 110,6 |
| 720B | 110,5 |
| 727100 | 106,2 |
| 727200 | 105,9 |
| 727D15 | 106,2 |
| 727D17 | 99,7 |
| 727EM1 | 99,2 |
| 727EM2 | 99,3 |
| 727Q15 | 99,6 |
| 727Q7 | 99,3 |
| 727Q9 | 99,7 |
| 727QF | 95,5 |
| 737 | 102,9 |
| 737300 | 96,3 |
| 7373B2 | 96,3 |
| 737400 | 96,4 |
| 737500 | 96,4 |
| 737D17 | 96,1 |
| 737N17 | 95,8 |
| 737N9 | 95,2 |

Coeficiente de Ruído das Aeronaves

SEL dB(A)

| | |
|--------|-------|
| 737QN | 95,6 |
| 747100 | 107,6 |
| 74710Q | 104,1 |
| 747200 | 104,1 |
| 74720A | 104,4 |
| 74720B | 104,5 |
| 747400 | 104,2 |
| 747SP | 103,5 |
| 757PW | 96,9 |
| 757RR | 95,4 |
| 767300 | 99,3 |
| 767CF6 | 98,6 |
| 767JT9 | 98,6 |
| 777200 | 98,5 |
| A300 | 99,8 |
| A310 | 99,4 |
| A320 | 96,6 |
| A7D | 106,9 |
| BAC111 | 102,8 |
| BAE146 | 94,3 |
| BAE300 | 94,2 |
| BEC58P | 87,9 |
| C130 | 98,1 |
| CIT3 | 87,0 |
| CL601 | 90,5 |
| CNA441 | 86,1 |
| CNA500 | 88,2 |

Coefficiente de Ruído das Aeronaves

SEL dB(A)

| | |
|--------|-------|
| COMJET | 94,3 |
| COMSEP | 83,7 |
| CONCRD | 115,4 |
| CVR580 | 95,8 |
| DC1010 | 101,1 |
| DC1030 | 101,3 |
| DC1040 | 100,6 |
| DC3 | 101,1 |
| DC6 | 103,6 |
| DC820 | 110,7 |
| DC850 | 113,8 |
| DC860 | 113,3 |
| DC870 | 97,4 |
| DC8QN | 104,6 |
| DC910 | 102,6 |
| DC930 | 103,3 |
| DC93LW | 95,6 |
| DC950 | 96,8 |
| DC95HW | 94,7 |
| DC9Q7 | 95,2 |
| DC9Q9 | 96,3 |
| DHC6 | 90,3 |
| DHC7 | 80,5 |
| DHC8 | 90,7 |
| DHC830 | 89,9 |
| EMB145 | 90,5 |
| F10062 | 93,1 |

Coefficiente de Ruído das Aeronaves

SEL dB(A)

| | |
|--------|-------|
| F10065 | 93,0 |
| F28MK2 | 100,4 |
| F28MK4 | 96,6 |
| F4C | 117,6 |
| FAL20 | 101,8 |
| GASEPF | 80,4 |
| GASEPV | 88,1 |
| GIV | 90,6 |
| HS748A | 100,6 |

| | |
|--------|-------|
| KC135 | 117,5 |
| KC135B | 112,6 |
| KC135R | 100,0 |
| L1011 | 102,8 |
| L10115 | 103,0 |
| L188 | 98,3 |
| LEAR25 | 102,2 |
| LEAR35 | 90,7 |
| MD11GE | 96,8 |
| MD11PW | 99,5 |
| MD81 | 92,0 |
| MD82 | 92,0 |
| MD83 | 92,4 |
| MU3001 | 89,7 |
| SABR80 | 101,7 |
| SD330 | 89,4 |
| SF340 | 88,2 |

ANEXO 2
Descrição das Aeronaves

| Aeronave | Descrição | Motor | Número | PMD (Lb) | PMP (Lb) |
|----------|----------------------|------------|---------------|-------------|-------------|
| | | | De Motores | | |
| 707 | B707-120/JT3C | JT4A | 4 | 302400 | 188900 |
| 707120 | B707-120B/JT3D-3 | JT3D | 4 | 302400 | 188900 |
| 707320 | B707-320B/JT3D-7 | JT3D | 4 | 334000 | 247000 |
| 707QN | B707-320B/JT3D-7QN | JT3DQ | 4 | 334000 | 247000 |
| 720 | B720/JT3C | JT4A | 4 | 223500 | 155600 |
| 720B | B720B/JT3D-3 | JT3D | 4 | 234000 | 175000 |
| 727100 | B727-100/JT8D-7 | 3JT8D | 3 | 169500 | 142500 |
| 727200 | B727-200/JT8D-7 | 3JT8D | 3 | 217600 | 163300 |
| 727D15 | B727-200/JT8D-15 | 3JT8D | 3 | 208000 | 169000 |
| 727D17 | B727-200/JT8D-17 | 3JT8DQ | 3 | 208000 | 169000 |
| 727EM1 | FEDX 727-100/JT8D-7 | 3JT8E7 | 3 | 169500 | 142500 |
| 727EM2 | FEDX 727-200/JT8D-15 | 3JT8E5 | 3 | 208000 | 169000 |
| 727Q15 | B727-200/JT8D-15QN | 3JT8DQ | 3 | 208000 | 169000 |
| 727Q7 | B727-100/JT8D-7QN | 3JT8DQ | 3 | 169500 | 142500 |
| 727Q9 | B727-200/JT8D-9 | 3JT8DQ | 3 | 191000 | 160000 |
| 727QF | UPS 727100 22C 25C | TAY65 1 | 3 | 169000 | 142500 |
| 737 | B737/JT8D-9 | 2JT8D | 2 | 109000 | 98000 |
| 737300 | B737-300/CFM56-3B-1 | CFM56 3 | 2 | 135000 | 114000 |
| 7373B2 | B737-300/CFM56-3B-2 | CFM56 3 | 2 | 139000 | 114000 |
| 737400 | B737-400/CFM56-3C-1 | CFM56 3 | 2 | 150000 | 124000 |
| 737500 | B737-500/CFM56-3B-1 | CFM56 3 | 2 | 138500 | 111000 |
| 737D17 | B737-200/JT8D-17 | 2JT8DQ | 2 | 124000 | 107000 |

| Aeronave | Descrição | Motor | Número | PMD (Lb) | PMP (Lb) |
|----------|---|------------|---------------|-------------|-------------|
| | | | De Motores | | |
| 737N17 | B737-200/JT8D-17 Nordam B737 LGW Hushkit | 2JT8DN | 2 | 124000 | 107000 |
| 737N9 | B737/JT8D-9 Nordam B737 LGW Hushkit | 2JT8DN | 2 | 109000 | 98000 |
| 737QN | B737/JT8D-9QN | 2JT8DQ | 2 | 109000 | 98000 |
| 747100 | B747-100/JT9DBD | JT9DB D | 4 | 733000 | 516600 |
| 74710Q | B747-100/JT9D-7QN | JT9DFL | 4 | 733000 | 564000 |
| 747200 | B747-200/JT9D-7 | JT9DFL | 4 | 775000 | 564000 |
| 74720A | B747-200/JT9D-7A | JT9D7Q | 4 | 785000 | 564000 |
| 74720B | B747-200/JT9D-7Q | JT9D7Q | 4 | 800000 | 630000 |
| 747400 | B747-400/PW4056 | PW405 6 | 4 | 870000 | 630000 |
| 747SP | B747SP/JT9D-7 | JT9DFL | 4 | 702000 | 475000 |
| 757PW | B757-200/PW2037 | PW203 7 | 2 | 240000 | 198000 |
| 757RR | B757-200/RB211-535E4 | RR535E | 2 | 220000 | 198000 |
| 767300 | B767-300/PW4060 | 2CF680 | 2 | 407000 | 320000 |
| 767CF6 | B767-200/CF6-80A | 2CF680 | 2 | 315500 | 270000 |
| 767JT9 | B767-200/JT9D-7R4D | 2CF680 | 2 | 351000 | 270000 |
| 777200 | Boeing 777-200 GE90-76B | GE9076 | 2 | 535000 | 445000 |
| A300 | A300B4-200/CF6-50C2 | 2CF650 | 2 | 364000 | 295000 |
| A310 | A310-300/CF6-80C2A2 | 2CF650 | 2 | 331000 | 271000 |
| A320 | A320-211/CFM56-5A-1 | CFM56 5 | 2 | 162000 | 142000 |
| A7D | A-7D,E/TF-41-A-1 | TF41 | 1 | 42000 | 37100 |
| BAC111 | BAC111/SPEY MK511-14 | 2JT8D | 2 | 89600 | 82000 |
| BAE146 | BAE146-200/ALF502R-5 | AL502 R | 4 | 93000 | 81000 |
| BAE300 | BAE146-300/ALF502R-5 | AL502 | 4 | 97500 | 84500 |

| Aeronave | Descrição | Número | | PMD (Lb) | PMP (Lb) |
|----------|---|------------|---------------|-------------|-------------|
| | | Motor | De Motores | | |
| | | R | | | |
| BEC58P | BARON 58P/TS10-520-L | TSIO52 | 2 | 6100 | 6100 |
| C130 | C-130H/T56-A-15 | T56A15 | 4 | 155000 | 135000 |
| C130E | C-130E/T56-A-7 | T56A7 | 4 | 155000 | 130000 |
| CIT3 | CIT 3/TFE731-3-100S | TF7313 | 2 | 20000 | 17000 |
| CL601 | CL601/CF34-3A | CF34 | 2 | 43100 | 36000 |
| CNA441 | CONQUEST II/TPE331-8 | TPE331 | 2 | 9900 | 9400 |
| CNA500 | CIT 2/JT15D-4 | JT15D1 | 2 | 14700 | 14000 |
| COMJET | 1985 BUSINESS JET | CGAJ | 2 | 19200 | 16200 |
| COMSEP | 1985 1-ENG COMP | CGASE P | 1 | 2440 | 2400 |
| CONCRD | CONCORDE/OLY593 | OLY59 3 | 4 | 400000 | 245000 |
| CVR580 | CV580/ALL 501-D15 | 501D13 | 2 | 58000 | 52000 |
| DC1010 | DC10-10/CF6-6D | CF66D | 3 | 455000 | 363000 |
| DC1030 | DC10-30/CF6-50C2 | CF66D | 3 | 572000 | 403000 |
| DC1040 | DC10-40/JT9D-20 | CF66D | 3 | 555000 | 403000 |
| DC3 | DC3/R1820-86 | 2R2800 | 2 | 28000 | 24500 |
| DC6 | DC6/R2800-CB17 | 4R2800 | 4 | 106000 | 95000 |
| DC820 | DC-8-20/JT4A | JT4A | 4 | 317600 | 194400 |
| DC850 | DC8-50/JT3D-3B | JT3D | 4 | 325000 | 240000 |
| DC860 | DC8-60/JT3D-7 | JT3D | 4 | 355000 | 275000 |
| DC870 | DC8-70/CFM56-2C-5 | CFM56 2 | 4 | 355000 | 258000 |
| DC8QN | DC8-60/JT8D-7QN | JT3DQ | 4 | 355000 | 275000 |
| DC910 | DC9-10/JT8D-7 | 2JT8D | 2 | 90700 | 81700 |
| DC930 | DC9-30/JT8D-9 | 2JT8D | 2 | 114000 | 102000 |
| DC93LW | DC9-30/JT8D-9 w/ ABS Lightweight hushkit | 2JT8DL | 2 | 114000 | 102000 |
| DC950 | DC9-50/JT8D-17 | 2JT8DQ | 2 | 121000 | 110000 |

| Aeronave | Descrição | Número | | PMD (Lb) | PMP (Lb) |
|----------|---|------------|---------------|-------------|-------------|
| | | Motor | De Motores | | |
| DC95HW | DC9-50/JT8D17 w/ ABS Heavyweight hushkit | 2JT8DH | 2 | 121000 | 110000 |
| DC9Q7 | DC9-10/JT8D-7QN | 2JT8DQ | 2 | 90700 | 81700 |
| DC9Q9 | DC9-30/JT8D-9QN | 2JT8DQ | 2 | 114000 | 102000 |
| DHC6 | DASH 6/PT6A-27 | PT6A27 | 2 | 12500 | 12300 |
| DHC7 | DASH 7/PT6A-50 | PT6A50 | 4 | 41000 | 39000 |
| DHC8 | DASH 8-100/PW121 | PW120 | 2 | 34500 | 33900 |
| DHC830 | DASH 8-300/PW123 | PW120 | 2 | 43000 | 42000 |
| EMB145 | Embraer 145 ER/Allison AE3007 | AE3007 | 2 | 45420 | 41230 |
| F10062 | F100/TAY 620-15 | TAY62 0 | 2 | 95000 | 85500 |
| F10065 | F100/TAY 650-15 | TAY65 0 | 2 | 98000 | 88000 |
| F28MK2 | F28-2000/RB183MK555 | RB183 | 2 | 65000 | 59000 |
| F28MK4 | F28-4000/RB183MK555 | RB183P | 2 | 73000 | 64000 |
| F4C | F-4C/J79-GE-15 | J79 | 2 | 52000 | 40000 |
| FAL20 | FALCON 20/CF700-2D-2 | CF700 | 2 | 28700 | 27300 |
| GASEPF | 1985 1-ENG FP PROP | SEPFP | 1 | 2200 | 2200 |
| GASEPV | 1985 1-ENG VP PROP | SEPVP | 1 | 3000 | 3000 |
| GIV | GIV/TAY 611 | TAY62 0 | 2 | 71700 | 58500 |
| HS748A | HS748/DART MK532-2 | RDA53 2 | 2 | 46500 | 43000 |
| KC135 | KC135A/J57-P-59W | J57 | 4 | 300000 | 228000 |
| KC135B | KC135B/JT3D-7 | JT3D | 4 | 300000 | 228000 |
| KC135R | KC135R/CFM56-2B-1 | CFM56 A | 4 | 324000 | 244000 |
| L1011 | L1011/RB211-22B | RB2112 | 3 | 430000 | 358000 |
| L10115 | L1011-500/RB211-224B | RB2112 | 3 | 510000 | 368000 |

| Aeronave | Descrição | Motor | Número | PMD (Lb) | PMP (Lb) |
|----------|-------------------|--------|---------------|-------------|-------------|
| | | | De Motores | | |
| L188 | L188C/ALL 501-D13 | T56A7 | 4 | 116000 | 98100 |
| LEAR25 | LEAR 25/CJ610-8 | CJ610 | 2 | 15000 | 13500 |
| LEAR35 | LEAR 36/TFE731-2 | TF7312 | 2 | 18300 | 15300 |
| MD11GE | MD-11/CF6-80C2D1F | 2CF68D | 3 | 682400 | 433300 |
| MD11PW | MD-11/PW 4460 | PW4460 | 3 | 682400 | 433300 |
| MD81 | MD-81/JT8D-209 | 2JT8D2 | 2 | 140000 | 128000 |
| MD82 | MD-82/JT8D-217A | 2JT8D2 | 2 | 149500 | 130000 |
| MD83 | MD-83/JT8D-219 | 2JT8D2 | 2 | 160000 | 139500 |
| MU3001 | MU300-10/JT15D-4 | JT15D5 | 2 | 14100 | 13200 |
| SABR80 | NA SABRELINER 80 | CF700 | 2 | 33720 | 27290 |
| SD330 | SD330/PT6A-45AR | PT6A45 | 2 | 22900 | 22600 |
| SF340 | SF340B/CT7-9B | CT75 | 2 | 27300 | 26500 |

ANEXO 3
Lista de Equivalência de Aeronaves

| Aeronaves | Descrição | Equivalência |
|------------------|--|---------------------|
| 7073SH | 707-300 ADV/C w/Shannon H/K | 707QN |
| 707C56 | 707 w/CFM56 | DC870 |
| 720TJ | B720 Turbojet | DC820 |
| 727RR1 | 727-100 with RR TAY 650 eng. | 727EM1 |
| 727RR2 | 727-200 with RR TAY 650 eng. | 727EM2 |
| 73717A | 737-100 w/JT8D-7A | 737QN |
| 737215 | 737-200 ADV w/JT15QN | 737D17 |
| 7373C1 | 737-300 w/CFM56-3C1 | 7373B2 |
| 7375B2 | 737-500 w/CFM56-3B2 | 7373B2 |
| 7375C1 | 737-500 w/CFM56-3C1 | 7373B2 |
| 7472G2 | 747-200 w/JT9D-7R4G2 | 747200 |
| 7473G2 | 747-300 w/JT9D-7R4G2 | 74720B |
| 747R21 | 747 w/CF6 or RB211 engines | 74720B |
| 777 | Boeing 777 | 767JT9 |
| A4 | US Navy Skyhawk (All Series) | A7D |
| A7 | US Military Corsair II (All Series) | A7D |
| A10 | USAF Thunderbolt II | A7D |
| A330 | Airbus A330 | A310 |
| A340 | Airbus A340 | DC870 |
| AA5A | Grumman Cheetah (AA5A) | GASEPF |
| AEROJT | Aero Commander Jet Commander | LEAR25 |
| AN26 | Antonov-26 | CVR580 |
| AN74TK | Antonov-74 | DC9Q9 |
| AN124 | Antonov-124 | 74720B |
| ATR42 | Avions de Transport Regional ATR-42 | DHC8 |
| ATR72 | Avions de Transport Regional ATR-72 | HS748A |
| BAEATP | British Aerospace Advanced Turboprop ATP | HS748A |
| BAEJ31 | British Aerospace BAe Jetsream 31 | DHC6 |

| Aeronaves | Descrição | Equivalência |
|------------------|--|---------------------|
| BEC18 | Beechcraft Model 18 | CNA441 |
| BEC23 | Beechcraft Model 23 Musketeer | GASEPF |
| BEC33 | Beechcraft Model 33 Debonair/Bonanza | GASEPV |
| BECM35 | Beechcraft Model M35 Bonanza | GASEPV |
| BEC400 | Beechcraft Beechjet 400 | LEAR35 |
| BEC45 | Beechcraft Model 45 Mentor (T34A & T34B) | GASEPV |
| BEC50 | Beechcraft Model 50 Twin Bonanza | BEC58P |
| BEC55 | Beechcraft Model 55 Barron | BEC58P |
| BEC58 | Beechcraft Model 58 Barron | BEC58P |
| BEC60 | Beechcraft Model 60 Duke | BEC58P |
| BEC65 | Beechcraft Model 65 Queen Air | BEC58P |
| BEC76 | Beechcraft Model 76 Duchess | BEC58P |
| BEC80 | Beechcraft Model Queen Air 80 series | BEC58P |
| BEC95 | Beechcraft Model 95 Travel Air | BEC58P |
| BN3 | Britten-Norman BN-3 Nymph | GASEPF |
| BN2A | Britten-Norman BN-2A Islander | BEC58P |
| C141 | Lockheed C-141 Starlifter | 707320 |
| C17A | Globemaster III C-17 | DC870 |
| C20 | US Military Gulfstream III | GIIB |
| C20A | US Military Gulfstream III | GIIB |
| C5 | Lockheed Galaxy | 74720B |
| C8 | US Army DHC-5 Buffalo | HS748A |
| C9B | Navy DC9-30 SkyTrain | DC9Q9 |
| CA212 | CASA C-212 Aviocar | DHC6 |
| CAN235 | CACA-Nurtanio CN-235 Airtech | SF340 |
| CC138 | Canadian Air Force DHC-6 Twin Otter | DHC6 |
| CL610 | Canadair CL-610 Challenger E | CL601 |
| CLREGJ | Canadair Regional Jet | CL601 |
| CNAWAG | Cessna AGWAGON | GASEPV |
| CNATRK | Cessna AGTRUCK | GASEPV |
| CNACAR | Cessna AGCARRYALL | GASEPV |

| Aeronaves | Descrição | Equivalência |
|------------------|--------------------------------------|---------------------|
| CNA150 | Cessna 150 | GASEPF |
| CNA172 | Cessna 172 Skyhawk | GASEPF |
| CNA177 | Cessna 177 Cardinal | GASEPF |
| CNA180 | Cessna Skywagon | GASEPF |
| CNA185 | Cessna Skywagon | GASEPF |
| CNA310 | Cessna 310 | BEC58P |
| CNA340 | Cessna 340 | CNA441 |
| CNA401 | Cessna 401 | CNA441 |
| CNA402 | Cessna 402 | BEC58P |
| CNA421 | Cessna 421 Golden Eagle | BEC58P |
| CNA501 | Cessna Citation I Single Pilot (SP) | CNA500 |
| CNA550 | Cessna Model 550 Citation II | MU3001 |
| CNA551 | Cessna Citation II Single Pilot (SP) | MU3001 |
| CNA650 | Cessna 650 Citation VII | CIT3 |
| CNV600 | Convair 600 | HS748A |
| CNV640 | Convair 640 | HS748A |
| CNV880 | Convair 880 | DC820 |
| CNV990 | Convair 990 | 707 |
| CONSTE | Lockheed Constellation | DC6 |
| DBMERC | Dassault Mercure | 737D17 |
| DC4 | Douglas DC-4 | DC6 |
| DC7 | Douglas DC-7 | DC6 |
| DC86BT | DC8-62/63 w/Burbank Treatment | DC8QN |
| DC9317 | DC930 w/JT8D-17 &15 | DC9Q9 |
| DC937A | DC930 w/JT8D-7 & 7A | DC9Q9 |
| DC9411 | DC940 w/JT8D-11 | DC9Q9 |
| DHC2 | De Havilland DHC-2 Beaver | BEC58P |
| DHC4 | De Havilland DHC-4 Caribou | DC3 |
| DO228 | Dornier-228 | DHC6 |
| DO328 | Dornier-328 | DHC8 |
| EA6 | US Navy EA-6 Intruder (Electronic) | A7D |

| Aeronaves | Descrição | Equivalência |
|------------------|--|---------------------|
| EMB110 | Embraer Bandeirante 110 | DHC6 |
| F14 | US Navy F-14 Tomcat | A7D |
| F18 | US Navy F-18 Hornet | A7D |
| F100 | USAF Super Sabre | A7D |
| FAL10 | Falcon 10 | LEAR35 |
| FAL200 | Falcon 200 | LEAR35 |
| FH27 | Fairchild-Hiller F-27 (Fokker 27) | HS748A |
| FH227 | Fairchild-Hiller F-227 (Fokker 27 Elong) | HS748A |
| FK27 | Fokker F.27 | HS748A |
| FK50 | Fokker 50 | DHC830 |
| FK70 | Fokker 70 | F10062 |
| GA7 | Grumman Cougar (GA7) | BEC58P |
| G164AG | Grumman American Super Agcat | GASEPV |
| GROB15 | Burkhart Grob G 115 | GASEPF |
| GULF1 | Gulfstream I (G159) | HS748A |
| GULF2 | Gulfstream II | GIIB |
| GULF3 | Gulfstream III | GIIB |
| HS125 | Hawker-Siddeley 125 | LEAR25 |
| HS1258 | Bae (Hawker-Siddeley) 125-800 | LEAR35 |
| IA1123 | IAI 1123 Westwind | LEAR25 |
| IARAVA | IAI Arava | DHC6 |
| IL62 | Ilyushin-62 | 707QN |
| IL76 | Ilyushin-76 | DC8QN |
| IL86 | Ilyushin-86 | DC8QN |
| IL96 | Ilyushin-96 | 747200 |
| IL114 | Ilyushin-114 | CVR580 |
| JST1TJ | Jetstar 1 Turbojet | LEAR25 |
| JST1TF | Jetstar 1 Turbofan | LEAR35 |
| JST2TF | Lockheed Jetstar 2 | LEAR35 |
| KC135E | Boeing KC135 Stratotanker (Re-engined) | 707320 |
| LEAR23 | Learjet 23 | LEAR25 |

| Aeronaves | Descrição | Equivalência |
|------------------|-------------------------------------|---------------------|
| LEAR24 | Learjet 24 | LEAR25 |
| LEAR31 | Learjet 31 | LEAR35 |
| LEAR36 | Learjet 36 | LEAR35 |
| LEAR55 | Learjet 55 | LEAR35 |
| M20J | Mooney 201LM and 205 (M20J) | GASEPV |
| M20K | Mooney 252TSE (M20K) | GASEPV |
| M20L | Mooney Pegasus (M20L) | GASEPV |
| MB339C | Aermacchi M.B. 339-C | A7D |
| MD80 | McDonnell-Douglas MD80 | MD81 |
| MD87 | McDonnell-Douglas MD87 | MD81 |
| MD88 | McDonnell-Douglas MD88 | MD83 |
| MD8819 | MD88 w/JT8D-119 | MD81 |
| MD90 | McDonnell-Douglas MD90 | MD83 |
| MU2 | Mitsubishi MU-2 | DHC6 |
| MU300 | Mitsubishi Diamond MU-300 | CNA500 |
| NRD262 | Nord-Aviation NORD-262 | SD330 |
| P3 | US Navy Lockheed Orion | L188 |
| PA18 | Piper PA-18 Super Cub | GASEPF |
| PA22CO | Piper PA-22 Colt | GASEPF |
| PA22TR | Piper PA-22 Tripacar | GASEPF |
| PA23AP | Piper PA-23-235 Apache | BEC58P |
| PA23AZ | Piper PA-23 Aztec | BEC58P |
| PA24 | Piper PA-24 Comanche | GASEPF |
| PA25 | Piper PA-25 Pawnee | GASEPV |
| PA28AR | Piper PA-28-181 Archer II | GASEPF |
| PA28C2 | Piper PA-28-235E Cherokee 235E | GASEPV |
| PA28CA | Piper PA-28R-200 Cherokee Arrow II | GASEPV |
| PA28CC | Piper PA-28-180 Cherokee Challenger | GASEPF |
| PA28CH | Piper PA-28-140 Cherokee 140 | GASEPF |
| PA28DK | Piper PA-28-236 Dakota | GASEPF |
| PA28WA | Piper PA-28-161 Warrior II | GASEPF |

| Aeronaves | Descrição | Equivalência |
|------------------|---------------------------------------|---------------------|
| PA30 | Piper PA-30 Twin Comanche | BEC58P |
| PA31 | Piper PA-31 Navajo | BEC58P |
| PA31CH | Piper PA-31-350 Chieftain | BEC58P |
| PA31T | Piper PA-31T Cheyenne | CNA441 |
| PA32C6 | Piper PA-32 Cherokee Six | GASEPV |
| PA32LA | Piper PA-32R-300 Lance | GASEPV |
| PA32SG | Piper PA-32 Saratoga | GASEPV |
| PA34 | Piper PA-34 Seneca | BEC58P |
| PA38 | Piper PA-38-112 Tomahawk | GASEPF |
| PA39 | Piper PA-39 Twin Comanche C/R | BEC58P |
| PA42 | Piper PA-42 Cheyenne III | CNA441 |
| PA46 | Piper PA-46 Malibu | GASEPV |
| PA61 | Piper PA-61 Aerostar Model 601 | BEC58P |
| PC6 | Pilatus PC-6 | GASEPV |
| RWCM12 | Rockwell Commander 112 (Alpine) | GASEPF |
| RWCM14 | Rockwell Commander 114 (Gram Turismo) | GASEPV |
| RWCM50 | Rockwell Shrike Commander 500S | BEC58P |
| RWCM69 | Rockwell Turbo Commander 690 | CNA441 |
| S3 | US Navy Viking (Lockheed) | A7D |
| S212 | Siai Marchetti S212 | CNA500 |
| SABR40 | Sabreliner 40 | LEAR25 |
| SABR60 | Sabreliner 60 | LEAR25 |
| SABR70 | Sabreliner 70 | LEAR25 |
| SABR75 | Sabreliner 75 | LEAR25 |
| SABR65 | Sabreliner 65 | LEAR35 |
| SAMER2 | Swearingen Merlin II | CNA441 |
| SAMER3 | Swearingen Merlin III | CNA441 |
| SAMER4 | Swearingen Merlin IV | DHC6 |
| SA226 | Swearingen Metro II | DHC6 |
| SA227 | Swearingen Metro III | DHC6 |
| SE210 | Aerospatiale Caravelle | 737 |

| Aeronaves | Descrição | Equivalência |
|------------------|---------------------------------------|---------------------|
| SF260M | Siai Marchetti SF260M | GASEPV |
| SN600 | Aerospatiale SN 600 Corvette | CNA500 |
| T2 | US Navy North American Buckeye | A7D |
| T2C | US Navy T-2C Buckeye | A7D |
| TA4 | US Navy Skyhawk (two seat trainer) | A7D |
| T33 | USAF Lockheed Shooting Star (Trainer) | A7D |
| T37 | USAF Cessna T37 or 318 | LEAR25 |
| T38 | USAF Northrop T38 | LEAR25 |
| T43A | USAF 737-200 | 737 |
| T47A | US Navy Cessna Citation S/II | CNA500 |
| TAYF19 | Taylorcraft Sprtsman 100 (F19) | GASEPF |
| TED600 | Ted Smith Aerostar 600 | GASEPF |
| TU134 | Tupolev-134 | 737QN |
| TU154 | Tupolev-154 | 727D17 |
| TU204 | Tupolev-204 | 757RR |
| TU334 | Tuploev-334 | F10065 |
| U3 | USAF Cessna Model 310 | BEC58P |
| UV18 | US Military DHC-6 Twin Otter | DHC6 |
| VC2 | Vickers VC2 Viscount | L188 |
| VC10TJ | Vickers VC10 TurboJet | DC820 |
| VC10TF | Vickers VC10 TurboFan | 707 |
| YS11 | Nihon Aeroplane (NAMC) YS-11 | HS748A |
| YS11C | Nihon Aeroplane (NAMC) YS-11 Cargo | HS748A |
| RJ70 | RJ70 | BAE146 |
| MD95 | McDonnell Douglas MD-95 | MD81 |
| 737700 | Boeing 737-700 | 737400 |
| 737800 | Boeing 737-800 | 737400 |
| SAAB20 | SAAB 2000 | HS748A |
| BAEJ41 | British Aerospace Bae Jetstream 41 | SF340 |
| AC50 | Commander 500 | BEC58P |
| AC56 | Commander 560 | BEC58P |

| Aeronaves | Descrição | Equivalência |
|------------------|------------------------------------|---------------------|
| AC69 | Jet Prop Commander | CNA441 |
| AC95 | Aero Commander 695 | CNA441 |
| BEC100 | Beech King Air 100 | CNA441 |
| BEC190 | Beech 1900 | DHC6 |
| BEC200 | Beech Super King Air 200 | DHC6 |
| BEC24 | Beechcraft Model 24 Sierra | GASEPF |
| BEC300 | Beech Super King Air 300 | DHC6 |
| BEC30B | Beech Super King Air 300B | DHC6 |
| BEC90 | Beech King Air C90 | BEC58P |
| BEC99 | Beech Airliner Model 99 | DHC6 |
| BEC9F | Beech F90 Super King Air | CNA441 |
| BL14 | Bellanca Cruisair | GASEPF |
| BL26 | Bellanca Super Viking Model 17-30A | GASEPF |
| BLCH10 | Bellanca Champion Citabria CH10 | GASEPF |
| C26 | Military Metro/Merlin | DHC6 |
| C45 | Military Twin beech 18 | CNA441 |
| CNA152 | Cessna 152 | GASEPF |
| CNA170 | Cessna 170 | GASEPF |
| CNA182 | Cessna 182 Skylane | GASEPV |
| CNA205 | Cessna 205 Super Skywagon | GASEPF |
| CNA207 | Cessna 207 Turbo Stationair | GASEPV |
| CNA208 | Cessna 208 Caravan I | GASEPF |
| CNA210 | Cessna 210 Centurion/II | GASEPF |
| CNA300 | Cessna 300 | CNA441 |
| CNA303 | Cessna 303 Crusader | BEC58P |
| CNA320 | Cessna 320 Skynight | BEC58P |
| CNA335 | Cessna 335 | BEC58P |
| CNA336 | Cessna 336 Skymaster | BEC58P |
| CNA337 | Cessna 337 Super Skymaster | BEC58P |
| CNA404 | Cessna 404 Titan | BEC58P |
| CNA414 | Cessna 414 Chancellor | BEC58P |

| Aeronaves | Descrição | Equivalência |
|------------------|---------------------------------|---------------------|
| CNA425 | Cessna 425 Corsair/Conquest I | BEC58P |
| CNA560 | Cessna 560 Citation V | MU3001 |
| EMB120 | Embraer Bandeirante 120 | DHC8 |
| F10 | Douglas Skyknight | LEAR25 |
| F90 | Beech Super King Air | CNA441 |
| GC1 | Vought Swift | GASEPF |
| GULFCO | Gulfstream Commander | CNA441 |
| IA1124 | IAI 1124 Westwind | IA1125 |
| LA42 | Lake LA-4-200 Buccaneer | GASEPF |
| N24 | Gov. Aircraft Factories N24 | CNA441 |
| OV1 | Grumman Mohawk OV-1 | DHC6 |
| PA17 | Piper PA-17 Vagabond | GASEPF |
| PA36 | Piper 36 Brave | BEC58P |
| PA44 | Piper 44 Seminole | BEC58P |
| PA60 | Piper Aerostar Model 600/700 | BEC58P |
| RWCMTH | Rockwell Thrust Commander (SR2) | GASEPV |
| SD360 | Shorts 360 | SD330 |
| YAK42 | Yakovlev Yak-42 | 727100 |
| 737222 | Boeing 737-222 | 737QN |
| 737600 | Boeing 737-600 | 7373B2 |
| 747122 | Boeing 747-122 | 74720A |
| 767400 | Boeing 767-400 | 767300 |
| A319 | Airbus A-319 | A320 |
| A321 | Airbus A-321 | A320 |
| BEC20A | Beech Starship 2000 | SD330 |
| CNV240 | Convair 240 | DC3 |
| EMB135 | Embraer EMB-135 | CL600 |
| FAL20A | Falcon 2000 | CL600 |
| GSPORT | Great Lakes Sport | GASEPF |
| LEAR45 | Learjet 45 | LEAR35 |
| LEAR60 | Learjet 60 | LEAR35 |

| Aeronaves | Descrição | Equivalência |
|------------------|---------------------|---------------------|
| LOADMS | Ayres LoadMaster | SD330 |
| PITTS1 | Pitts S-1 Special | GASEPF |
| S2 | Grumman S-2 Tracker | DC3 |
| CNA525 | Cessna Citation Jet | CNA500 |
| CNA750 | Cessna Citation X | CL600 |
| DALPHA | Dassault Alpha Jet | FAL20 |

ANEXO 4

Lista dos Planos Específicos de Zoneamento de Ruído

| SIGLA | NOME DO AEROPORTO | CIDADE | UF | COMAR | PORTARIA |
|-------|---------------------------|-------------------|----|-------|---|
| SBHT | ALTAMIRA | ALTAMIRA | PA | I | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 I |
| SBAR | ARACAJU | ARACAJU | SE | II | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXII |
| SBAU | ARAÇATUBA | ARAÇATUBA | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XVII |
| SBAQ | ARARAQUARA | ARARAQUARA | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XVIII |
| SBAS | ASSIS | ASSIS | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 MAIO DE 1984 - ANEX0 XIX |
| SBBT | BARRETOS | BARRETOS | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XXI |
| SBBU | BAURU | BAURU | SP | IV | 572/DGAC, DE 25 DE NOVEMBRO DE 1994 |
| SBBE | INTERNACIONAL DE BELÉM | BELÉM | PA | I | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXXX |
| SBCF | TANCREDO NEVES | BELO HORIZONTE | MG | III | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXIII |
| SBBV | INTERNACIONAL BOA VISTA | BOA VISTA | RR | VII | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXIV |
| SDBK | BOTUCATU | BOTUCATU | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XXII |
| SDBP | BRAGANÇA PAULISTA | BRAGANÇA PAULISTA | SP | IV | 154/GM-5, DE 29 DE FEVEREIRO DE 1988 |
| SBBR | INTERNACIONAL DE BRASÍLIA | BRASÍLIA | DF | VI | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXXXVI |
| SBKG | PRESIDENTE JOÃO SUASSUNA | CAMPINA GRANDE | PB | II | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 VI |

| SIGLA | NOME DO AEROPORTO | CIDADE | UF | COMAR | PORTARIA |
|--------------|-------------------------------|---------------------|-----------|--------------|---|
| SBKP | INTER. DE CAMPINAS(VIRACOPOS) | CAMPINAS | SP | IV | 102/DGAC, DE 05 DE MARÇO DE 1999 |
| SBCG | CAMPO GRANDE | CAMPO GRANDE | MT | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXV |
| SBCO | PORTO ALEGRE | CANOAS | RS | V | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LV |
| SBCA | CASCADEL | CASCADEL | PR | V | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XLVIII |
| SDCD | CATANDUVA | CATANDUVA | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XXIV |
| SNDA | COLATINA | COLATINA | ES | III | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XII |
| SBCR | CORUMBÁ | CORUMBÁ | MT | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XXV |
| SBCZ | INTER. DE CRUZEIRO DO SUL | CRUZEIRO DO SUL | AC | VII | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LVII |
| SBCY | MARECHAL RONDON | CUIABÁ | MT | VI | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXVI |
| SBBI | CURITIBA (BACACHERI) | CURITIBA | PR | V | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XLIX |
| SBCT | CURITIBA (AFONSO PENA) | CURITIBA | PR | V | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXVII |
| SDDR | DRACENA | DRACENA | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XXVI |
| SBFN | FERNANDO DE NORONHA | FERNANDO DE NORONHA | FN | II | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 VII |
| SBFL | HERCÍLIO LUZ | FLORIANÓPOLIS | SC | V | 669/DGAC, DE 27 DE DEZEMBRO DE 1994 |
| SBFZ | PINTO MARTINS | FORTALEZA | CE | II | 1.053/DGAC, DE 31 DE DEZEMBRO DE 1997 |
| SBFI | INTER. FOZ DO IGUAÇU | FOZ DO IGUAÇU | PR | V | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXIX |
| SBFC | FRANCA | FRANCA | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XXVII |

| SIGLA | NOME DO AEROPORTO | CIDADE | UF | COMAR | PORTARIA |
|--------------|--------------------------|---------------|-----------|--------------|---|
| SBGO | GOIÂNIA (SANTA GENOVEVA) | GOIÂNIA | GO | VI | 071/DGAC, DE 05 DE MARÇO DE 1992 |
| SBGW | GUARATINGUETÁ | GUARATINGUETÁ | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XXVIII |
| SDIG | IBITINGA | IBITINGA | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XXIX |
| SBIL | ILHÉUS | ILHÉUS | BA | II | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXXI |
| SBIZ | IMPERATRIZ | IMPERATRIZ | MA | I | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 II |
| SNHA | ITABUNA | ITABUNA | BA | II | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 VIII |
| SDIM | ITANHAÉM | ITANHAÉM | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XXX |
| SDYW | ITAPEVA | ITAPEVA | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XXXI |
| SNYB | ITUIUTABA | ITUIUTABA | MG | III | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XIII |
| SNJK | JEQUIÉ | JEQUIÉ | BA | II | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 IX |
| SBJP | JOÃO PESSOA | JOÃO PESSOA | PB | II | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 X |
| SDJD | JUNDIAÍ | JUNDIAÍ | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XXXII |
| SBLN | LINS | LINS | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XXXIII |
| SBLO | LONDRINA | LONDRINA | PR | V | 538/GM-5, DE 07 DE AGOSTO DE 1989 |
| SBMQ | MACAPÁ | MACAPÁ | AP | I | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 III |
| SBMO | CAMPOS DOS PALMARES | MACEIÓ | AL | II | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXXII |
| SBMN | PONTA PELADA | MANAUS | AM | VII | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LVIII |

| SIGLA | NOME DO AEROPORTO | CIDADE | UF | COMAR | PORTARIA |
|--------------|--------------------------|---------------------|-----------|--------------|--|
| SBEG | INTER. EDUARDO GOMES | MANAUS | AM | VII | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXXII |
| SBMA | MARABÁ | MARABÁ | PA | I | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 IV |
| SBML | MARÍLIA | MARÍLIA | SP | IV | 416/DGAC, DE 23 DE NOVEMBRO DE 1990 |
| SBMG | MARINGÁ | MARINGÁ | PR | V | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LII |
| SBMK | MONTES CLAROS | MONTES CLAROS | MG | III | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XIV |
| SBNT | AUGUSTO SEVERO | NATAL | RN | II | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXXXV |
| SBNF | NAVEGANTES | NAVEGANTES | SC | V | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LI |
| SDOU | OURINHOS | OURINHOS | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XXXV |
| SSPS | PALMAS | PALMAS | TO | VI | 147/DGAC, DE 11 DE MARÇO DE 1997 |
| SBPF | LAURO KURTZ | PASSO FUNDO | RS | V | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LIII |
| SBUF | PAULO AFONSO | PAULO AFONSO | BA | II | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XI |
| SBPK | PELOTAS | PELOTAS | RS | V | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LIV |
| SBPA | INTER. SALGADO FILHO | PORTO ALEGRE | RS | V | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXXIV |
| SBPV | PORTO VELHO | PORTO VELHO | RO | VII | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXXVIII |
| SBDN | PRESIDENTE PRUDENTE | PRESIDENTE PRUDENTE | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XXXVI |
| SBRF | GUARARAPES | RECIFE | PE | II | 232/DGAC, DE 14 DE ABRIL DE 1997 |

| SIGLA | NOME DO AEROPORTO | CIDADE | UF | COMAR | PORTARIA |
|--------------|-----------------------------|--------------------|-----------|--------------|---|
| SSRI | REGISTRO | REGISTRO | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XXXVII |
| SBRP | RIBEIRÃO PRETO | RIBEIRÃO PRETO | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XXXVIII |
| SBRB | INTER. DE RIO BRANCO | RIO BRANCO | AC | VII | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LIX |
| SBGL | RIO DE JANEIRO | RIO DE JANEIRO | RJ | III | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXXXVIII |
| SBRJ | RIO DE JANEIRO | RIO DE JANEIRO | RJ | III | 571/DGAC, DE 25 DE NOVEMBRO DE 1994 |
| SBSR | S. J. DO RIO PRETO | S. J. DO RIO PRETO | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XXXIX |
| SBSJ | S.J. DOS CAMPOS | S.J. DOS CAMPOS | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XL |
| SBSV | INTERNACIONAL DOIS DE JULHO | SALVADOR | BA | II | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXXV |
| SBSM | SANTA MARIA | SANTA MARIA | RS | V | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LVI |
| SBSN | SANTARÉM | SANTARÉM | PA | I | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXXVI |
| SBSL | MARECHAL DE CUNHA MACHADO | SÃO LUÍS | MA | I | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXXXIII |
| SDNO | SÃO MANUEL | SÃO MANUEL | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XLI |
| SBSP | INTER. SÃO PAULO(CONGONHAS) | SÃO PAULO | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXXXIX |

| SIGLA | NOME DO AEROPORTO | CIDADE | UF | COMAR | PORTARIA |
|--------------|-----------------------------|---------------|-----------|--------------|--|
| SBMT | CAMPO DE MARTE | SÃO PAULO | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XLII |
| SBGR | INTER. SÃO PAULO(GUARULHOS) | SÃO PAULO | SP | IV | 479/DGAC, DE 07 DE DEZEMBRO DE 1992 |
| SDCO | SOROCABA | SOROCABA | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XLIII |
| SBTT | INTER. DE TABATINGA | TABATINGA | AM | VII | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LX |
| SBTF | INTER. DE TEFÉ | TEFÉ | AM | VII | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXI |
| SBTE | TERESINA | TERESINA | PI | II | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 LXXVII |
| SBTU | TUCURUÍ | TUCURUÍ | PA | I | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 V |
| SDTP | TUPÃ | TUPÃ | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XLIV |
| SDUB | UBATUBA | UBATUBA | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XLV |
| SBUR | UBERABA | UBERABA | MG | III | 490/DGAC, DE 06 DE SETEMBRO DE 1996 DOV16/01/97 |
| SBUL | UBERLÂNDIA | UBERLÂNDIA | MG | III | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XVI |
| SBUP | URUBUPUNGÁ | URUBUPUNGÁ | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XLVI |
| SBVT | VITÓRIA (GOIABEIRAS) | VITÓRIA | ES | III | 070/DGAC, DE 05 DE MARÇO DE 1992 |
| SDVG | VOTUPORANGÁ | VOTUPORANGÁ | SP | IV | 0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEX0 XLVII |