0
4
/

MARIA DEL ROSARIO CASTRO

IMPACTO AMBIENTAL DA INSTALAÇÃO DE AEROPORTOS

DISSERTAÇÃO APRESENTADA À FACULDADE
DE SAÚDE PÚBLICA DA UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO, DEPARTAMENTO DE SAÚDE AMBIENTAL,
PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

ORIENTADOR: PROF. DR. FERNANDO DE ARAUJO GUIMARÃES

SÃO PAULO

1979

BIBLIOTECA
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
S P - 8

Ao Mestre e Amigo

PROF. Dr. FERNANDO DE ARAUJO GUIMARÃES

pela orientação, apoio irrestrito,
compreensão, estímulo e calor
humano, oferecidos em todas
as fases deste trabalho.

RECONHECIMENTO

A

- . Organização Sanitária Panamericana
- . Organização Mundial da Saúde
- . Universidad Nacional de Ingenieria
de Lima - Peru

Por ter possibilitado a realização
de meus estudos no Brasil.

AGRADEÇO,

. Ao Eng^o. Lauro Rios, Superintendente do Departamento Aeroviário do Estado de São Paulo, pela atenção e apoio.

. Ao Eng^o. Waldir Lazaro Bueno, Diretor do Aeroporto de Congonhas, pela atenção e permissão para recolher dados e observar as operações do Aeroporto.

. Ao Dr. Luiz Augusto de Lima Pontes, Diretor de Desenvolvimento, Pesquisa, Engenharia e Tecnologia da CETESB, pelos valiosos ensinamentos e orientação bibliográfica.

. Ao Eng^o. Armando Luiz de Souza Mesquita, Superintendente de Tecnologia do Ar da CETESB, pela gentileza e permissão para estagiar em seu setor.

. Ao Coronel Sergio Drummond da Fonseca, do Quarto Serviço Regional de Aviação Civil do Ministério de Aeronáutica, pela atenção.

. Ao Major Eurides João Corrã, do Serviço Regional de Proteção ao vôo, pelos ensinamentos.

. Ao Capitão Vanderlei Leão Taketani, do Quarto Serviço Regional de Aviação Civil do Ministério de Aeronáutica, pela gentileza e auxílio amigo na colheita de dados sobre os tipos e características dos aviões.

. Ao Sr. Waldemar Alves Vianna e a Sra. Maria Aparecida Vidal, da Diretoria de Tráfego do Aeroporto de Congonhas, pela colaboração amigável.

. Aos Engenheiros Oswaldo Paulino Filho, Antonio Aléssio Filho, Kichiro Maki, Fabio Gonçalves Dias, Carlos Robinson Ramos, Daniel Egon Schmidt, Reinaldo Zeifert, da Divisão de Laboratório de Ruído da CETESB, que de várias formas e em momentos diferentes da elaboração desta monografia

grafia, partilharam comigo seus conhecimentos, tempo e, principalmente amizade.

. Aos Engenheiros Gabriel Murgel Branco, Carlos Otávio Mariano, Alfred Szwarc, da Divisão de Fontes Móveis da CETESB, pela colaboração amigável no fornecimento de dados e bibliografia.

. À Sra. Ledá Campos de Correa Camargo, pela cuidadosa revisão das Referências Bibliográficas.

. À Srta. Deize Lopes, pela amizade e inestimável colaboração na datilografia deste trabalho.

. Ao Sr. Helmut Ubrig Pfeiffer, pela gentileza de desenhar a capa.

E finalmente, mas não por isso em último lugar, a:

. Eng. Susana Le Roux Cater e família

. Eng. Maria Leontina Alves Soares e família
pelo estímulo nas diferentes fases deste trabalho, e pelo carinho e calor familiar oferecidos durante nossa permanência no Brasil.

ÍNDICE

PAG

1. Introdução	001
1.1. Objetivos: limitação	001
1.2. Problemas ambientais causados por Aeroportos ..	002
1.3. Frota aérea. Tipos e características	005
2. Material e Métodos	008
2.1. Características de funcionamento dos aviões - Classificação	008
2.2. Ciclo Pouso-Decolagem (LTo)	009
2.3. Ar	010
2.3.1. Atividades de um Aeroporto e fontes de poluição do ar	010
2.3.1.1. Atividade de aviões	012
2.3.1.2. Tráfego de acesso	020
2.3.1.3. Veículos de serviço em terra ..	025
2.3.1.4. Teste de motores e <u>facilida</u> des de manutenção	027
2.3.1.5. Sistema de armazenamento e manipulação do combustível	029
2.3.1.6. Planta de ar condicionado e aquecimento	032
2.3.2. Estimativa das emissões de poluentes do ar em Aeroportos	032
2.3.3. Níveis de atividade de um Aeroporto	033
2.3.4. Fatores de emissão de Aeroportos	034
2.3.5. Resultados amostra	036
2.3.6. Medidas de controle	037
2.4. Ruído	040
2.4.1. Fontes de ruído em Aeroportos	040

2.4.2. Boom Sônico. Efeitos	043
2.4.3. Requisitos de uma boa medida e/ou des critor do ruído	045
2.4.4. Descritores do ruído de Aeroportos	045
2.4.4.1. Nível de ruído percebido (PNL) e nível efetivo de ruído per cebido (EPNL)	046
2.4.4.2. Taxa composta de ruído (CNR) ..	048
2.4.4.3. Índice de exposição ao ruído (NEF)	049
2.4.4.4. Índice Diurno de Ruído (Ldn).	051
2.4.4.5. Número índice de ruído (NNI) ..	053
2.4.4.6. Índice isotrófico de ruído (N).	055
2.4.4.7. Carga total de ruído (B)	057
2.4.4.8. Nível médio de incômodos (Q) ..	057
2.4.4.9. Índice de ruídosidade (NI)	058
2.4.4.10 Nível ponderado de exposição ao ruído (WECPNL)	059
2.4.5. Métodos de medida e vigilância do ruí do produzido por aviões	061
2.4.5.1. Homologação do ruído produzi do por um avião	063
2.4.5.2. Vigilância do ruído produzido pelas aeronaves nos Aeroportos e vizinhanças	065
2.4.6. Controle do ruído	068
2.4.6.1. Controle na fonte	068
2.4.6.2. Controle de rotas	069
2.4.6.3. Controle nos Aeroportos	070
2.4.6.4. Controle dos usos do solo	072

2.4.6.5. Utilização das opções de con	
trole do ruído	073
2.4.7. Impacto do ruído nas pessoas	074
2.4.7.1. Características físicas do som	
que influem na percepção do in	
cômodo	074
2.4.7.2. Fatores emocionais que influen	
ciam a resposta individual ao	
ruído	075
2.4.7.3. Fatores físicos que influenciam	
a respostas individual ao ruído.	076
2.4.7.4. Quantificação da resposta huma	
na ao ruído. Critérios existen	
tes	077
2.4.7.5. Outros efeitos do ruído sobre	
as pessoas	080
2.5. Outros problemas gerados pela instalação de	
Aeroportos	081
2.6. Aspectos que devem considerar-se nos estudos	
do impacto ambiental da instalação de Aeropor	
tos	082
3. Resultados	087
3.1. Coletânea de tabelas e figuras	088
3.2. Guia para avaliar os prováveis impactos ambien	
tais produzidos pela instalação de um Aeropor	
to	141
3.2.1. Generalidades	141
3.2.2. Metodologia	141
3.2.3. Aspectos a considerar no reconheçimen	
to do lugar proposto para o Aeroporto	

e na avaliação inicial dos diferentes	
impactos	142
3.2.4. Impactos prováveis	149
3.2.4.1. Ruído	149
3.2.4.2. Usos do solo	155
3.2.4.3. Vegetação, vida silvestre e	
espécies em perigo de extin	
ção	163
3.2.4.4. Qualidade da água	170
3.2.4.5. Hidrologia	176
3.2.4.6. Perigo de inundações	180
3.2.4.7. Terras alagadas e zonas costei	
ras	183
3.2.4.8. Qualidade do ar	187
3.2.4.9. Impactos socioeconômicos dire	
tos	193
3.2.4.10 Impactos induzidos	204
3.2.4.11 Lugares históricos e arqueol	
gicos	209
3.2.4.12 Desenvolvimento dos recursos	
naturais e abastecimento de	
energia	211
3.2.4.13 Impactos da construção	215
3.2.4.14 Emissões de luz	215
3.2.4.15 Glebas de terra cultivada de	
alto valor	217
3.2.5. Coerência entre as avaliações dos impac	
tos	219
3.2.6. Gráficos e documentação suporte que po	
dem anexar-se (se aplicável) ao relat	

PAG.

rio da avaliação dos impactos	220
. Referências Bibliográficas	224
. Anexo I - Metodologia de cálculo do Nível Diuturno de Ruído (Ldn)	A91
. Anexo II - Terminologia Complementar	A98

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº.	PAG.
01. Fontes de Poluição do Ar em um Aeroporto	094
02. Esquema do procedimento de cálculo para movimento anual de aviões. Estudo NADC	098
03. Esquema do procedimento de cálculo para movimento anual de aviões. Estudo McDonnell	098
04. Esquema do procedimento de cálculo para movimento anual de aviões. Estudo Speas	098
05. Esquema do procedimento de cálculo das emissões de aviões	100
06. Níveis de ruído na aproximação e decolagem de di- ferentes aviões, medidos a 1000 pés (dBA)	110
07. Níveis típicos de ruído de aeronaves, a 1000 pés, com potência máxima contínua. (EPNdB)	110
08. Espectro do ruído produzido pelo Avião Concorde na decolagem	112
09. Espectro do ruído produzido pelo Avião Concorde na aproximação	112
10. Efeitos do Boom sônico como função da pressão so- nora	114
11. Nível percebido em função da ruidosidade percebi- da total (Noys)	115
12. Gráfico para transformação de vários índices de exposição ao ruído	116
13. Equivalencias aproximadas entre índices de expo- sição ao ruído e descrições das respostas e/ou usos do solo.....	117
14. Pontos de medida para homologação do ruído de aviões. (Segundo FAR 36)	118

Nº.	PAG.
15. Opções típicas de controle do ruído de aviões	120
16. Utilização das opções de controle do ruído	120
17. Comparação qualitativa do custo entre tecnologia e uso compatível do solo, para controle do ruído ..	121
18. Incômodo causado por ruído de aviões em comunida des residenciais vizinhas a grandes Aeroportos	122
19. Resposta da comunidade ao ruído de aviões. Levan tamento Holandes	123
20. Resposta da comunidade a operações de aviões. Le vantamento no Aeroporto Heathrow de Londres	123
21. Comparação de várias medidas de incômodo indivi dual e reação da comunidade como função do índice diuturno (Ldn) e do índice de exposição ao ruído (NEF)	124
22. Percentagem máxima de interferência na conversa ção como uma função do nível de ruído (em Ldn)	126
23. Atitudes, em uma comunidade residencial, com respeito ao ruído de aviões	126
24. Distância máxima na qual a conversação é inteli gível, para diferentes níveis de ruído de fundo ...	132
25. Níveis sonoros (dBA) e resposta humana	134
26. Impacto do ruído de aviões sobre as atividades humanas (NEF, Ldn)	135
27. Carta de compatibilidade do uso do solo	138
28. Isolamento fornecido contra ruído de aviões por uma casa de construção ordinária de tijolos, quan do as janelas estão: abertas, fechadas ou com vi dro duplo	140
29. Dados base para a análise do impacto ambiental produzido por um Aeroporto	143

Nº.	PAG.
30. Esquema do procedimento de análise do impacto produzido pelo ruído dos aviões	150
31. Esquema do procedimento de análise do impacto <u>so</u> bre o uso do solo	156
32. Esquema do procedimento de análise do impacto <u>so</u> bre a vegetação e vida silvestre	166
33. Esquema do procedimento de análise do impacto <u>so</u> bre a qualidade da água	172
34. Esquema do procedimento de análise do impacto <u>so</u> bre a hidrologia	178
35. Esquema do procedimento de avaliação do perigo de inundações	181
36. Esquema do procedimento de análise do impacto <u>so</u> bre zonas costeiras e terras alagadas	185
37. Esquema do procedimento de análise do impacto na qualidade do ar	188
38. Esquema do procedimento de análise do impacto <u>so</u> cioeconômico direto	197
39. Esquema do procedimento de análise dos impactos induzidos	203

ÍNDICE DE TABELAS

Nº.	PAG
01. Estimativa do crescimento do Transporte Aéreo.....	004
Aeroporto de São Paulo	004
02. Tipos de Aviões : Características e Capacidade	007
03. Aviões em Serviço nas Companhias de Aviação	008
04. Esquema de Classificação de Aviões	009
05. Modos de operação, em cada ciclo Pouso-decolagem (LTo), dos aviões e atividades incluídas em cada modo	090
06. Tempos típicos, em cada modo do ciclo Pouso-deco- lagem (LTo), em um Aeroporto Metropolitano	091
07. Tempos, em cada modo do ciclo Pouso-decolagem - (LTo), no Aeroporto O'Hare de Chicago. USA	091
08. Tempos médios, em cada modo do ciclo Pouso-deco- lagem (LTo), no Aeroporto Congonhas de São Paulo ..	092
09. Fatores de emissão, de aviões, por ciclo Pouso - decolagem	093
101 Estimativa de Uso de Aviões, capacidade de assen- tos e fatores de carga. Estudo NADC - Aeroporto St Louis. USA.	095
11. Estimativa dos fatores de carga (de embarque) e número médio de assentos por avião. Estudo McDon- nell	097
12. Estimativa dos fatores de Carga (de embarque) e número médio de assentos por avião. Estudo Speas ..	097
13. Atividade diária de aviões no Aeroporto St. Louis USA	099
14. Tempo de ocupação do terminal - baseado em dados do Aeroporto O'Hare - Chicago	099

15. Percentagem de uso dos veículos empregados <u>trans</u> porte ao Aeroporto St. Louis. USA	101
16. Fatores de carga dos veículos de transporte ao Aeroporto St. Louis. USA	101
17. Tempos de serviço, dos veículos de serviço em terra, aos aviões	101
18. Taxas de consumo de combustível dos veículos de serviço em terra	100
19. Fatores de emissão dos veículos de serviço em <u>ter</u> ra	100
20. Fatores de emissão dos Aviões em cada modo do <u>ci</u> clo pouso-decolagem (LTo)	105
21. Tempos, na manutenção do motor dos aviões e ciclo teste	106
22. Fatores de emissão do Sistema de armazenamento e manipulação do combustível	106
23. Fatores de emissão da Planta de Aquecimento do Aeroporto	106
24. Padrões de Qualidade do Ar. USA	107
25. Emissões do Aeroporto O'Hare - Chicago	108
26. Emissões de aviões por modo do ciclo LTo, Aeropor <u>o</u> to O'Hare - Chicago	108
27. Características de gasolinas para aviões	109
28. Características de combustíveis para reatores	109
29. Ruído de aproximação para vários jatos, em voo horizontal, a diferentes alturas	111
30. Níveis de ruído do Concorde medidos segundo as Condições do Regulamento FAR 36	112
31. Comparação do ruído de decolagem do Concorde e outros aviões	113

32. Comparação do ruído de aproximação do Concorde e outros aviões 111
33. Percentagens da população vizinha ao Aeroporto , em uma comunidade média que é altamente incomoda da e apresenta queixas sobre ruído, para vários valores do Ldn produzido por aviões 116
34. Níveis Comparativos de Ruído - Valores Típicos - (dBA) encontrados na vida diária e indústria 117
35. Conexão entre o nível Acumulativo de Ruído e in-dicadores de incômodos na comunidade 120
36. Critérios HUD para desenvolvimento de Construções residenciais 120
37. Níveis médios de ruído identificados como requi-sito para proteger o Bem estar e Saúde Pública com uma adequada margem de segurança 120
38. Resumo dos níveis de ruído identificados como requisitos para proteger o Bem estar e Saúde Pública com uma adequada margem de segurança 121
39. Níveis de ruído de fundo (dBA) que permitem comunicação com 95% de inteligibilidade das orações, sob várias distâncias ao ar livre e para diferentes níveis de voz 122
40. Tipo de ruído e nível equivalente (Leq) máximo permissível que permite 95% de inteligibilidade das orações, a 2 m de distância, usando voz normal 123
41. Tempos permissíveis de exposição ao ruído para níveis sonoros acima de 90 dBA 123
42. Níveis de ruído (dBA) interno aceitáveis para o desenvolvimento de várias atividades dentro dos

Nº.	PAG
prédios	136
43. Valores permissíveis do Ldn ao ar livre, para ruí do intermitente de aviões	136
44. Compatibilidade de uso do solo segundo o ruído produzido no pouso-decolagem de aviões	137
45. Interpretações da compatibilidade do ruído. (Para uso com a Figura 27)	139

RESUMO

Considera as fontes de poluição em um Aeroporto e apresenta critérios base para a análise do ruído e poluição do ar. Inclui tabelas e gráficos com dados úteis para quantificar e/ou avaliar esses aspectos. Finalmente, fornece uma metodologia ou guia para efetuar a avaliação dos impactos ambientais que podem ser produzidos pela instalação ou ampliação de um Aeroporto.

SUMMARY

This work reffers to airport environmental pollution sources and presents basic criteria for the analysis of air and noise pollution problems. Are also included tables and graphs containing useful data which can be used to evaluate and quantify those aspects. Finally, it presents a complete guideline and methodology to be followed in order to evaluate the environmental impact which can be caused by the new airports or modification of existing ones.

1. INTRODUÇÃO

1.1. OBJETIVOS: LIMITAÇÃO

A ausência de planejamento territorial em tempos passados e a falta de hábito em executar estudos preliminares para avaliar o impacto ambiental causado pelo surgimento de uma nova atividade humana, ou pela ampliação de uma atividade já desenvolvida, são, frequentemente, as causas fundamentais de um ou mais dos problemas ambientais decorrentes.

O caso particular da implantação de um novo Aeroporto Metropolitano ou da ampliação de Aeroportos existentes , não é exceção à regra.

Felizmente o planejamento territorial, de características tão multiprofissionais, vem, nos dias atuais, tendo reconhecido a sua importância devida. Hoje, já é comum perceber-se um relativo cuidado em promover-se o desenvolvimento econômico sem olvidar o social, utilizando-se, entre outras, a poderosa ferramenta do planejamento territorial.

No entanto, falta-nos ainda o saudável hábito de prever e prevenir. A execução de estudos preliminares pode ser de fundamental importância na previsão das consequências de qualquer natureza que fatalmente advirão de uma nova atividade. E será sobremodo importante no processo decisório e nas medidas preventivas que podem ser tomadas. Ressalte-se que falamos aqui de estudos preliminares devidamente sistematizados, com a profundidade devida e com a metodologia a mais correta possível.

O propósito deste trabalho é sistematizar o procedimento e fornecer uma metodologia para estudos preliminares de impacto ambiental da instalação ou ampliação de Aeroportos

Metropolitanos, através do atingimento dos seguintes objetivos:

- a). Elaborar um guia para confecção de estudos preliminares de impacto ambiental da instalação ou ampliação de Aeroportos.
- b). Compilar em um só documento os dados e informações disponíveis na bibliografia, necessários para o estudo preliminar.

A grande extensão do tema desta dissertação, obriga a limitação do objetivo de forma a dar-se ênfase sobre os aspectos de poluição sonora e poluição do ar, sob a pena de transformar-se este em um trabalho excessivamente volumoso e geral.

Tentar-se-á dar ao trabalho o cunho mais prático possível por força de sua função principal de ser usado como uma ferramenta de trabalho àqueles profissionais ou entidades que, eventualmente, se vejam envolvidos em trabalhos desta natureza. O caráter prático pode, em algumas partes sacrificar a rigidez teórica, em benefício de um uso mais simplificado. Porém, a importância conceitual da terminologia usada no trabalho e o fato de ser incompleta para nossos propósitos, a terminologia oficial existente, levou-nos a considerar uma certa rigidez conceitual nos termos técnicos usados no trabalho e à elaboração da terminologia complementar constante no apêndice II.

1.2. PROBLEMAS AMBIENTAIS CAUSADOS POR AEROPORTOS

Geralmente, poluição sonora é o principal problema ambiental gerado por Aeroportos Metropolitanos,. No entanto, o impacto ambiental decorrente da instalação ou ampliação de Aeroportos, pode-se estender entre outras às seguintes áreas:

- . Usos do solo

- . Vegetação, vida silvestre e espécies em perigo de extinção
- . Qualidade da água e hidrologia da região
- . Qualidade do ar
- . Impactos sócioeconômicos diretos e induzidos
- . Lugares históricos e arqueológicos
- . Abastecimento de energia e desenvolvimento de recursos naturais.

Certamente em outros casos a particular localização do Aeroporto causará um determinado dos outros problemas, o mais grave dentre os problemas causados. O próprio desenvolvimento, no tempo, do uso do solo nos arredores do Aeroporto provoca mudanças na gravidade relativa de cada problema.

O tema deste trabalho, tem sua importância enfatizada quando nos dedicamos a observar o fantástico crescimento que vem experimentando nas últimas décadas o transporte aéreo, tanto de passageiros, como de carga e correio aéreo.

A Tabela 1 mostra uma estimativa do crescimento do uso do transporte aéreo na cidade de São Paulo. Tais estimativas usando as seguintes equações, escolhidas entre outras, para o projeto do Aeroporto Metropolitano de São Paulo:

- . passageiros/dia (a partir da série histórica)

$$P_a = 0,0573 t_i^2 - 0,0964 t_i + 1,41$$

sendo,

$$t_i = N - 1967 \text{ (Neste caso 1967 foi o ano anterior ao primeiro ano da série histórica considerada)}$$

N = ano considerado

- . Carga aérea (a partir da série histórica)

$$C = 0,865 t_i^2 + 3,780 t_i + 10,664$$

- . Correio

$$C_c = 0,233 t_c^2 - 0,760 t_c + 2,108$$

TABELA 1. ESTIMATIVA DO CRESCIMENTO DO TRANSPORTE AÉREO
AEROPORTO DE SÃO PAULO

ANO	NÚMERO DE PASSAGEIROS	CARGA T/ANO	CORREIO T/ANO
1976	5.200.000	115.000	6.000
1978	7.300.000	157.000	11.000
1980	9.900.000	206.000	18.000
1985	18.300.000	359.000	43.000
1990	30.000.000	551.000	80.000
1995	43.700.000	848.000	129.000

sendo,

$$t_c = N - 1970$$

Vê-se pois, claramente, que em centros Metropolitanos nos quais a demanda de transporte aéreo aumenta a estas taxas, inevitavelmente, ocorrerão ampliações dos Aeroportos existentes ou a construção de novos Aeroportos. Não só a decisão entre ampliar um Aeroporto existente ou construir um novo Aeroporto, mas também a escolha de um novo local, implicam na realização de estudos especializados de viabilidade técnica e econômica.

Os aspectos a considerar são muitos, tais como, proximidade do centro gerador de carga, extensão de área a desapropriar, adequabilidade do espaço aéreo e das condições meteorológicas, natureza do solo, volume necessário de deslocamento de terra, drenagem da área, vias de acesso, necessidades de saneamento básico e mais recentemente, aspectos de proteção do meio ambiente. Tratam-se pois de estudos altamente especializados e de grande responsabilidade em função da complexidade do assunto e dos custos envolvidos. No entanto, os aspectos ambientais não devem ser relegados a um plano secundário, sob pena de repetirem-se tantos exemplos anteriores ocorridos em várias partes do mundo, onde os problemas decorrentes foram tantos e tão difíceis de equacionar que até hoje seguem sem solução.

1.3. FROTA AÉREA. TIPOS E CARACTERÍSTICAS.

A frota de aeronaves comerciais vem continuamente sendo modificada pela introdução de aparelhagem cada vez mais moderna e de maiores dimensões. A partir dos anos 50 as aeronaves a pistão foram paulatinamente substituídas pelos turbo-hélice e estas pelos turbo-jatos e turbo-ventiladores. As

grandes fábricas norteamericanas (Boeing, Douglas, Lockheed) e européias (Dussalt, Fokker etc) tem-se utilizado basicamente de turbinas fabricadas pela Pratt & Whitney e General Electric (Norte-Americanas) e pela Rolls Royce (Inglesa). A Tabela 2 fornece os tipos de turbinas das aeronaves hoje mais comumente utilizadas.

Cada uma destas aeronaves possui suas próprias características operacionais que as identificam e estão relacionadas aos níveis de poluição sonora e poluição do ar que causam. As características do espaço aéreo e os procedimentos de segurança prescritos por entidades internacionais fixam técnicas operacionais e as rotas ascendentes, descendentes, tomadas de aerovias e áreas de espera que por sua vez estão intimamente ligados aos problemas ambientais causados.

Os mais recentes aviões em uso são os supersônicos Concorde e TU-144. Estes por força do significativo aumento da resistência do ar a velocidades superiores ao som, possuem características peculiares, entre elas suas dimensões físicas e potência das turbinas. Estas, turbo-jato (Concorde) ou turbo-ventilador (TU-144), emitem ruídos em níveis dos antigos B-707 e DC-8, porém de frequências mais baixas, fato que implica em propagação a maiores distâncias e em vibração de estruturas próximas.

TABELA Nº 2

TIPOS DE AVIÕES: CARACTERÍSTICAS E CAPACIDADE

AVIÃO	FABRICANTE	ORIGEM	MOTOR	TIPO	Nº DE MOTORES	POTÊNCIA	PESO MÁXIMO OU PASSAGEIROS
BOEING 707-100	BOEING	USA	P&W	JT3C-6	4	13.000 LBS	258.000 LBS 180 Passag.
BOEING 707-200	BOEING	USA	P&W	JT4A-3/5 -9/10	4	15.800 LBS 16.800 LBS	258.000 LBS 180 Passag.
BOEING 727-100	BOEING	USA	P&W	JT8D-1 ou 7A JT8D-9 ou 9A	3	14.000 LBS 14.500 LBS	129 Passag.
BOEING 727-200	BOEING	USA	P&W	-11 JT8D -15 -17	3	15.000 LBS 15.500 LBS 16.000 LBS	129 Passag.
BOEING 737-100	BOEING	USA	P&W	JT8D-7	2	14.000 LBS	106 Passag.
BOEING 737-200	BOEING	USA	P&W	JT8D-17A	2	17.000 LBS	115 Passag.
BOEING 747-100	BOEING	USA	P&W	-3 e 3A -7 JT9D -7A -7F -70A	4	43.500 LBS 45.500 LBS 46.150 LBS 46.000 LBS 51.200 LBS	738.000 LBS
BOEING 747-200F	BOEING	USA	P&W	JT9D -7F -70A	4	48.000 LBS 51.200 LBS	823.000 LBS 450 Passag.
DC-8-63F	MC DONNELL DOUGLAS	USA	P&W	JT3D-3B	4	19.000 LBS	214 Passag.
DC 9	MC DONNELL DOUGLAS	USA	P&W	JT8D-17	2	16.000 LBS	144 Passag.
DC-10-10	MC DONNELL DOUGLAS	USA	GE	CF6 - 6D CF6 - 6D1	3	39.900 LBS 40.300 LBS	380 Passag.
DC-10-30	MC DONNELL DOUGLAS	USA	GE	CF6 - 50A	3	48.400 LBS	380 Passag.
DC-10-40	MC DONNELL DOUGLAS	USA	P&W	JT9D - 20	3	44.500 LBS	380 Passag.
L - 1011	LOCKHEED	USA	R&R	RB211-226-02	3	41.030 LBS	400 Passag.
CONCORDE	AEROSPACIALLE	FRANÇA E INGLATERRA	R&R BRISTOL	593 OLYMPUS	4	38.050 LBS	128 Passag.
AIR BUS A300	AEROSPACIALLE	FRANÇA E INGLATERRA	GE OU P&W	CF6-5CE OU JT9D-59A	2	52.500 LBS 53.000 LBS	345 Passag.
TU 144	TUPOLEV	RUSSIA	KUZNETSOV	NK 144	4	44.090 LBS	140 Passag.
BAC1-11-500	BRITISH AIRCRAFT	INGLATERRA	R&R	SPEY S12-14DW	2	12.000 LBS	102 Passag.
ELECTRA II	LOCKHEED	USA	ALLISON	501D13	4	3750 SHP	99 Passag.
VISCOUNT	VICKERS ARMSTRONG	INGLATERRA	R&R	DART 525	4	1585 SHP	56 Passag.
AVRO	HAWKER SIDLEY	INGLATERRA	R&R	DART 534 II	2	2080 SHP	44 Passag.
YS 11A-200	NAMC	JAPÃO	R&R	DART 542-10	2	2680 SHP	62 Passag.
FOKKER F27	FOKKER VFW	HOLANDA	R&R	DART 532-7	2	1990 SHP	60 Passag.
LEAR JET 24	GATES LEAR JET	USA	GE	CJ 610	2	2350 LBS	6 Passag.
LEAR JET 36	GATES LEAR JET	USA	GAFRET	TFE 731	2	3500 LBS	6 Passag.
PA 31 T	PIPER AIRCRAFT	USA	P&W	PT6A-28	2	680 SHP	6 Passag.
FALCON 10	MARCEL DASSAULT	FRANÇA	GARRET	TFE 731-2	2	3230 LBS	9 Passag.
BANDEIRANTES	EMBRAER	BRASIL	P&W	PT6A-27	2	690 SHP	Fouco 5050K Decolagem 3300K

2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo apresenta-se em primeiro lugar conceitos gerais, sobre o funcionamento dos aviões e as diferentes fases do ciclo pouso-decolagem (Landing-Takeoff, LTo) , que serão de utilidade para uma melhor compreensão dos aspectos a considerar na análise das modificações produzidas nos níveis de ruído ambiental e qualidade do ar.

A seguir se fornece o material que consideramos base para o desenvolvimento da análise de ruído e da qualidade do ar, isto é, os critérios teóricos que poderão orientar no estudo do impacto produzido, nestas áreas, pela operação de aviões.

Finalmente são mencionados os outros problemas que podem ser gerados pela instalação de um Aeroporto, e os aspectos que devem considerar-se para fazer o estudo do impacto ambiental produzido por um Aeroporto.

2.1. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMENTO DOS AVIÕES

CLASSIFICAÇÃO³²

Os motores dos aviões são basicamente de duas categorias : a pistão e turbina a gás.

O elemento básico no motor do avião a pistão é a câmara de combustão, ou cilindro, no qual são queimados misturas de ar e combustível e do qual é extraída a energia através de um pistão e um mecanismo de manivela que aciona uma hélice.

A maioria dos motores do avião a pistão tem dois ou mais cilindros e são classificados geralmente segundo o arranjo de seus cilindros, seja oposto ou radial.

Motores opostos são instalados na maioria dos aviões leves ou utilitários; os motores radiais são usados principalmente nos grandes aviões de transporte.

O motor de turbina a gás, em geral, consiste em compressor, uma câmara de combustão e uma turbina.

O ar entrando pela parte anterior do motor, é comprimido e logo aquecido por queima do combustível na câmara de combustão.

A maior parte da energia no fluxo de ar aquecido é usado para propulsão do avião. Parte da energia é gasta em mover a turbina que aciona o compressor.

Os motores do tipo turbo-ventiladores empregam energia da turbina para propulsão, enquanto que os motores do tipo turbo-jato usam somente o fluxo do gás expandido de escape.

Na Tabela 4 pode-se ver o sistema, em uso, de classificação dos aviões.

Ambos aviões, a turbina e pistão, foram divididos posteriormente em sub-classes segundo o tamanho do avião e o motor mais comumente usado nessa classe.

Os grandes jatos comercialmente chamados Jumbos tem aproximadamente 40.000 lb_f de empuxo máximo por motor e os jatos de alcance médio tem perto de 14.000 lb_f de máximo empuxo por motor.

Para motores a pistão a divisão é mais pronunciada. Os motores a pistão de grande transporte estão na faixa de 500 a 3.000 HP enquanto que o motor pequeno a pistão desenvolve menos de 500 HP.

2.2. CICLO POUSO-DECOLAGEM (Landing-Takeoff, LTo)³²

Face a sua importância neste trabalho, o conceito LTo é definido.

Um ciclo LTo inclui todos os modos normais de operação desenvolvidos por um avião entre o tempo de descida de uma altitude de 3.500 pés (1.100 m) em sua aproximação e o tempo para alcançar subsequentemente 3.500 pés de altitude após a decolagem.

O ciclo LTo incorpora as operações em terra de : marcha lenta (idle), taxi, corrida de aterragem e corrida de decolagem; e as operações em vôo de decolagem e subida a 3.500 pés e aproximação de 3.500 pés até toque em terra.

A Tabela 5 explica as atividades desenvolvidas em cada modo de operação.

Cada classe de avião tem seu próprio ciclo LTo típico.

Para determinar as emissões de poluentes, o ciclo LTo é separado em 5 (cinco) modos diferentes: taxi-marcha lenta (taxi-idle), decolagem, subida, aproximação-aterragem, e taxi-marcha lenta.

Cada um destes modos tem sua parte de tempo no ciclo LTo. A Tabela 6 apresenta os tempos típicos de operação em cada modo para as várias classes de aviões, durante períodos de grande atividade, em um grande Aeroporto Metropolitano Norteamericano, e as Tabelas 7 e 8 fornecem os tempos observados nos Aeroportos O'Hare de Chicago e Congonhas de São Paulo.

Os fatores de emissão para o ciclo completo LTo apresentados na Tabela 9 foram determinados usando os tempos típicos mostrados na tabela 6.

2.3. AR

2.3.1. ATIVIDADES DE UM AEROPORTO E FONTES DE POLUIÇÃO DO AR

Na Figura 1 temos uma descrição esquemática das

várias atividades, de um Aeroporto Comercial de transporte , e que implicam em uma quantidade significativa de emissão de poluentes no ar. As fontes reais de emissão são indicadas por figuras circulares no diagrama. Uma melhor observação das figuras deixa notar que cada atividade pode classificar-se como atividade independentemente variável ou dependente mente variável.

As atividades primárias variavelmente independentes são: a demanda de passageiros e de carga aérea. Todos os outros níveis de atividade podem presumivelmente ser determinados a partir desta informação. Na prática, porém, o nível de atividade do avião é uma variável semi-independente. Embora a atividade seja diretamente proporcional à demanda de passageiros e de carga, ela é também dependente de influências externas, tais como, tecnologia do avião e outras.

A introdução de Jumbos (747), jatos de corpo largo (DC-10), aeronaves de decolagem vertical e aviões supersônicos pode mudar o nível de atividade, ainda que a demanda de passageiros e carga permaneça constante. O nível de demanda de passageiros é medido pelo número de viajantes abordando o avião no Aeroporto em estudo. Este número é chamado " taxa de embarque de passageiros " e é uma função da região em torno do Aeroporto incluindo passageiros embarcando e passageiros em conexão.

A "taxa de desembarque de passageiros" que inclui passageiros desembarcando e em conexão é aproximadamente igual à taxa de embarque.

A taxa de passageiros em trânsito considera pessoas chegando e partindo do Aeroporto no mesmo avião.

Para um Aeroporto em operação a taxa de embarque de passageiros é disponível a partir das estatísticas mantidas

pelas Companhias de aviação.

Para um Aeroporto proposto existem várias técnicas para fazer-se uma estimativa desta taxa. Um método simples é planejar a taxa de crescimento do embarque baseando-se em informações e tendências passados.

No que se refere a carga aérea³⁰, esta é dividida entre: carga, serviço rápido de encomendas ou carga, e correio. Como, no caso do planejamento de passageiros deve fazer-se uma diferença entre: carga aérea originária, transferência de carga aérea (carga transferida de um aeroplano a outro), e carga aérea destinatária.

As atividades, do Aeroporto, variáveis dependentemente, são a atividade de veículos de serviço em terra, o sistema de manipulação e armazenamento de combustíveis, o teste dos motores e facilidades de manutenção, instalações de aquecimento em climas frios e ar condicionado, e a atividade de de tráfego de acesso.

2.3.1.1. ATIVIDADE DE AVIÕES³⁰

Esta atividade é quase sempre a parcela individual mais importante de informação exata necessária para estimar a emissão de poluentes do ar em Aeroportos.

O nível de atividade é medido pelo número de movimentos de aviões ou operações, ou pelo número de ciclos Pouso-decolagem (LTo).

Um movimento do avião é, ou uma aterragem ou uma decolagem. Um ciclo LTo consiste de dois movimentos e consequentemente tem um nível de atividade que é a metade do número de movimentos. A composição qualitativa das aeronaves é medida pela fração que cada tipo de avião faz do número total de movimentos.

Para Aeroportos em operação a atividade anual, pico horário e composição qualitativa das aeronaves podem ser obtidas dos registros do Aeroporto.

Para um Aeroporto proposto a atividade anual de aviões pode ser derivada da atividade dos passageiros. Este cálculo, porém, precisa estimar dois parâmetros adicionais :

- . Capacidade média de assentos dos aviões e,
- . fator de carga dos aviões.

A estimativa destes parâmetros depende de prévia estimativa de média anual da composição qualitativa das aeronaves do Aeroporto em estudo, o qual é dependente de influências externas, como desenvolvimento de tecnologia e demanda aérea de passageiros.

Se o padrão diário de demanda para viagens aéreas alcança valores extremos a certas horas de dia, pode-se utilizar nessas horas aviões de alta capacidade e substituir por aviões de menor capacidade nas horas de menor atividade.

Como parte dos estudos de engenharia de um Aeroporto proposto, deve-se incluir estimativas da atividade pico horária, porque ela é um forte indicador da capacidade do Aeroporto, além de ser importante para calcular a emissão de poluentes. Poderia ocorrer atividade máxima (emissões máximas) a uma hora em que as características de dispersão da atmosfera são inadequadas resultando que a qualidade do ar poderia ser substancialmente degradada.

A atividade pico horária dos aviões é geralmente tomada como uma fração da atividade anual.

Como objetivo de ilustrar a técnica de planejamento da atividade de aviões serão apresentados três estudos feitos para o Aeroporto St. Louis, U.S.A.. Estes estudos não dão todos os resultados para os parâmetros necessários, mas, pode

extrair-se informações suficientes para calcular as emissões, se algumas suposições forem feitas para preencher as informações faltantes.

- ESTUDO NADC (Northrup Airport Development Corp)

Para fazer o planejamento da atividade anual a NADC primeiro estima, para os vários aviões que espera-se estejam em serviço durante o período planejado, a capacidade média de assentos por tipo de avião, o fator de carga e o fator desembarque/embarque para cada tipo de avião (i. e. a fração de assentos disponíveis que são designados a passageiros destinados a, ou do Aeroporto em estudo; este é um fator de compensação para passageiros diretos).

Isto torna possível o cálculo do número médio de passageiros embarcando ou desembarcando por movimento de avião, para cada tipo de avião. Para a fração de movimentos anuais que serão feitos por cada tipo de avião, deve fazer-se uma estimativa separada. Esta informação é logo usada para ponderar os passageiros por movimento para cada tipo de avião e chegar a um quadro total médio de passageiros por movimento de avião.

Os valores encontrados por NADC para o Aeroporto de St. Louis são apresentados na Tabela 10.

Para calcular o movimento anual de carga aérea a NADC usa a taxa total de embarque mais desembarque de passageiros referida como a taxa de movimento de passageiros aéreos.

Para passageiros deslocados por taxi aéreo a NADC considera que é igual a 1% da taxa de movimento de passageiros aéreos.

Para encontrar o número de movimentos planejados do avião a NADC aplica o valor, previamente calculado, da média

de passageiros por movimento de avião ao movimento de passageiros reduzido em 1%.

Este número é incrementado por 7,5% para os movimentos de vôos comerciais não planejados (o valor 7,5% é típico dos dados históricos de St. Louis).

O número total de movimentos em vôos comerciais para o ano é dado pela soma dos movimentos planejados mais os não planejados.

Os movimentos de taxi aéreo são determinados pela divisão do número de passageiros de taxi aéreo (i. e. o 1% previamente deduzido do movimento de passageiros) por um avião de tamanho médio para 20 ou 30 passageiros no período de tempo 1980-2000 e por um fator de carga de 50%.

No cálculo do número dos movimentos gerais de aviação, assume-se 5% da atividade total de aviões.

O número total anual de movimentos de aviões é igual a soma de movimentos dos vôos comerciais, movimentos de taxi aéreo e movimentos gerais de aviação.

O procedimento de cálculo desenvolvido neste estudo é apresentado na Figura 2.

A média anual da composição qualitativa da frota aérea pode ser determinada adicionando os valores planejados de movimentos de taxi aéreo e aviação geral aos vôos comerciais planejados e recomputando as percentagens dadas na Tabela 10.

A atividade pico horária é determinada tomando frações apropriadas da atividade anual. NADC assume que o pico mensal das operações de vôos comerciais será de 9% do total anual das operações, o pico diário será de 3,7% do pico mensal, e o pico horário será de 7% do pico diário.

Movimentos pico horário de taxi aéreo e de aviação

geral são obtidos por distribuição da atividade anual igualmente sobre 365 dias e sobre um dia operacional de 12 horas, e somando estes números à atividade do transporte comercial.

- ESTUDO Mc DONNELL

Em essência procede-se do mesmo modo que no Estudo NADC. Isto é, são feitas estimativas de fatores de carga de aviões e média anual de assentos disponíveis e aplicadas ao embarque de passageiros, para chegar a um quadro do movimento anual de aviões.

Os dados utilizados por Mc Donnell para calcular a atividade anual são fornecidos na Tabela 11. O procedimento de cálculo é ilustrado na Figura 3.

- ESTUDO SPEAS

Como nos estudos anteriores o procedimento é baseado sobre um fator de carga e uma estimativa da capacidade de assentos para a atividade anual planejada.

Os dados SPEAS para o cálculo anual são apresentados na Tabela 12 e uma descrição do procedimento de cálculo na Figura 4.

Atividade Diária

O modelo diário de atividade de aviões num Aeroporto é uma peça importante de informação na discussão do planejamento do pico horário. Poderia ocorrer a máxima atividade ao mesmo tempo que é mínima a ventilação atmosférica com o que a qualidade do ar poderia ser degradada seriamente. De modo inverso, se a máxima atividade ocorre durante a máxima ventilação o impacto na qualidade do ar poderia ser minimizado.

A atividade diária é medida pelo número total de movimentos de aviões ocorrendo durante cada hora do dia. Para gerar este resultado podem usar-se:

- . dados históricos de tráfego aéreo;
- . observações do tráfego feitas sobre o campo pesquisado;
- . discussão com pessoal da força aérea e
- . experiências em outros Aeroportos.

Como ilustração apresentamos na Tabela 13 a **variação** diária obtida para o Aeroporto St. Louis.

Emissões dos Aviões

Os fatores de emissão de aviões são **em** função de:

- . A taxa atual de emissão de motor do avião em função da **po** tência usada;
- . e do tempo de operação do motor em cada potência usada **du** rante o ciclo LTo.

Consideram-se três grupos de fatores de emissão **de** aviões. O primeiro grupo³² foi publicado pela Agência de **Pro** teção Ambiental Americana (U.S. EPA) e é apresentado na **Tabe** la 9 na forma de emissões totais por ciclo LTo.

O segundo grupo, foi baseado em um trabalho **feito** pela "Northern Research and Engineering Corporation", NEC¹⁴. Os dados são fornecidas na forma de taxas de emissão do **motor** e tempos de operação do motor em cada modo, porém, as **taxas** de emissão foram baseadas somente em um número limitado **de** testes.

O terceiro grupo baseou-se num trabalho³ feito pelo Cornell Aeronautical Laboratory (CAL). As **taxas** CAL **de** emissão foram compiladas de um grande número de medidas **fei** tas sobre diferentes famílias de motores e são usadas **para** os modos: taxi, marcha-lenta, aproximação, decolagem e **subi** da. Para o pouso é usada uma equação algébrica simples que reflete o efeito da reversão das turbinas. A equação é **es** crita como:

$$E_{\text{aterragem}} = \left[0,6 E_{\text{marcha-lenta}} \right] + \left[0,16 E_{\text{aproximação}} \right] + \left[0,24 E_{\text{decolagem}} \right]$$

onde:

E_i = fator de emissão do modo i . Os fatores de ponderação foram obtidos de experiência operacional de aviões³⁰.

O tempo que um avião passa em cada modo é uma variável dependente do Aeroporto em estudo. Em um mesmo Aeroporto os tempos podem variar segundo: a utilização das pistas, congestão do tráfego aéreo e mudanças nos procedimentos operacionais. Por exemplo, um avião pousando numa pista distante terá que percorrer uma distância maior até o terminal, consequentemente gastará um tempo maior no modo taxi e a quantidade de poluentes emitidos será muito maior que a que poderia ter o mesmo avião pousando numa pista perto do terminal.

O procedimento usado para obter os tempos dados na Tabela 7 envolveu a média de muitas observações no Aeroporto O'Hare.

Em adição aos tempos mostrados na Tabela 7 também deve incluir-se no procedimento de cálculo um tempo de ocupação do terminal. Isto reflete o padrão diário da atividade e considera as emissões da unidade auxiliar de potência.

Entanto um avião no terminal tem os motores principais desligados e se o avião tem unidade auxiliar de potência (APU) esta estará em operação todo o tempo no terminal para fornecer potência elétrica. Se o avião não tem APU, deverá usar-se uma unidade de potência em terra.

Como ilustração apresenta-se na Tabela 14 o tempo de ocupação do terminal baseado em dados do Aeroporto O'Hare.

O cálculo das emissões de aviões é esquematizado na Figura 5, podendo-se observar que o procedimento de cálculo inclui os seguintes passos:

- . Determinar o nº... de chegadas de cada tipo de avião para cada hora do dia
- . Escolher os fatores de emissão apropriados para cada avião assim como os tempos em cada modo
- . Aplicar estes valores para calcular as emissões da aproximação, pouso e taxi de chegada, do ciclo LTo, tabular os resultados como emissões ocorridas na hora de chegada.
- . Determinar o tempo de ocupação do terminal como função da hora de chegada. Assumir que os aviões equipados com unidades auxiliares de energia as tem em operação todo o tempo no terminal.
- : Calcular as emissões da fase de partida do ciclo LTo. Para gerar esta informação usar os tempos em cada modo e fatores de emissão para o taxi de saída, marcha-lenta na pista, decolagem e subida.
- . Neste ponto, verificar o número de LTos ocorrendo durante a hora sob consideração. Se o número é menor que 30, não se considera nenhum tempo por fila na pista e assume-se que o avião toma de imediato a posição de decolagem.

Se o número de ciclos LTos é igual ou maior que 30, para calcular o tempo de espera até obter autorização de partir, usar a seguinte equação:

$$T = \frac{(N-30)}{10}$$

onde:

T = tempo adicional de fila na pista (minutos) durante o qual assume-se que os motores do avião estão no modo (idle) marcha-lenta.

N = Número de LTos na hora considerada. Esta relação foi derivada de experiências no Aeroporto O'Hare de Chicago e assume a utilização de duas pistas paralelas para opera

ções do Aeroporto.

- . Distribuir apropriadamente as emissões em cada hora do dia. Já foi dito que as emissões durante o segmento de chegada do LTo são tabuladas como ocorridas na hora de chegada. Se o avião tem uma unidade auxiliar de potência operando durante o período tempo de ocupação do terminal as emissões dos primeiros 30 minutos são incluídas na hora de chegada e as emissões remanecentes, na hora seguinte; proceder de igual modo para as emissões do segmento de partida do ciclo LTo.
- . O passo final é, somar as emissões totais para o dia.

2.3.1.2. TRÁFEGO DE ACESSO³⁰

Tráfego de acesso é a segunda maior fonte de emissões de um Aeroporto, excedida somente pelas emissões dos aviões.

Os Aeroportos são essencialmente estações de transferência onde as pessoas podem mudar de transporte terrestre a transporte aéreo ou vice-versa. Este papel de ponto de transferência modal é fundamental no Aeroporto, e por isso o planejamento de facilidades adequadas para o acesso é tão importante como o planejamento de facilidades para os aviões.

Para estimar a emissão de poluentes do ar pelo acesso terrestre ao Aeroporto, são necessárias as seguintes informações:

- . Número de viagens - veículo
- . Composição qualitativa de veículos
- . Distância percorrida por veículo
- . Características operacionais dos veículos.

O parâmetro primário é o volume total de viagens de veículos.

A distribuição das viagens entre os vários tipos de veículos (automóveis, taxis, ônibus, trens, etc.) é uma decisão importante pois as emissões variam grandemente com o tipo de veículo.

A distância percorrida por veículo é necessária desde que os fatores de emissão de poluentes no ar estão dados na forma de emissões por veículo-milha percorrida.

O modo no qual os veículos são operados no Aeroporto (velocidade, partida a frio ou quente) afeta substancialmente a taxa de emissão.

A função que determina o nível da atividade do tráfego de acesso é o número de pessoas viajando, geradas pelo Aeroporto. Devido às marcantes diferenças nos padrões de viagem terrestre, as pessoas que se aproximam do Aeroporto são divididas em três grupos: passageiros, visitantes e empregados.

O grupo de passageiros inclui passageiros originários e destinatários, ambos devem fazer uso de transporte terrestre ao chegarem ou ao saírem do Aeroporto.

Passageiros em trânsito ou fazendo conexões, por definição não saem do Aeroporto e consequentemente não fazem nenhuma demanda sobre o sistema de transporte terrestre.

O grupo de visitantes é subdividido em parentes dos passageiros e visitantes casuais o qual inclui aqueles que vão ao Aeroporto a título de passeio, jantar no restaurante, obter informações de viagens ou passagens, ou fazer negócios. Isto representa uma pequena, porém significativa, fração da população total do Aeroporto.

Com base em estudos realizados¹⁵ pode-se assumir que os visitantes casuais são 9% da atividade de embarque de passageiros; isto é uma figura extremamente aproximada, desde

que o número de visitantes casuais depende principalmente das facilidades existentes no Aeroporto.

O grupo de empregados de um Aeroporto inclui pessoal das linhas aéreas, pessoal do Aeroporto, pessoal de recebimento de carga, concessionários e pessoal indireto de suporte (Força Aérea, Saúde Pública, etc.).

Uma vez que o modelo que caracteriza a ida e vinda de pessoas ao Aeroporto tenha ficado estabelecido, o passo seguinte é determinar a escolha do modo de transporte terrestre ou divisão modal para cada um dos grupos definidos anteriormente.

Como ilustração apresentamos na Tabela 15 os valores calculados para o Aeroporto St. Louis.

O passo seguinte é aplicar um fator de carga per veículo (pessoas por veículo) ao número de pessoas usando cada modo.

Os fatores de carga são desenvolvidos separadamente para cada grupo pois existe uma variação considerável entre eles.

Os passageiros e seus parentes são tratados juntas desde que eles em geral, viajam juntos.

Os empregados e visitantes casuais são tratados como grupos separados. Pessoas de todos os grupos que usan transporte de massa (trens, ônibus, etc.) são incluídas num grupo separado, porque todas elas viajam juntas. Como exemplo na Tabela 16 resumen-se os fatores de carga calculados para o Aeroporto St. Louis. Para automóveis, os fatores de carga estão baseados em uma média de dez Aeroportos pesquisados.

Os fatores de carga para taxi estão baseados em observações feitas no terminal do Aeroporto O'Hare de Chicago. Para os fatores de carga do transporte de massa, assumiu-se

uma taxa de ocupação de 75% de sua capacidade, e que se em alguma hora houvesse uma demanda adicional ter-se-ia de planejar uma nova viagem.

Considerou-se que os ônibus tem capacidade para 50 passageiros, conseqüentemente seu fator de carga é 38 (75% de 50). Para um trem diesel a capacidade considerada foi 750 passageiros (5 carros a 150 pessoas em cada) e para um trem elétrico 400 (5 carros a 80 passageiros por carro). A taxa de 75% produz fatores de carga de 563 e 300 respectivamente.

Com a informação dada acima é possível projetar-se a atividade veicular e a composição qualitativa dos veículos usados para o Aeroporto em estudo.

Feito isto, para calcular a emissão de poluentes no ar é necessário conhecer a distância percorrida pelos veículos no Aeroporto e as características de operação dos veículos.

Do ponto de vista de uma emissão, as características importantes de operação do veículo são: a velocidade média e o número médio de partidas que ocorrem depois que o veículo esfriou até a temperatura ambiente (partida a frio).

Para um Aeroporto, há diferentes faixas de velocidade usadas pelos veículos. Há áreas onde a velocidade limite é 80 Km/hora (50 mph) ou mais; rampas terminais onde a velocidade pode chegar até 40 Km/h (30 mph) e há áreas de baixa velocidade como estacionamento de veículos e áreas de carregamento.

Para o cálculo pode-se assumir que:

- . a velocidade média dos veículos é 40 Km/h (25 mph)
- . todos os visitantes chegam e partem do Aeroporto dentro da mesma hora. Desde que o tempo que demora um veículo para

esfriar seu motor a temperatura ambiente é de 8 a 12 horas , estes veículos não estão sujeitos a partida a frio nas circunvizinhanças do Aeroporto.

- . Os automóveis dos empregados são estacionados por um tempo médio de 8 horas. Como o tempo que demora um veículo para alcançar a condição de esfriamento total varia sazonalmente, a prática geral é assumir que 90% dos automóveis dos empregados do Aeroporto tem partida a frio quando eles são postos em marcha para a viagem de saída ao fim do expediente.
- . Todas as partidas de autos alugados tem partida a frio.
- . Os taxis, ônibus, limousine e caminhões não tem partida a frio em torno do Aeroporto.
- . Assumir a distância média percorrida pelos veículos para chegar ao Aeroporto. Para o Aeroporto St. Louis esta distância foi 3,5 milhas.

Em resumo, a passagem das atividades para as emissões envolve primeiro a aplicação da distância média percorrida pelos veículos o que é multiplicado pelo número de viagens-veículo de cada tipo de veículo, obtendo-se o número total de milhas-veículo percorridas por cada modo de acesso.

A estes valores são aplicados depois os fatores da emissão de operação quente para cada modo de acesso, obtendo-se as emissões para o segmento de partida quente de veículo viagem.

O passo final é calcular as emissões de partida a frio aplicável somente aos veículos mencionados anteriores.

Desde que a atividade dos veículos é desenvolvida num modelo diário, as emissões calculadas também são distribuidas diariamente.

2.3.1.3. VEÍCULOS DE SERVIÇO EM TERRA³⁰

Os veículos de serviço em terra são as peças de equipamento motorizado que operam nas áreas de entrada/saída para carga e descarga dos aviões e também preparando o avião para sua próxima partida. O nível de atividade e composição qualitativa do equipamento é dependente do tipo de avião que está sendo servido e também das linhas aéreas que às vezes escolhem peças diferentes de equipamento para serviço do mesmo tipo de avião.

A variável primária usada para estimar as emissões dos veículos de serviço em terra é a soma de tempo gasto por cada tipo de veículo servindo um particular avião. A informação apresentada na Tabela 17, para as diferentes classes de veículos de suporte em terra, foi obtida de questionários preenchidos por empresas aéreas representativas, entrevista pessoal com empregados dessas empresas e observação de atividades na rampa do Aeroporto Internacional O'Hare de Chicago, tendo sido considerado na tabela, o valor médio dos tempos de serviço nas diferentes empresas.

Em adição aos veículos listados na tabela 17, há outros poucos não incluídos porque não são usados rotineiramente em serviço dos aviões na área da rampa e por isso não são incorporados dentro da estimativa de atividade. Estes incluem: quebra-gelos, caminhões tanque para glicol, guindastes e outros. O tempo de operação destes veículos é geralmente pequeno comparado a maioria dos outros listados na tabela 17.

Os tempos de operação dos veículos de serviço em terra são calculados sobre uma base diária, multiplicando metade do número total de chegadas e partidas de cada tipo de avião em uma hora, pelo tempo de serviço de cada tipo de

veículo.

Este método leva em conta o fato de que, em uma dada hora pode-se ter mais chegadas que partidas e vice-versa.

Como parte de um programa de modelagem de Aeroportos o "Centro para Estudos Ambientais do Laboratório Nacional de Argonne" U.S.A., desenvolveu uma abordagem indireta para calcular as emissões dos veículos de serviço em terra. Basearam-se sobre um levantamento realizado no Aeroporto O'Hare de Chicago. Os valores médios encontrados para a taxa de consumo de combustível são dados na Tabela 18 e os fatores de emissão na Tabela 19.

Em resumo:

O cálculo das emissões dos veículos de serviço em terra começa com a determinação do padrão diário de serviço gerado pela atividade dos aviões.

Usando os tempos de serviço dos veículos em terra dados na tabela 17, para cada tipo de avião, pode-se calcular o número de horas-veículo em operação em cada hora do dia por tipo de veículo.

Para obter-se a quantidade total de combustível usado por todos os veículos em cada hora, multiplica-se a taxa de consumo de combustível de cada veículo pela duração da operação. Os fatores de emissão são aplicados a este número para conhecer-se a emissão horária dos veículos de serviço em terra.

Na avaliação da contribuição dos veículos de serviço em terra, sobre o total das emissões de poluentes do ar do Aeroporto em estudo, deve-se tomar em conta dois itens: o primeiro é o grau de magnitude das emissões do equipamento suporte em terra com relação às outras fontes; o segundo é a efetividade do controle das emissões na redução desta contri

buição.

2.3.1.4. TESTE DE MOTORES E FACILIDADES DE MANUTENÇÃO³⁰

Um primeiro tipo de teste consiste de operação do motor montado em bancada de teste ou na própria aeronave simulando condições de vôo, onde então testes de performance são executados.

Se é realizado um número substancial de tais testes, as emissões de poluentes do ar podem ser significantes, e serão consideradas dentro do cálculo das emissões.

Em geral, as empresas aéreas preferem localizar facilidades maiores de manutenção em Aeroportos que servem um grande número de vôos origem/término.

Aeroportos que servem principalmente como pontos de conexão não são, em geral, a localização preferida para operações de revisão e manutenção em grande escala.

Assim, por exemplo, o Aeroporto Internacional de Los Angeles executa 42 testes de turbinas por dia, o Aeroporto Internacional de São Francisco usa 11.300 galões de combustível por dia em operações de manutenção; em contraste no Aeroporto Internacional O'Hare de Chicago executam-se em média somente um ou dois testes por dia. A razão para esta diferença é que tanto São Francisco como Los Angeles são pontos de origem e término de vôos enquanto Chicago é um ponto de conexão.

Deve-se enfatizar que em estes testes, somente um motor é operado de cada vez e não todas as turbinas de uma aeronave simultaneamente.

As taxas de emissão para os motores de aviões são fornecidas na Tabela 20. Para completar o grupo de fatores de emissão na operação de teste de motores deve-se especificar

o ciclo de teste e o tempo gasto em cada um.

Dados do Aeroporto de Los Angeles indicam que o tempo médio de um teste para motores é de 25 minutos e que o motor é acionado em marcha-lenta 75% do tempo, e em velocidade de cruzeiro 25% do tempo e que raras vezes é empregada a potência máxima.

A potência de cruzeiro varia entre 50 a 80% da máxima potência. Para simplificar os cálculos por utilização de um modo de operação específico para o qual já foram fornecidos os fatores de emissão, decidiu-se utilizar a potência de aproximação em vez de cruzeiro. A potência de aproximação corresponde a cerca de 40% da potência máxima.

Em geral as operações de manutenção concentram-se nos modos de potência mais baixos durante o teste por causa dos problemas de ruído e segurança associados com a operação a alta potência de um motor estacionário, e por isso o uso da potência de aproximação é uma estimativa razoavelmente boa.

O ciclo teste de um motor é definido na Tabela 21. As emissões de um único teste são dependentes do tipo de motor que está sendo testado. Como o número de testes do motor é baseado sobre uma razão proporcional ao número de aviões LTO, é razoável considerar que os testes terão uma distribuição de motores igual à distribuição dos aviões.

As emissões diárias totais são calculadas primeiro e logo são distribuídas igualmente no período do turno diurno.

A emissão dos testes de motor é também dependente da atividade dos aviões e conseqüentemente segue a mesma tendência de crescimento

2.3.1.5. SISTEMA DE ARMAZENAMENTO E MANIPULAÇÃO DO COMBUSTÍVEL

A operação de um Aeroporto Metropolitano necessita o armazenamento e a manipulação de uma quantidade extremamente grande de combustível para os aviões e veículos de serviço em terra.

A manipulação de volumes tão grandes de combustível leva à perda de quantidades significantes através da evaporação e derramamento durante a transferência de tanque a tanque. Estas perdas aparecem como emissões de poluentes do ar e devem ser consideradas no cálculo das emissões do Aeroporto.

Para calcular as emissões de armazenamento e manipulação de combustível, deve fazer-se uma estimativa da quantidade total de combustível que será manipulada no Aeroporto.

A estimativa dos requisitos de combustível para aviões é uma tarefa difícil, pois se tentamos fazer este cálculo baseados na capacidade de combustível de cada tipo de avião e no número de operações a quantidade resultante será altamente superestimada. Isto é verdade pois o avião não recebe sua carga completa de combustível num só Aeroporto.

Segundo dados do Aeroporto O'Hare de Chicago, a quantidade média de combustível bombeada por avião LTO é aproximadamente 2.700 galões, no Aeroporto de Los Angeles esta quantidade fica em torno de 3.200 galões por LTO. Este valor alto pode ser atribuído ao fato de que ele serve a um número grande de vôos de longo alcance.

A quantidade de combustível necessário para os veículos de serviço em terra pode ser estimada utilizando os valores encontrados ao avaliar a atividade deles.

Com a informação das necessidades de combustível para aviões e veículos de serviço em terra pode-se fazer a

estimativa das emissões por armazenamento e manipulação.

A distribuição diária das emissões será considerada igual à distribuição diária de movimentos dos aviões.

Na Tabela 13 damos exemplos da distribuição calculada para o Aeroporto St. Louis, U.S.A..

As emissões de armazenamento e manipulação são produzidas pela evaporação do líquido armazenado nos tanques durante as flutuações diárias de temperatura e do deslocamento de vapores do combustível, quando os tanques são abastecidos. A primeira é chamada perda de respiração e a segunda é chamada perda de manipulação.

Há também a possibilidade de evaporação do combustível que é derramado durante as operações de reabastecimento dos aviões e veículos em terra, mas considera-se que esta quantidade não influi nas emissões, pois geralmente o combustível derramado é lavado prontamente pelos trabalhadores em terra, devido ao perigo de fogo.

Assim, o derramamento é mais um problema de poluição das águas que um problema de poluição do ar.

A perda por respiração é função do tipo de tanque de armazenamento, ciclo diário de temperatura, velocidade do vento, pressão de vapor do combustível e um número de outras variáveis muito específicas. É possível, porém, assumir que estas perdas podem ser controladas por sistemas de recuperação do vapor, instalados dentro dos tanques.

É recomendável que os sistemas de armazenamento de combustível a serem instalados em Aeroportos novos façam uso desta tecnologia para eliminar esta fonte de emissão. Com isso, poderá assumir-se que as emissões de armazenamento e manipulação sejam representadas pelas perdas associadas com o reabastecimento de aviões e veículos em terra.

O "American Petroleum Institute" desenvolveu a seguinte equação empírica para estimar as perdas durante o reabastecimento.

$$L = \left[\frac{3}{10000} \right] PVK_t$$

onde:

L = taxa de perda em galões por ano.

P = pressão de vapor verdadeira, do volume de líquido em lbs/pol².

V = volume do líquido bombeado em galões/ano

K_t = Constante que depende de V e da capacidade do tanque. O valor recomendado para K_t é 0,25.

Para combustível jet JP-5 a pressão de vapor verdadeira a 70°F é 1,09 psi; para a gasolina usada nos veículos de serviço em terra é 7,25 psi.

Os fatores de emissão podem ser expressos em termos de lbs de emissão por milhares de galões de combustível bombeado, usando um combustível de densidade igual a 6,67 lbs/galão. Estes valores são dados na Tabela 22. Desde que os combustíveis são hidrocarbonetos, estas perdas de manipulação são tabeladas como emissões de hidrocarbonetos.

Em resumo, as emissões de armazenamento e manipulação do combustível são calculadas aplicando-se os fatores de emissão da Tabela 22 às necessidades anuais de combustível para aviões e veículos de serviço em terra, com o qual obtém-se a taxa de emissão diária. Para obter o padrão horário aplica-se o padrão de atividade diária dos aviões (similar ao apresentado na Tabela 13, mas calculado para o Aeroporto em estudo) à emissão diária.

O padrão de crescimento da emissão é igual ao dos aviões, porque as emissões de armazenamento e manipulação do

combustível são baseadas nas necessidades totais de combustível para o Aeroporto, as quais em compensação, são baseadas na atividade dos aviões.

2.3.1.6. PLANTA DE AR CONDICIONADO E AQUECIMENTO³⁰

O tamanho dos edifícios do Aeroporto depende de nível esperado de atividade de passageiros e carga aérea. Do mesmo modo o avião precisa hangares para serviço e manutenção.

Estes edifícios, em função do clima local, são, muitas vezes aquecidos e com ar condicionado por uma planta central localizada em algum local do Aeroporto.

A operação desta planta produzirá alguma quantidade de emissões de poluentes do ar, as quais são função de um número de variáveis que caem dentro do campo de controle dos projetistas do Aeroporto, pois itens como escolha do combustível, tamanho do edifício, isolamento térmico do edifício e outros são decididos pelos projetistas antes da construção.

As emissões são obtidas aplicando os fatores de emissão dados na Tabela 23 às necessidades anuais de combustível, as quais dependem do tamanho dos prédios.

Para estimar os padrões diurnos, as emissões de aquecimento da planta devem ser distribuídas igualmente sobre o dia.

2.3.2. ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE POLUENTES DO AR EM AEROPORTOS^{7,30,32}

A emissão total do Aeroporto é a somatória das contribuições de cada uma das fontes de poluição do ar já enumeradas. Esta quantidade resultará em impactos sobre a qualidade do ar na região onde se localiza o Aeroporto.

A análise das quantidades diárias desta carga de

emissão permite determinar a observância ou não dos padrões de qualidade do ar (Tabela 24).

A estimativa das emissões de cada fonte é um processo de dois passos. O primeiro passo é quantificar o nível de atividade da fonte e o segundo é escolher e aplicar os fatores de emissão apropriados. Níveis de atividade em um Aeroporto existente podem ser determinados por observação direta; para um Aeroporto nos estágios de planejamento, podem usar-se as técnicas de projeção recomendadas na referência 30 e já apresentadas em parte, no item 2.3.1.

Na Tabela 20 é dado um elenco de fatores de emissão por tipo de motor, para monóxido de carbono, hidrocarbonetos totais, óxidos de nitrogênio e partículas sólidas, juntamente com a taxa de consumo de combustível por motor para cada modo LTo. Com estes dados e conhecimento dos tempos e modos, é possível construir qualquer ciclo LTo ou modo e calcular com maior precisão estimativas de emissões para a situação que existe no Aeroporto em estudo. Esta capacidade é especialmente importante para estimar emissões durante o modo marcha-lenta/taxi, no qual são emitidos grandes quantidades de monóxido de carbono e hidrocarbonetos.

Para Aeroportos comerciais pequenos o tempo marcha-lenta/taxi é menor que para Aeroportos grandes mais congestionados.

2.3.3. NÍVEIS DE ATIVIDADE DE UM AEROPORTO⁷

A atividade de Aeroporto é medida pelo número de ciclos pouso/decolagem (LTo) feito por cada tipo de avião.

De acordo com o exposto no item 2.3.1:

- . Dados sobre a atividade de aviões, para um Aeroporto existente, são disponíveis dos esquemas de voo ou dos diários

de uso das pistas, e para um Aeroporto proposto, de projeções baseadas na demanda prevista de passageiros.

- . A atividade dos veículos de serviço em terra está ligada diretamente à atividade de aviões. A Tabela 17 dá o tempo de serviço por veículo para cada tipo de avião, como foi medido no Aeroporto O'Hare de Chicago.
- . Níveis de tráfego de acesso podem ser obtidos de contagem direta do tráfego ou por um planejamento baseado em projeções de passageiros, visitantes e empregados.
- . O tamanho do sistema de armazenamento e manipulação do combustível, o qual resulta em emissões de hidrocarbonetos, pode-se estimar assumindo entre 2.700 a 3.200 galões de combustível bombeado por avião/LTo.

A quantidade mais baixa está baseada em dados do Aeroporto O'Hare e a mais alta em dados do Aeroporto de Los Angeles.

- . O nível de atividade dos testes de motor e manutenção depende de se a facilidade principal de manutenção está localizada ou não no Aeroporto.

Para uma facilidade grande, como em Los Angeles, a quantidade de 76 testes por 1.000 LTos é uma boa aproximação. Uma facilidade menor para testes provavelmente em algum Aeroporto como O'Hare poderia ter somente um ou dois testes por dia.

- . O nível de atividade da planta de ar condicionado e aquecimento é medido pelo tamanho do terminal, hangar e edifícios de carga necessários para reunir os passageiros, avião e serviços de bagagem do Aeroporto.

2.3.4. FATORES DE EMISSÃO DE AEROPORTOS⁷

Na Tabela 9 apresentamos os fatores de emissão de aviões publicados pela Agência de Proteção Ambiental dos

Estados Unidos (U.S. EPA).

Estes fatores são baseados num típico ciclo LTo. Este procedimento é adequado para fazer-se uma primeira estimativa de emissões de aviões, mas não é satisfatório para fazer-se cálculos mais detalhados. Para aperfeiçoar os cálculos, é necessário separar o ciclo LTo em seus diferentes modos, reunir dados do tempo gasto em cada modo no Aeroporto em estudo e usar fatores de emissão para cada modo separadamente.

Desta forma as peculiaridades do "lay-out" do Aeroporto e procedimentos operacionais poderão ser considerados apropriadamente.

A Tabela 20 da os fatores U.S. EPA de emissão no dal e a Tabela 6 esboça a análise de um ciclo LTo típico.

A Tabela 7 da a separação do ciclo LTo para o Aeroporto O'Hare de Chicago. Pode-se notar que há uma diferença significativa no tempo de taxi/marcha-lenta. Este fato é importante desde que a maior parte das emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos de aviões ocorrem durante estas condições (taxi e marcha-lenta).

A Tabela 19 fornece os fatores de emissão para os veículos de serviço em terra. As unidades são gramas-hora porque a atividade é medida em horas-veículo. Os eventuais padrões de emissão para veículos automotores não são aplicáveis a veículos fora da estrada de rodagem, o qual inclui o equipamento de serviço em terra; conseqüentemente os fatores de emissão representam veículos não controlados.

O cálculo dos fatores de emissão para tráfego de acesso segue uma metodologia especial para veículos motorizados, porém, dentro dela deve-se considerar o exposto no item 2.3.1.

As emissões de hidrocarbonetos do sistema de armazenamento e manipulação do combustível podem ser estimadas usando um fator de emissão de 0,55 lbs de hidrocarbonetos por 1.000 galões de combustível bombeado.

Os fatores de emissão para o teste de motores e manutenção são os mesmos que os fatores de emissão do motor do avião. O ciclo de teste do motor pode ser representado por 18,75 minutos de marcha-lenta e 6,25 minutos de potência de aproximação

Emissões da planta de ar condicionado e aquecimento do Aeroporto podem ser obtidas usando os fatores de emissão dados na Tabela 23.

2.3.5. RESULTADOS AMOSTRA⁷

Como ilustração e com o objetivo de simples análise apresentamos valores obtidos em testes realizados no Aeroporto O'Hare de Chicago.

Os resultados apresentados na Tabela 25 demonstram que, apesar dos aviões serem a fonte primária das emissões, as contribuições de outras fontes não são desprezíveis. Por conseguinte o uso das emissões de aviões somente, poderia resultar em uma estimativa muito baixa do impacto do transporte aéreo sobre a qualidade do ar, pois uma parte surpreendentemente grande do monóxido de carbono é proveniente dos veículos de serviço em terra.

Da Tabela 26 que apresenta as emissões dos aviões por modo pode-se perceber que a maior parte das emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos é produzida nos modos taxi e marcha-lenta e que, conseqüentemente, uma modificação das operações em terra para minimizar este tempo poderia acarretar uma melhora substancial na qualidade do ar.

2.3.6. MEDIDAS DE CONTROLE³⁰

Na aplicação de controles às emissões de aviões é importante observar que em alguns Aeroportos podem ser requeridos controles primários a serem implantados sobre diferentes aviões. Deste modo, quando se faz referência a controle das emissões por tipo de avião, é entendido que isto implica no controle que poderia ser aplicado localmente, tais como , limitação do tempo de marcha-lenta etc.. O controle da emissão dos motores de aviões deve considerar-se, pelo menos, em âmbito nacional.

Outro fator importante é a distribuição da emissão de poluentes entre os vários modos de operação dos aviões. Já foi mencionado que, em geral, as emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos são maiores durante os modos taxi e marcha-lenta do ciclo LTo e as emissões de óxidos de nitrogênio são maiores durante os modos de decolagem e subida.

É necessária uma apresentação quantitativa desta informação para tomar-se qualquer decisão sobre a esperada efetividade de controles de emissão e que seria motivo para alterações dentro do ciclo operacional.

As emissões de particulados também podem ser parcialmente controladas pelas mudanças na operação em terra, porém, não tão rápida e dramaticamente como para monóxido de carbono e hidrocarbonetos.

Consequentemente, a simples tarefa de mostrar as emissões por modo de operação do avião, fornece vários detalhes que podem ser usados para abordar-se a escolha de controle alternativo das emissões.

Do ponto de vista de administração de emissões regionais de poluentes no ar, um item de interesse poderia ser a projeção da tendência das emissões. Um índice desta

tendência é a taxa média de emissão de poluentes por avião/LTo do Aeroporto em estudo. Isto é obtido pela divisão da soma anual de poluentes emitidos por todos os aviões pelo número anual de aviões/LTos.

- . O tráfego de acesso é a segunda fonte mais importante de emissões do Aeroporto, excedida somente pela das Aeronaves. Apesar de que emissões de automóveis não ficam sujeitas ao controle direto do planejador do Aeroporto, há medidas in diretas, tais como, redução do congestionamento do tráfego, que pode indiretamente reduzir a carga de emissão.
- . No que se refere às emissões dos testes de motores, a par dos controles colocados sobre os motores do próprio avião, não está claro que estas emissões possam ser controladas pelo operador do Aeroporto.

De qualquer forma a bancada de teste poderia projetar-se para estar provida de sistemas de controle das emissões, como pós-queimadores, conversores catalíticos e outros. Os custos e benefícios resultantes de instalações tão sofisticadas provavelmente não são compensadores.

Alternativamente poder-se-ia fazer algumas modificações do ciclo de teste.

Um teste em alta potência poderia ser usado para minimizar as emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos; no entanto sacrificar-se-ia uma pequena parte das emissões de óxidos de nitrogênio. Este fato poderia, provavelmente, resultar em outras implicações, tais como incremento do ruído e inabilidade para desenvolver os testes necessários sobre o desempenho do motor.

Em circunstâncias não usuais poder-se-ia pensar numa redução de emissões por meio de redução no número de testes.

Em resumo, pode-se dizer que a redução de emissões

de poluentes no ar, por teste de motores não está dentro do controle prático do operador do Aeroporto local.

- . A imposição de controles para eliminar as emissões de armazenamento, poderia implicar no uso de algum tipo de sistema de recuperação do vapor, a ser instalado nos tanques de combustível de todos os aviões e veículos para serviço em terra.

Um sistema como tal poderia ser projetado de forma a ser compatível com as exigências de peso, tamanho e segurança, e desta forma as emissões poderiam ser reduzidas efetivamente a valores insignificantes.

- . As emissões da planta de ar condicionado e aquecimento são função de um número de variáveis as quais estão dentro do campo de controle dos projetistas do Aeroporto. Itens como escolha de combustível, tamanho do edifício, isolamento térmico do edifício e outros, são decididos antes da construção do Aeroporto pelos projetistas.

A decisão final, porém, é feita sobre considerações diferentes ao controle de emissões de poluentes no ar. Estas considerações principalmente de ordem econômica, não são fáceis de desconsiderar em favor de alcançar uma redução das emissões. A decisão final sobre escolha do combustível precisa de uma análise do custo total do combustível, comparado com o custo do equipamento necessário para reduzir as emissões a níveis dentro dos limites estabelecidos.

Outro método alternativo de reduzir emissões seria diminuir as necessidades de energia dos edifícios pelo uso de materiais de isolamento térmico. A diminuição resultante em termos de necessidade de energia poderia reduzir proporcionalmente as emissões da planta de aquecimento, porém, geralmente, considerações econômicas tendem a dominar a decisão

final.

2.4. RUÍDO

2.4.1. FONTES DE RUÍDO EM AEROPORTOS

A fonte principal de ruído são as aeronaves, porém, também contribuem a ele as outras atividades próprias do Aeroporto.

2.4.1.1. AERONAVES. CARACTERÍSTICAS DO RUÍDO PRODUZIDO^{9,12,21}

Nos aviões a pistão e turbopropulsores o ruído é produzido primariamente pelas hélices.

Segundo as condições de operação e forma das pás da hélice as frequências variam entre 50 e 200 HZ e com ruídos, de alta frequência harmônica e discreta, produzidos nas partes do motor e na saída dos gases de escape.

Nos aviões a jato o escape é a principal fonte de ruído, sendo também a forma de propulsão.

Os primeiros motores a jato produziam níveis altos de ruído pela mistura turbulenta (efeito shearing) causada pela interação entre a alta velocidade do jato de escape e o ar relativamente tranquilo em volta dele.

Para diminuir estes níveis de ruído foram desenvolvidos sucessivamente:

- . O supresor de ruído, na atualidade muito usado nos jatos da aviação civil.
- . O motor de baixa taxa de "by-pass" (ou ventilador) no qual desvia-se uma parte dos gases de empuxo fornecendo um colchão de gases movimentando-se lentamente entre a tubulação principal de saída e o ar circundante. Grande parte dos aviões em serviço atualmente tem este tipo de motor.

- . O motor de alta taxa de "by pass" cujo princípio de funcionamento é que, um ventilador de diâmetro muito grande produz exaustão mais lenta, fornecendo o mesmo empuxo com menor ruído do escape.

Porém, o ruído do ventilador é maior, sendo que o principal componente de incômodo deste ruído é o silvo muito notório no pouso e decolagem.

Projetos posteriores tem reduzido o volume do ventilador e o silvo a níveis menos penetrantes e desagradáveis, sendo exemplo deste fato o motor RB-211 fornecido como unidade de força para o Lockheed Tristar.

Nos aviões turboventiladores (jet turbofan) a decolagem é caracterizada por ruídos de baixa frequência do escape, e a aterragem por ruído de alta frequência do ventilador.

Nos aviões a jato de várias turbinas foi reduzido este efeito; assim o Jumbo com motores de alta taxa de "by pass" produz níveis de ruído quase iguais no pouso e decolagem. O obstáculo persistente na redução é a frequência discreta do ruído do ventilador.

O nível destes dispositivos pode ser observado na Figura 6.

- . Embora, não utilizem necessariamente Aeroportos, considera-se também o helicóptero como fonte de ruído devido a sua capacidade operativa em centros urbanos, sua habilidade de permanecerem parados suspensos no ar e seu som estremece dor devido à baixa frequência do ruído emitido.

O problema é complicado pelo fato de que o som de baixa frequência pode escutar-se a distâncias maiores que outras fontes de igual nível, pois sua transmissão na atmosfera é mais rápida que a do som de alta frequência.

- . A operação dos atuais aviões supersônicos introduz no Aeroporto uma nova e adicional fonte de ruído comparável aos

mais ruidosos jatos subsônicos.

As diferenças fundamentais nos mecanismos de fluxo do ar à velocidades subsônicas e supersônicas impõe severas limitações na escolha do grupo propulsor e forma do avião supersônico, o qual repercute nas características do ruído emitido.

Testes realizados em 1973, nos Aeroportos Dulles e Dallas-Fort Worth (U.S.A.) mostraram³⁷ que a energia sonora do Concorde está concentrada num intervalo de frequência mais baixo que a dos aviões subsônicos equivalentes 707 e DC-8, concluindo que o ruído de aviões supersônicos:

- . Se propaga em níveis audíveis a maiores distâncias
- . penetra edifícios convencionais mais facilmente
- . excita os modos de vibração natural da maioria de edifícios mais fácil e rapidamente que a energia sonora de alta frequência própria dos aviões subsônicos.

Porém, um aspecto atenuador é que para os mesmos níveis de energia, o ruído de baixa frequência é menos danoso ao ouvido humano que o ruído de alta frequência.

Dos mesmos testes foram derivados também os espectros sonoros da decolagem e aterragem apresentados nas Figuras 8 e 9.

2.4.1.2. OUTRAS FONTES

Sabemos que o maior problema de ruído aparece na decolagem e pouso dos aviões, porquanto o avião voa a baixa altitude e grandes áreas em volta dos Aeroportos estão sujeitas a vários graus de incômodos. Porém, é importante considerar também o ruído gerado nas outras atividades próprias do Aeroporto o qual constitui uma contribuição significativa que se incrementa segundo o volume da atividade con

siderada.

Assim temos que: o tráfego de acesso ao Aeroporto, a atividade dos veículos de serviço em terra, tais como, os grupos auxiliares de energia (APU) e sistemas associados das aeronaves, e em especial a manutenção e teste dos motores dos aviões, constituem-se em fontes mais ou menos importantes, do ruído gerado pelo Aeroporto, segundo seja o volume do movimento desenvolvido em cada uma.

2.4.2. BOOM SÔNICO. EFEITOS^{1,6,20}

É produzido por um corpo em movimento a uma velocidade maior que a velocidade local do som.

O boom sônico é independente do som real produzido pelo sistema de propulsão da fonte em movimento, ou seja, o estrondo do boom não tem relação com o ruído do motor do avião.

Porém, quando um corpo se movimenta no ar, produz uma mudança na pressão do ar circundante e se o movimento é muito rápido, as variações na pressão do ar tornam-se audíveis. Estas variações de pressão são irradiadas afastando-se da fonte original na forma de ondas suaves similares a uma N, sendo que a onda de choque acústico produzida neste caminho termina numa onda N simples, devido a detalhes construtivos da carcaça do avião, sendo, na realidade, várias ondas N superpostas.

O som não pode propagar-se em frente do avião se ele movimenta-se com velocidade superior à do som.

Toda a energia sonora será propagada dentro de duas linhas chamadas "Mach Lines".

Considerando o fenômeno em três dimensões estas linhas ficam dentro do "Cone Mach" o qual desloca-se junto

com a fonte.

A área do solo exposta ao boom sônico é limitada lateralmente devido à refração atmosférica.

Os corredores de 50.000 pés, tem 40 a 60 milhas de largura no verão e mais de 100 milhas no inverno.

A largura do corredor, dependendo da distribuição da temperatura atmosférica com a altitude, é também afetada pela velocidade e altitude com que o avião passa, assim como pelos ventos atmosféricos.

Velocidades de cruzeiro mais altas e altitudes de voo, resultam em corredores mais largos.

Gradientes de vento na atmosfera modificam a refração dos raios de som, afetando em geral, tanto a largura do corredor, como sua posição com respeito ao rastro do voo no solo.

A Figura 10 apresenta os possíveis efeitos do boom sônico em função da pressão sonora.

2.4.3. REQUISITOS DE UMA BOA MEDIDA OU DESCRITOR DO RUÍDO¹²

. Boa correlação com as respostas humanas conside
rando : perda auditiva, interferências no sono e na conversa
ção e incômodos devidos à exposição ao ruído.

. Capacidade para avaliar o efeito acumulado de
todo tipo de ruídos num longo período de tempo.

. Deve ser simples e completa, podendo obter-se
por medição direta sem equipamento complexo de análise.

. Boa capacidade de relacionamento com medidas
correlatas usadas comumente para avaliação do ruído de outras
fontes.

. O equipamento necessário nas medições deve ter
características padronizadas e ser disponível comercialmente.

2.4.4. DESCRITORES DO RUÍDO DE AEROPORTOS¹²

Nas duas últimas décadas o aumento na magnitude
das operações aéreas tem incrementado conseqüentemente o
ruído produzido pelos aviões nas comunidades vizinhas a Aero
portos, criando problemas nelas. Como conseqüência tem apa
recido e proliferado internacionalmente numerosos métodos,
todos com o mesmo objetivo: relacionar o ruído das operações
de aviões com a resposta da comunidade.

A evolução deles esteve baseada em descrições ini
ciais ou parâmetros físicos que a intuição considerava perti
nentes, examinando depois a importância relativa destes parâ
metros através do estudo de entrevistas em comunidades, aná
lises de reclamações e através de provas de laboratório basea
das em testes psico-acústicos.

O desenvolvimento das técnicas mais convenientes,
de engenharia ou planejamento básico, para estimar a resposta

da comunidade ao ruído tem dois componentes principais:

- . A identificação de parâmetros físicos, psicológicos ou sócio-econômicos que influem na resposta, e a expressão matemática que os correlaciona.
- . A identificação da intensidade individual e da resposta da comunidade, e suas afinidades ou relações quantitativas a parâmetros previsíveis.

Através do mundo, tem sido propostas abordagens diferentes para estes dois pontos. A maioria focaliza somente a primeira parte, usando diferentes medidas na representação do nível do ruído e enfoques variados, normalizando os padrões de tempo. Entre estes índices ou escalas os mais representativos são os mostrados a seguir.

2.4.4.1. NÍVEL DE RUÍDO PERCEBIDO (PNL) E NÍVEL EFETIVO DE RUÍDO PERCEBIDO (EPNL) U.S.A.^{1,12,13}

Seu uso é recomendado pela Organização de Aviação Civil Internacional (ICAO) para homologação do ruído dos aviões. Também servem de base para o desenvolvimento dos índices "Taxa Composta de Ruído" (CNR) e do "Índice de Exposição ao Ruído" (NEF) respectivamente.

O nível de ruído percebido (PNL) é basicamente uma medida do estrondo do ruído, considerando alguns dos incômodos causados pela exposição a um nível de ruído analisado em bandas de oitava.

Pode ser quantificado pela fórmula:

$$PNL = 40 + 33,3 \log [N_{\max} + K (E N - N_{\max})]$$

(em PNdB)

onde:

$N_{\max}$ = valor em Noys da banda oitava mais ruidosa, obtido da conversão do nível de pressão sonora em faixas de

oitava a Noys, empregando-se para isso uma família de curvas chamadas "Isocontornos de ruídosidade" (Equal noisiness Contours) K = constante dependente do tipo de filtro usado na medição. Para 1 oitava $K = 0,3$
 EN = soma de todas as bandas oitavas.

O nível efetivo de ruído percebido (EPNL), é o nível instantâneo do Ruído Percebido (PNL) corrigido, tomando em consideração a duração e as irregularidades espectrais.

São medidas três propriedades básicas da pressão acústica: o nível, a distribuição de frequências e a variação em função do tempo. Concretamente, é necessário medir o nível de pressão acústica instantâneo em cada uma das 24 bandas de terço de oitava para cada incremento de meio segundo durante o tempo que a aeronave sobrevoa o ponto de medição.

O procedimento de cálculo que usa as medições físicas do ruído, para deduzir o EPNL, com a finalidade de avaliar a resposta subjetiva, consta das seguintes operações: . os níveis de pressão acústica nas 24 bandas de terço de oitava são convertidos em ruídosidade percebida usando a Figura 11.

Primeiro se combinam os valores noy e depois são convertidos em níveis instantâneos de ruído percebido ($PNL_{(K)}$).

. Calcula-se um fator de correção de tom, $C_{(K)}$ para cada Espectro, com a finalidade de levar em conta a reação subjetiva pela presença de irregularidades espectrais.

. Este fator $C_{(K)}$ é somado ao nível de ruído percebido para obter níveis de ruído percebido corrigidos por ton ($PNLT_{(K)}$) para cada incremento de tempo de meio segundo:

$$PNLT_{(K)} = PNL_{(K)} + C_{(K)}.$$

Obtem-se os valores instantâneos ($PNLT_{(K)}$) e se determina o valor máximo PNLTM.

. Integrando a partir da curva que representa o nível do ruído percebido corrigido por ton em função do tempo, calcula-se um fator de correção de duração D.

. O nível efetivo de ruído percebido (EPNL) é determinado somando algebricamente o nível máximo de ruído percebido corrigido por ton (PNLTM) e o fator de correção de duração (D).

$$EPNL = PNLTM + D$$

2.4.4.2. TAXA COMPOSTA DE RUÍDO (CNR)^{4,12} - U.S.A.

É uma metodologia para prever o efeito acumulativo do ruído introduzido numa comunidade pela operação dos aviões num Aeroporto.

Sua fórmula é:

$$CNR = PNL + 10 \log_{10} N - 12$$

onde:

PNL = nível de ruído percebido, em PNdB

N = Nº de operações de aviões no período de tempo escolhido

O primeiro passo no cálculo do CNR é coletar informações sobre a natureza das operações dos aviões no Aeroporto analisado. Com base nestas informações operacionais, selecionam-se os contornos de ruído apropriados e a partir deles, determinam-se os níveis de ruído percebidos nessa área. Logo esses níveis são corrigidos considerando fatores tais como: número de operações, hora do dia, etc., O resultado é o CNR do qual se deduz a possível resposta da comunidade. Segundo estudos desenvolvidos em comunidades adjacentes a Aeroportos,, esta resposta é associada a três zonas CNR do seguinte modo:

ZONA CNR	ATIVIDADE		POSSÍVEL RESPOSTA
	DECOLAGENS E POUSOS	RUN-UPS	
I	CNR < 100	CNR < 80	Essencialmente não deve esperar-se queixas, porém o ruído pode interferir ocasionalmente com algumas atividades da população.
II	$100 \leq \text{CNR}$ $\text{CNR} \leq 115$	$80 \leq \text{CNR}$ $\text{CNR} \leq 95$	Queixas individuais possivelmente vigorosas. É possível a ação em grupo.
III	CNR > 115	CNR > 95	A reação individual é forte e existirão por certo, ações em grupo.

A designação das zonas limites CNR para decolagens e pousos, em termos do Índice Diurno de Ruído (Ldn), é a seguinte:

Zona I Ldn < 65

Zona II $65 \leq \text{Ldn} \leq 80$

Zona III Ldn > 80

2.4.4.3. ÍNDICE DE EXPOSIÇÃO AO RUÍDO (NEF) U.S.A.^{8,11,24}

Este índice fornece a nível do solo uma estimativa da exposição integrada, resultante das operações de aviões.

É calculado a partir de medições do ruído de so brevôo dos aviões, descritas em termos do nível efetivo de ruído percebido, e do número médio de operações diurnas (7 a 22:00 h) e noturnas (22 a 7:00 h).

As expressões para calcular NEF no caso geral de todos os tipos de aviões e uso múltiplo de pistas são:

$$\text{NEF}_{(ij)} = \text{EPNL}_{(ij)} + 10 \log[\text{Nd}_{(ij)} + 16,67 \text{Nn}_{(ij)}] - 88$$

$$NEF = 10 \log E_i E_j \text{ antilog} \left(\frac{NEF_{(ij)}}{10} \right)$$

sendo:

NEF= Índice de exposição ao Ruído, dB (NEFdB)

EPNL= Nível efetivo de ruído percebido, dB (EPNdB)

Nd= N° de operações diurnas (7:00 h - 22:00h)

Nn= N° de operações noturnas (22:00 - 7:00h)

i= tipo ou classe de avião

j= rota ou trajeto

Entende--se como operações, as decolagens e aterrizagens de aeronaves no Aeroporto.

Para uma só pista teremos um único trajeto, consequentemente, as equações anteriores poderiam ser escritas:

$$NEF_{(i)} = EPNL_{(i)} + 10 \log [Nd_{(i)} + 16,67 Nn_{(i)}] - 88$$

$$NEF = 10 \log E_i \text{ antilog} \left(\frac{NEF_{(i)}}{10} \right)$$

Quando os níveis NEF de posições individuais sobre a terra são combinados dentro de iso-contornos NEF e plotados sobre mapas do Aeroporto e vizinhanças, os resultados são usados para propósitos de planejamento.

Em geral, para mapeamento sonoro são utilizados os valores NEF 30 e NEF 40. O valor NEF 40 indica um nível de ruído elevado, não sendo recomendável essa zona para fixação de residências, enquanto que NEF 30 indica uma região menos ruidosa.

Na avaliação da reação da comunidade à exposição do ruído de aviões é usada³⁸ a seguinte interpretação:

VALOR NEF	POSSÍVEL REAÇÃO
NEF<30	Essencialmente não se deve esperar <u>queixas</u> porém o ruído pode interferir com algumas <u>atividades</u> da comunidade
30>NEF<40	Queixas individuais possivelmente <u>vigorosas</u> . É possível a ação em grupo.
NEF>40	A reação individual é forte e <u>existirão</u> , por certo ações em grupo.

A redução de uma unidade NEF é equivalente a reduzir em 2% o número de pessoas altamente incomodadas e igual a uma redução de 14% na área exposta ao mesmo nível de exposição ao ruído. A relação entre redução NEF e redução da área impactada é logarítmica, isto é, 50% de redução na área é aproximadamente equivalente a reduzir 4,5 unidades NEF, enquanto que 25% de redução na área é aproximadamente equivalente a reduzir duas unidades NEF.

Por força de sua afinidade ao Índice Diuturno de Ruído (Ldn), os valores NEF do ruído acumulativo num local específico sobre a terra, também podem ser relacionados à saúde e bem estar da população²⁰.

2.4.4.4. ÍNDICE DIUTURNO DE RUÍDO (Ldn)

U.S.A.

É definido como a energia média ponderada A num período de 24 horas, com os níveis noturnos (22 a 7:00 h) de ruído incrementados 10 dB, em consideração ao maior incômodo do ruído à noite. A medida correlata, Nível Sonoro Equivalente Leq, é igual ao Ldn, exceto que ela não adiciona o fator de correção para a exposição noturna.

Considerando que este Índice (Ldn) atende os requisitos de um bom descritor do ruído e que, na atualidade, seu

uso é recomendado por entidades diversas, entre as quais temos a Agência de Proteção Ambiental Americana (U.S. EPA), incluímos no anexo I a metodologia para seu cálculo.

Os valores $L_{dn} = 55$ e $L_{eq} = 70$ tem sido identificados pela U.S. EPA como os níveis de exposição ao ruído que não se devem exceder para que o bem estar e saúde pública estejam protegidos com uma adequada margem de segurança contra incômodos e perda da audição. Porém, estes níveis não devem ser interpretados como padrões porque eles não levam em conta considerações econômicas e tecnológicas.

Eles representam valores usados para checar a efetividade de Controles ou Regulamentos no aspecto de saúde e bem estar.

É importante enfatizar que, na atualidade, a medida preferida para exposição acumulativa ao ruído é $L_{dn}^{8,12,21}$.

Neste trabalho apresentam-se alguns valores NEF em conjunção com o L_{dn} porque muitos dos dados atualmente disponíveis e procedimentos de cálculo referentes ao ruído acumulativo de aviões, são fornecidos em termos de NEF. Na prática as duas medidas são equivalentes considerando:

$$L_{dn} \approx NEF + 35$$

Com relação a outros índices, a equivalência aproximada para a mesma série de eventos é :

$$L_{dn} \approx CNR - 35$$

$$L_{dn} \approx CNEL$$

sendo que CNEL (Nível equivalente Comunitário de ruído) é um índice desenvolvido para uso na regulamentação de ruído nos Aeroportos da Califórnia (U.S.A.).

A equivalência do L_{dn} com os demais índices é fornecida na Figura 13.

2.4.4.5. NÚMERO ÍNDICE DE RUÍDO (NNI)⁸ INGLATERRA

Fundamenta-se em pesquisas sociais voltadas aos problemas gerados pelo ruído nas imediações de Aeroportos.

É expressado pela seguinte equação:

$$\overline{NNI} = PNdB_{\max} + 15 \log_{10} N - 80$$

onde:

$PNdB_{\max}$ = nível médio máximo de ruído no sobrevôo dos aviões
(em PndB)

N = número de aviões num período de tempo especificado, i.e um dia ou uma noite.

O $\overline{NNI}$ foi derivado de um experimento combinado no qual foram feitas medições físicas do ruído dos aviões em 85 pontos dentro de 10 milhas do Aeroporto Heatrow de Londres e foram entrevistadas aproximadamente duas mil pessoas, moradores nessa área, com relação à satisfação ou insatisfação de seu meio ambiental.

As medidas físicas abarcaram cerca de cem sobrevôos sucessivos sobre cada ponto e foram usadas para definir distribuições estatísticas de nível e tempo. Os questionários tinham 42 perguntas relativas à avaliação do meio ambiente.

Os estudos combinados identificaram 14 variáveis referidas ao ruído ambiental e 58 variáveis sociopsicológicas.

As variáveis físicas foram intercorrelacionadas ficando reduzidas a dois parâmetros: nível médio máximo de ruído em PndB e o número de aviões escutados.

As variáveis sociopsicológicas foram usadas para derivar a escala "Outman" representando uma medida contínua dos incômodos.

Finalmente a escala de incômodos foi correlacionada às medidas físicas. Na derivação destas correlações, foi estimado que a duplicação no número de eventos equivale a

e elevar os níveis de ruído em $4 \frac{1}{2}$ dB, e daí o termo $15 \log_{10} N$ na fórmula do NNI.

A constante 80, da mesma fórmula, foi extraída dos quadros de exposição total ao ruído em virtude de que, cerca a 80 PNdB, o valor na escala derivada de incômodos foi zero.

Em adição à escala total de incômodos, o estudo britânico examinou uma série de efeitos indiretos concluindo que:

"A exposição ao ruído de aviões alcança um nível exagerado nos valores de 50 a 60 NNI".

e recomendando os seguintes usos do solo:

NNI	TIPOS DE OCUPAÇÃO				
	Residências	Escolas	Hospitais	Escritórios	Fábricas
60 ou mais	Recusado	Recusado	Recusado	Indesejável	Permitido
50 a 59	Permitido c/ trat.acústico	Permitido c/ trat. acústico	Indesejável	Permitido	Permitido
40 a 49	Permitido c/ trat.acústico	Permitido c/ trat. acústico c/restricções	Considerar cada caso individual	Permitido	Permitido
35 a 39	Permitido	Permitido	Permitido	Permitido	Permitido

É possível fazer uma comparação direta da escala de incômodos desta pesquisa com os valores CNR, uma vez que foram usados os mesmos elementos de cálculo: nº de eventos, e níveis de ruído em PNdB. A correlação entre os dois índices é surpreendentemente boa.

2.4.4.6. ÍNDICE ISOTRÓFICO DE RUÍDO (N)⁸

FRANÇA

É empregado pelo Ministério Frances de Transporte e calculado (para operações diurnas) da seguinte equação:

$$N = \text{PNdB}_{\max} + 10 \log_{10} N - 30$$

Os símbolos são os mesmos do NNI.

A constante 30 foi derivada considerando que cada movimento de avião origina 30 segundos de ruído incômodo e assumindo que no máximo pode ocorrer um movimento de avião por minuto. Considerando o período de 06 h a 22 h resulta um máximo de 960 movimentos por dia.

Sendo $10 \log 960 = 30$, a exposição total ao ruído é aproximada subtraindo 30 de $\text{PNdB}_{\max} + 10 \log_{10} N$.

Desta formulação observa-se que:

$$N = \text{CNR} - 18 \text{ exatamente.}$$

Neste índice, o tratamento das operações noturnas é consideravelmente mais complicado que em outros procedimentos.

O período noturno é dividido em dois intervalos: 20 h a 02 h e 02 h a 06 h, as operações no primeiro período são tratadas como 3 vezes mais significativas que no segundo. Além disso, a soma de $10 \log$ é substituída pela expressão:

$$6 \log_{10} (3n_1 + n_2) - 1$$

onde n_1 e n_2 são o número de operações nos dois períodos da noite.

Se $3n_1 + n_2 < 64$, a expressão anterior é ignorada usando-se a soma direta de $10 \log$.

A identificação da resposta da comunidade aos níveis de exposição foi derivada de um levantamento em 20 áreas situadas nos arredores de quatro Aeroportos: Orly, Le Bourget, Marseilles e Lion's, sendo entrevistadas aproximadamente duas

mil pessoas moradoras nessas áreas.

Os resultados destas entrevistas foram usadas para derivar duas escalas de atitude:

uma de incômodos produzidos pelo ruído dos aviões e uma esca la geral de satisfação referida ao distrito de residência.

Como consequência da análise dos resultados obti dos, o Governo Frances estabeleceu as seguintes zonas para uso da terra, em base a sua exposição ao ruído:

. Área A : $N > 96$ (CNR > 114)

Construções proibidas, exceto aquelas necessárias às atividades ligadas ao Aeroporto, com a condição de que sejam providas de isolamento acústico que as condições de vida sejam pelo menos iguais às que poderiam ter-se se o edifício estivesse na área C.

. Área B : $89 < N < 96$ ($107 < \text{CNR} < 114$)

O desenvolvimento das comunidades existentes deve limitar-se a áreas situadas dentro do menor perímetro possí vel.

Somente serão autorizadas construções residen ciais que tenham isolamento acústico adequado. O número de habitantes por hectare é limitado.

Deve evitar-se, dentro do possível, construções (i.e. escolas, hospitais, etc.) e prédios residenciais.

. Área C : $84 < N < 89$ ($102 < \text{CNR} < 107$)

Deve evitar-se novos desenvolvimentos residenciais e limitar o número de habitantes por hectare nos edifícios residenciais.

É recomendável que todos os edifícios tenham iso lamento acústico adequado. Cada caso será estudado especi ficamente.

. Área D : $N < 84$ (CNR < 102)

Não existe restrição às construções.

2.4.4.7. CARGA TOTAL DE RUÍDO (B)⁸

HOLANDA

O "Advisory Committee on Noise Nuisance" foi designado pelo Ministério de Trabalho Holandes para pesquisar o nível de ruído produzido pela operação do Aeroporto Schiphol (Amsterdam) nas comunidades vizinhas. Foram entrevistadas 1.000 pessoas de oito comunidades e se fizeram medições de cerca de 1.000 sobrevôos de aviões.

Como resultados das entrevistas, foi derivada uma escala de incômodos comparável às dos levantamentos britânicos e franceses.

Depois, estes resultados foram correlacionados para medir a exposição ao ruído e a relação com NNI foi 0,94. A expressão resultante derivada foi a "Carga Total de Ruído" B especificada pela seguinte equação:

$$B = 20 \log_{10} E_n 10^{L_A/15} - 157$$

onde:

L_A = máximo nível sonoro (dBA) no sobrevôo dos aviões.

n = fator de distribuição do movimento dos aviões em 24 horas.

O "limite de admisibilidade" para ruído de aviões, escolhido pelas autoridades Holandesas, foi $B = 45$. Este valor é aproximadamente equivalente a 105 CNR ou 30 a 35 NEF.

2.4.4.8. NÍVEL MÉDIO DE INCÔMODOS (Q)⁸

ALEMANHA

Este índice é usado, na Alemanha, para definir quatro zonas de uso do solo, por exposição ao ruído de aviões.

O desenvolvimento deste índice é pouco conhecido, mas parece baseado na combinação de resultados de experimentos psicoacústicos.

A expressão para calcular Q é :

$$\bar{Q} = 13,3 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \sum_{k=1}^N 10^{\frac{L_A}{13,3}} \lambda_k \right)$$

onde:

L_A = nível sonoro em dBA ou PNdB

λ = duração do ruído a este nível.

Se os níveis são especificados em PNdB, na dedução das zonas de uso do solo, considera-se:

$\bar{Q}_c$ = valor acústico de $\bar{Q} = 82$ PNdB

ZONA	$\bar{Q}$	USO RECOMENDADO
I	$\bar{Q} > \bar{Q}_c$	Construções não residenciais.
II	$\bar{Q}_c - 5\text{dB} < \bar{Q} < \bar{Q}_c$	Construções residenciais somente em casos urgentes. É necessário medidas enérgicas para supressão do ruído.
III	$\bar{Q}_c - 10\text{dB} < \bar{Q} < \bar{Q}_c - 5\text{dB}$	São recomendáveis medidas para supressão do ruído
IV	$\bar{Q} < \bar{Q}_c - 10\text{dB}$	Não existem restrições, mas não deve construir-se novos hospitais cerca dos limites da zona III.

Este índice não é comparável diretamente a CNR ou NEF, a menos que seja considerado um padrão específico de tempo.

2.4.4.9. ÍNDICE DE RUIDOSIDADE $\bar{NI}$ ⁸ ÁFRICA DO SUL

A expressão básica para calcular $\bar{NI}$ diurno é :

$$\bar{NI} = 10 \log_{10} \sum \frac{t}{t_0} 10^{L_A/10}$$

onde

L_A = nível medido em dBA

t = período considerado na medição

$t_0 = 8,64 \times 10^4$ segundos

Para relacionar a resposta da comunidade à exposição ao ruído de aviões, o "National Institute for Personnel Research of the South African Council for Scientific and Industrial Research" realizou um levantamento social preliminar.

O levantamento foi conduzido para conhecer a atitude dos residentes em relação as condições de vida na área, com particular consideração aos fatores indesejáveis.

O resultado indicou que cerca de 13% das pessoas foram incomodadas pelo ruído dos aviões a um valor $NI = 60$; cerca de 18% a $NI = 65$ e 45% a $NI = 70$.

Deste modo, a zona NI entre 65 e 70 é considerada como a região limite superior para desenvolvimento residencial.

Não há correlação direta de NI com os índices descritos previamente, pois NI considera explicitamente a duração do ruído.

2.4.4.10. NÍVEL PONDERADO DE EXPOSIÇÃO AO RUÍDO^{8,13}

(WE CPNL)

Em Novembro e Dezembro de 1969 foi realizada em Montreal - Canadá uma reunião especial da Organização de Aviação Civil Internacional (ICAO) com o propósito de derivar acordos internacionais referidos ao ruído de aviões, o resultado foi uma compilação dos índices existentes, chegando a considerar três termos diferentes:

. Nível de exposição total ao ruído produzido por uma sucessão de aeronaves (TNEL)

Definido por:

$TNEL = 10 \log_{10} \dots$

$$TNEL = 10 \log_{10} E_1^n \underset{10}{\text{antilog}} \frac{EPNL(n)}{10} + 10 \log_{10} \frac{T_o}{t_o}$$

onde:

$EPNL(n)$ = nível efetivo de ruído percebido para o acontecimento enésimo.

T_o = 10 segundos

t_o = 1 segundo

. Nível equivalente Contínuo de ruído percebido (ECPNL)

Usado para intercomparação de várias exposições ao ruído. Sua equação é :

$$ECPNL = TNEL - 10 \log_{10} \frac{T}{t_o}$$

sendo:

T = período de tempo considerado : dia, mês ou ano.

Os usuários preferem considerar 1 dia.

. Nível ponderado equivalente contínuo do ruído percebido (WECPNL)

Empregado quando desejam-se fatores de ponderação adicionais para os efeitos de operações noturnas ou variações sazonais. São consideradas dois tipos de ponderações diurnas e noturnas segundo que as 24 horas sejam divididas em dois ou três partes.

Por exemplo, usando uma divisão em duas partes (igual que para NEF e CNR) a equação para calcular WECPNL é:

$$WECPNL = 10 \log_{10} \left[\left(\frac{5}{8} \text{antilog} \frac{ECPNL(D)_2}{10} + \frac{3}{8} \text{antilog} ECPNL(N)_2 + 10 \right) \right] + S$$

onde:

$ECPNL(D)_2$ = ECPNL de 07 h a 22 h

$ECPNL(N)_2$ = ECPNL de 22 h a 07 h

S = fator sazonal de ponderação, cujo valor depende das seguintes condições:

CONDIÇÃO	S
Menos de 100 horas por mês a ou acima de 20°C (68°F)	-5
Mais de 100 horas por mês a ou acima de 20°C e menos de 100 horas a ou acima 25,6°C (78°F)	0
Mais de 100 horas por mês a ou acima 25,6°C	+5

2.4.5. MÉTODOS DE MEDIDA E VIGILÂNCIA DO RUÍDO PRODUZIDO POR AVIÕES^{5,20}

Existem vários métodos para determinar o ruído produzido pelos aviões. Um deles consiste em medir e analisar o ruído existente em um número grande de pontos em volta do Aeroporto durante um período de vários dias, semanas ou meses.

Outro método é determinar as características do ruído, recebido na terra, de um tipo de avião operando sob várias condições e logo, com base nos dados medidos estimar os diferentes contornos de ruído que aquele tipo de avião poderia produzir nesse Aeroporto. Quando esses contornos são desenvolvidos para todos os tipos de aviões que operam no Aeroporto analisado pode fazer-se uma estimativa relativamente razoável do incômodo sonoro total produzido nas áreas vizinhas.

Quando se deseja realizar um controle efetivo do ruído produzido por aviões não é suficiente estimar o ruído de vários aviões, e determinar o índice de exposição. É necessário medir e observar constantemente o ruído existente em pontos selecionados ao redor do Aeroporto. Assim, a tarefa de um sistema de vigilância do ruído em Aeroportos é

medir o ruído e registrar os níveis em excesso, e deste modo a ação preventiva ou corretiva pode tomar-se antes que os principais problemas se tornem agudos.

Os dados de medidas acústicas devem ser acompanhados pela seguinte informação adicional:

. Condições atmosféricas :

- . Temperatura do ar em graus celsius
- . Umidade relativa em %
- . Pressão atmosférica ao nível do Mar
(1 milibar = 100 Newton/m² = 9.87×10^{-4} atmosferas)
- . Velocidade do vento em torno do micro-fone em m/seg
(1 nó = 0,5144 m/seg)
- . Direção do vento, em graus com relação à rota do avião.

. Condições do Avião :

- . Tipo e modelo do avião e motor
- . Peso do avião (Massa total em Kgs ou lbs)
- . Configuração do avião quanto ao posicionamento dos flaps e rodas
- . Altura do avião (m ou pés)
- . Potência utilizada, (taxa de compressão das turbinas ou outras características especificadas pelo fabricante).
- . Altura do avião.

Há dois jogos básicos de contornos de ruído para aeronaves em voo que são de importância especial: os contornos de ruído para as operações de decolagem e aterragem.

No caso da operação de decolagem deve conhecer-se as seguintes condições operativas:

- . peso máximo do avião para decolagem (massa máxima total)
- . condições meteorológicas segundo o especificado pela Organização Internacional de Aviação Civil (ICAO)
- . Velocidade de subida + 10

Quando são conhecidas estas condições e os perfis de decolagem para esse tipo de avião, deve estimar-se a rota do avião durante a decolagem e usar-se no procedimento para estimar o ruído.

Similarmente no caso da operação de aterragem é importante conhecer:

- . o uso do procedimento instrumental de aterragem com 3º de inclinação de descida
- . Máxima potência do motor, de acordo à configuração do avião e que permita manter uma razão uniforme de descida concordante com o procedimento instrumental de aterragem utilizado.

Também é possível construir contornos de ruído para aviões operando em terra. Como isto pode fazer-se com os aviões operando em uma posição estacionária, os contornos próximos indicaram a direção do ruído produzido pelo avião, porém, os mais afastados podem ser muito afetados pelos edifícios, ventos atenuação do terreno e temperatura.

2.4.5.1. HOMOLOGAÇÃO DO RUÍDO PRODUZIDO POR UM AVIÃO

Para determinar o cumprimento dos níveis de ruído estabelecidos para a Homologação do ruído de um avião, devem fazer-se provas consistentes em uma série de aterragens e decolagens durante os quais se efetuam medições nos pontos especificados pelas autoridades encarregadas da Certificação, sendo que geralmente são três os pontos padronizados de medição, como representados na Figura 14.

Segundo o especificado pela Organização de Aviação Civil Internacional estas provas se levaram a cabo nas seguintes condições meteorológicas :

- . ausência de precipitação
- . umidade relativa não maior de 90% nem menor de 30%

- . temperatura ambiente entre 2 e 30°C, a 10 metros do solo
- . velocidade do vento não superior a 10 nós
- . ausência de inversão térmica ou de condições de vento anormais que possam afetar de modo significativo o nível de ruído do avião.

O sistema de medição acústica constará de : um sistema microfônico, dispositivo de registro e reprodução , calibradores acústicos e equipamentos de análise que satisfaçam os requisitos de exatidão e precisão especificados nas normas vigentes para certificação do ruído de aviões¹³.

Para efetuar as medições orientam-se os microfones de modo que o som máximo recebido chegue o mais exatamente possível da direção para a qual foram calibrados.

O microfone deve ter protetor do vento e estar sobre um terreno essencialmente plano, ~~aproximadamente~~ a 1.20m acima do nível do solo e a uma ~~distância horizontal~~ maior que 1.5m de qualquer obstáculo.

No lugar das medições a terra deve ter baixa absorção sonora e não existirá nenhum obstáculo, dentro do cone de medida que possa influenciar o campo sonoro procedente do avião.

As medições serão feitas e gravadas para diferentes altitudes e condições operativas de voo (potência máxima, potência reduzida de subida, etc.) devendo-se conferir que o ruído de fundo não influencie as medidas, assim como determinar a distância do microfone ao avião em vários instantes.

2.4.5.2. VIGILÂNCIA DO RUÍDO PRODUZIDO PELAS AERONAVES NOS AEROPORTOS E VIZINHANÇAS^{5,13}

Neste trabalho entende-se por vigilância a medição regular dos níveis de ruído produzidos pelas aeronaves que operam em um Aeroporto, e geralmente compreende um grande número de medições diárias das quais obtém-se o nível de ruído existente.

Estes níveis variam, em um mesmo ponto de acordo com os procedimentos de voo ou as condições meteorológicas. Consequentemente, ao interpretar os resultados de um procedimento de vigilância, deve considerar-se a distribuição estatística dos níveis de ruído medidos, sendo necessário para isso descrever no relatório dos resultados a distribuição dos níveis de ruído observados.

As medições do ruído que produzem as aeronaves podem efetuar-se seja com aparelhos registradores portáteis de leitura direta ou com um equipamento instalado permanentemente, consistente em um ou mais microfones com amplificadores situados em diferentes lugares do Aeroporto, com um sistema de transmissão de dados que ligue os microfones a um dispositivo registrador situado em um ponto central.

O sistema de medição completo deve calibrar-se em um Laboratório antes de sua instalação no campo e, posteriormente, a intervalos periódicos, para verificar se a resposta de frequência e os requisitos relativos à faixa dinâmica de

sistema cumprem com suas especificações de funcionamento.

Os microfones utilizados para vigiar os níveis de ruído produzido pelas aeronaves devem estar protegidos da chuva e outros fenômenos meteorológicos prejudiciais e instalarse em lugares apropriados, com o eixo de sensibilidade de cada microfone orientado para lograr a máxima sensibilidade às ondas sonoras. A posição do microfone deve ser escolhida de modo que não exista nenhum obstáculo acima do plano horizontal que passa pelo centro ativo do microfone, que possa influir no campo sonoro produzido por uma aeronave.

Quando é necessário colocar os microfones em lugares onde há considerável ruído de fundo, causado pelo tráfego de veículos motorizados, crianças brincando etc, é conveniente instalar o microfone sobre um teto, poste telefônico ou qualquer outra estrutura elevada. Em consequência, é necessário determinar o nível do ruído de fundo e conferir no local, em uma ou mais frequências, a sensibilidade global do sistema de medição antes ou depois de medir o nível de ruído correspondente a uma série de vôos.

São vários os fatores que determinam a seleção de um sistema de vigilância para um Aeroporto em particular, por exemplo: os modelos ou padrões de vôo do Aeroporto e sua posição com relação às cidades; áreas residenciais ou comerciais terão influência direta sobre a localização e número dos microfones usados no sistema.

Normalmente as operações de aterragem e decolagem comandam os incômodos, mas, estas não são as únicas fontes de ruído no Aeroporto. Algumas queixas de comunidades vizinhas do Aeroporto mencionam itens tais como : testes dos motores, e ruído dos veículos de serviço em terra, particularmente arranque de caminhões.

Estes fatores adicionais influenciam a localização dos microfones dentro do Aeroporto, tanto quanto os padrões de voo dos aviões ditaram a posição dos microfones através das rotas de aterragem e decolagem.

O tipo e quantidade dos dados coletados também estão relacionados diretamente à densidade do tráfego, qual tem grande influência sobre os dados requeridos para o sistema.

No caso de Aeroportos que devido ao crescimento da cidade ficam rodeados de prédios, a disposição destes edifícios em volta do Aeroporto governa a localização de alguns dos microfones. Assim em uma área residencial sob a rota de aterragem ou decolagem é necessário colocar microfones para detectar os excessos de ruído.

Em Aeroportos pequenos, os ingressos gerados por ele podem ser insuficientes para justificar a instalação de um sistema complexo de vigilância e equipamento de processamento de dados como ilustração típica da atividade de um grande Aeroporto tem-se ocasiões em que um avião decolando registra um nível de ruído sobre um microfone posicionado por exemplo a 8 ou 10 milhas do Aeroporto. Simultaneamente outro avião passa sobre um microfone a 3 milhas da pista de aterragem, enquanto um terceiro avião começa a acelerar através da pista de decolagem.

Os dados que chegam dos microfones e do controle de tráfego aéreo devem ser coordenados apropriadamente para determinar a qual avião se refere a informação recebida, de imediato deve executar-se qualquer manipulação necessária nos dados, gravar os resultados e preparar o sistema para registrar o seguinte evento de ruído. O único meio de satisfazer estas necessidades é um sistema controlado por

computador, o qual poderá receber sinais simultâneos de várias fontes, atribuir a elas uma prioridade e selecionar a mais importante para processamento imediato enquanto armazena as outras até que elas também possam ser processadas. Ao mesmo tempo o computador pode controlar e dirigir o sistema instalado garantindo uma correta operação.

2.4.6. CONTROLE DE RUÍDO^{25,26,38}

Um programa efetivo de proteção à saúde e bem estar públicos, com relação ao ruído dos aviões necessita usar as seguintes opções de controle do ruído tomadas juntas como um sistema :

- . controle na fonte
- . controle de rotas
- . controle nos Aeroportos
- . controle dos usos do solo

2.4.6.1. CONTROLE NA FONTE

Consiste na aplicação de princípios básicos de projeto ou uso de peças especiais na combinação motor/carcação do avião, o qual minimiza a geração e propagação do ruído.

Em geral, a abordagem primária para diminuição de ruído é atender o "Controle de Fonte" de tal forma que o avião possa ser aceito para operar em qualquer Aeroporto.

As opções de controle de rotas e nos Aeroportos terão o segundo e terceiro lugar respectivamente.

Em teoria o ruído dos aviões pode ser controlado extensivamente na fonte por implementação maciça da tecnologia disponível.

Na prática, porém, a capacidade tecnológica atual para controle completo sem custos exorbitantes ainda não é

factível.

Na Figura 15 temos que:

- . A substituição da frota aérea é incluída como o limite superior para avaliações econômicas da atual tecnologia.
- . São opções intermediárias o uso de material de absorção sonora (SAM) e material de absorção sonora mais redutor do ruído do jato de escape (SAM + JNR) desenvolvidos para a Força Aérea Norteamericana pelas firmas Boeing e McDonnell Douglas.
- . As opções "REFAN" representam a modificação do motor do ventilador e tecnologia do bojo desenvolvidas para a N.A.S.A pela Pratt e Whitney, Boeing e McDonnell Douglas.
- . As opções "RE-ENGINE" consideram o "motor silencioso desenvolvido para a N.A.S.A pela General Electric com e sem o SAM desenvolvido pela Boeing; esta opção inclui a substituição dos turbojatos por motores turboventiladores, especialmente para a categoria dos jatos comerciais.

2.4.6.2. CONTROLE DE ROTAS

Consiste na aplicação de procedimentos de voo que minimizam a geração e propagação do ruído.

Em muitos casos é uma opção efetiva para uma substancial redução do ruído de aviões. Além disto, tem a vantagem de que seus resultados são aditivos aos obtidos pelo controle na fonte. Porém, os procedimentos especiais de voo são limitados pela necessidade de manter o mais alto grau de segurança.

Algumas das opções mais sofisticadas do controle de rotas precisam da instalação de equipamentos eletrônicos para guia no Aeroporto (responsabilidade do Aeroporto) e equipamento compatível no avião (responsabilidade do operador) para manter um alto grau de segurança.

2.4.6.3. CONTROLE NOS AEROPORTOS

Consiste na aplicação de restrições sobre o tipo e o uso dos aviões no Aeroporto.

Estas opções são geralmente responsabilidade do operador do Aeroporto com algumas exceções que podem ser determinadas pelas autoridades competentes (i.e. uso preferencial de pistas, acordos bilaterais, requisitos do comércio interestadual).

Na planificação de um Programa de Controle de ruído em Aeroportos deve ter-se em conta que cada Aeroporto é um caso único, avaliando e selecionando as opções que poderiam dar o melhor resultado no Aeroporto estudado. Isto porque uma opção específica que foi efetiva no Aeroporto A não significa que seja igualmente efetiva no Aeroporto B.

O responsável pelo Aeroporto tem um papel chave no desenvolvimento e implementação da estratégia de controle pois é o mais ligado ao problema, com o melhor entendimento das condições locais, necessidades, requisitos de carga aérea e outros usos de suas instalações.

No desenvolvimento de um Plano de Controle de ruído num Aeroporto, seu responsável pode considerar as seguintes categorias de opções :

- . ações que pode implementar diretamente:
 - . localização das áreas de teste
 - . hora e tempo em que pode fazer-se os testes de turbinas
 - . estabelecimento de tarifas de aterragem baseadas nas características do ruído emitido ou hora do dia.
- . ações que pode implementar diretamente (se ele tem autoridade) ou propor às autoridades locais apropriadas :
 - . planejamento e controle do uso da terra adjacente ao Aeroporto, por zoneamento ou outros controles do uso dela.

- . Estabelecer códigos de construção para vivendas e edifícios, nos arredores de Aeroportos, para que tenham isolamento sonoro adequado e
- . Exigir que os compradores ou futuros residentes de áreas vizinhas ao Aeroporto, sejam informados das condições reais do ruído nessa zona.
- . Ações que pode implementar diretamente, em conjunção com outras autoridades locais e com assistência do Governo quando apropriado.
 - . adquirir as terras vizinhas ao Aeroporto assegurando seu uso para propósitos compatíveis com as operações do Aeroporto.
 - . adquirir equipamentos de supressão do ruído, construção de barreiras físicas e sistemas paisagísticos para reduzir o impacto do ruído dos aviões.
 - . fazer modificações no Aeroporto, tais como pistas novas ou ampliação das existentes, que possam deslocar o ruído para longe de áreas povoadas ou reduzir o impacto do ruído nelas.
- . Ações que pode propor às autoridades pertinentes, para prover o Aeroporto com procedimentos operacionais de controle de ruído:
 - . um sistema de uso preferencial das pistas.
 - . aterragem preferencial e rotas especiais de subida
 - . um sistema prioritário de uso das pistas
 - . um sistema rotacional de uso das pistas
 - . procedimentos operacionais de voo, tais como, redução de impulso, subida máxima na decolagem, etc.
 - . declives maiores no ângulo de descida na aproximação
 - . deslocamento dos limites da pista
- . Ações que pode estabelecer, depois de dar oportunidade para

revisar e opinar sobre elas aos usuários do Aeroporto, público em geral e Força Aérea:

- . restrições sobre o uso do Aeroporto ou operações, num particular período de tempo ou por tipo de avião, tais como: limitar o número de operações por dia ou ano, proibir operações em horas determinadas, proibir a operação de uma classe ou tipo particular de avião.
- . qualquer combinação das anteriores.
- . Ações que pode propor às Companhias de Aviação:
 - . mudança de operações a Aeroportos vizinhos
 - . mudança de horário das operações por tipo de avião ou hora do dia.

2.4.6.4. CONTROLE DOS USOS DO SOLO

Consiste em desenvolver ou modificar os arredores do Aeroporto para um máximo de uso compatível com o ruído, com o qual será possível prevenir ou remover desenvolvimentos sensíveis ao ruído próximo do Aeroporto.

Se depois de aplicar os controles anteriores, o ruído ainda se constituir num problema, provavelmente a única solução remanescente é o uso compatível do solo.

As opções de controle do uso do solo apresentadas na Figura 15 são mais facilmente aplicáveis no desenvolvimento de novos Aeroportos do que como medidas terapêuticas para comunidades impactadas pelo ruído de Aeroportos existentes.

Neste último caso, os custos deste tipo de controle são tão altos que é preferível fazer um esforço máximo para implementar as opções de controle na fonte, rota e Aeroportos, tomadas juntas como um sistema.

2.4.6.5. UTILIZAÇÃO DAS OPÇÕES DE CONTROLE DO RUÍDO

O diagrama da Figura 16 representa a proteção, à saúde pública e bem estar da população com relação ao ruído de aviões, fornecida pelas quatro opções de controle anteriores.

Os métodos para utilização destas opções são designados como : serviço público, incentivos e regulamentos.

Todos eles são aplicáveis a fabricantes do motor e fuselagem dos aviões, aos operadores e empresários das Companhias de aviação e também aos operadores do Aeroporto e jurisdições políticas das comunidades vizinhas ao Aeroporto.

O serviço público, como método para utilização de controle do ruído implica em que o Governo e seu corpo administrativo aceitem o conceito de que a comunidade convivente com a aviação, precisa proteção ambiental e deve estar disposto a um esforço voluntário com este fim. O serviço público também implica que a comunidade, grupos de cidadãos, ambientalistas e demais indivíduos aceitem que a aviação é um bem nacional e que o bem estar deles depende em um grau considerável de um sistema viável de aviação nacional.

. Incentivos, como métodos para utilização do controle do ruído, inclui as idéias usuais de competição, taxas de auxílio, incremento de tarifas, empréstimos a juros baixos, etc., os quais devem depender de algum tipo de suporte governamental, geralmente de natureza implícita.

Neste caso o termo "suporte governamental" significa uma assistência mais direta ou explícita tal como: projeto, desenvolvimento e instalações de orientação, vigilância e equipamento navegacional necessário para implementar a segurança dos procedimentos operacionais de abatimento do ruído.

Também o Governo poderia manter um alto nível de suporte contínuo para desenvolvimento e pesquisa de técnicas de diminuição do ruído de aeronaves.

. Regulamentação, como técnica para utilizar as possibilidades de controle do ruído é provavelmente a mais efetiva das três apresentadas. Porém, as normas devem ser desenvolvidas cuidadosamente para garantir que as opções de controle do ruído tenham o grau mais alto de segurança e sejam economicamente razoáveis em sua instalação e aplicação.

2.4.7. IMPACTO DO RUÍDO NAS PESSOAS.³⁸

O ruído dos aviões provoca distúrbios nas atividades normais dos vizinhos aos Aeroportos, sua conversação, sono, relax, e degrada sua qualidade de vida.

Dependendo do uso do solo adjacente ao Aeroporto, o ruído pode afetar também a educação, serviços de saúde e outras atividades públicas.

A tarefa de quantificar o impacto ambiental do ruído associado com qualquer fonte dele, requer a aplicação de estatísticas e médias. Isto é, necessário porque a reação subjetiva individual ao ruído de aviões varia consideravelmente segundo as pessoas e situações.

2.4.7.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOM QUE INFLUEM NA PERCEPÇÃO DO INCÔMODO.

A percepção humana de audibilidade e incômodos causados por qualquer som, depende das seguintes características físicas mensuráveis do som:

. Intensidade

Um incremento de 10 dB na intensidade produz uma duplicação da audibilidade percebida ou do incômodo causado por um ruído.

. Distribuição de frequências

Sons com concentração de energia entre 2000 e 8000 Hertz são percebidos como mais ruidosos que sons de igual nível de pressão sonora fora desta faixa de frequência.

. Duração

A audibilidade percebida de um som incrementa-se com sua duração. Um fator de 10 no incremento da duração produz uma mudança grosseiramente equivalente a 10 dB ou um fator de dois no incremento dos incômodos.

. Mudanças no nível de pressão sonora

Sons incrementados no seu nível de pressão são considerados mais ruidosos que aqueles decrescendo em nível.

. Taxa de incremento do nível de pressão sonora

Sons impulsivos, alguns alcançando um pico alto muito abruptamente, são percebidos geralmente como muitos ruidosos.

2.4.7.2. FATORES EMOCIONAIS QUE INFLUENCIAM A RESPOSTA INDIVIDUAL AO RUÍDO.

Pesquisas em psico-acústica revelaram que as atitudes individuais, valores e crenças religiosas podem ter muita influência no grau a que uma pessoa considera um som como incômodo chegando à conclusão que a resposta emocional conjunta de um indivíduo depende de:

. sentimentos sobre a necessidade ou preventividade do ruído. Se as pessoas percebem que suas necessidades ou interesses são ignorados, provavelmente, demonstrarão hostilidade ao ruído. Em vez, se consideram que os causadores do ruído estão cuidando seu bem estar e fazendo o possível para atenuar o ruído, as pessoas são mais tolerantes e aceitam níveis mais altos de ruído.

. Julgamento, da importância e valor primário, da atividade

produtora do ruído.

- . atividade desenvolvida no momento de escutar o ruído e perturbação experimentada como resultado da intrusão do ruído.

Uma pessoa dormindo ou descansando é mais facilmente interrompida pelo ruído que se está falando ou em atividades de lazer.

- . atitude sobre o ambiente: a existência de características indesejáveis num ambiente residencial terá influência no modo em que a pessoa reage a uma particular intrusão.

- . crenças referentes ao efeito do ruído sobre a saúde

- . sensibilidade geral ao ruído. As pessoas variam em sua capacidade de escutar um som, predisposição fisiológica e sua experiência emocional do incômodo de um ruído.

- . sentimentos de medo associados com o ruído.

2.4.7.3. FATORES FÍSICOS QUE INFLUENCIAM A RESPOSTA INDIVIDUAL AO RUÍDO.

Pesquisadores tem identificado fatores físicos que também influenciam a forma pela qual uma pessoa pode reagir ao ruído. Estes fatores incluem:

- . Tipo de vizinhança

- . incômodos e queixas associadas com exposição ao ruído são maiores nas áreas rurais, seguindo em ordem decrescente, as áreas suburbanas e urbanas residenciais e logo áreas comerciais e industriais.

- . Hora do dia

- . as intrusões de ruído são consideradas mais incômodas a noite que durante o dia

- . Estação do ano

- . o ruído é considerado mais incômodo no verão que no inverno. Isto é compreensível pois no verão as janelas estão

provavelmente abertas e são realizadas atividades de la
zer ao ar livre.

. Predecibilidade do ruído

- . pesquisas demonstraram que pessoas expostas a ruídos im
predecíveis tem menor tolerância ao ruído que aquelas ex
postas a ruídos predecíveis.

. Controle sobre a fonte de ruído

- . a pessoa que não tem controle sobre a fonte de ruído é
mais incomodada que aquela capaz de exercer algum contro
le.

. Período de tempo no qual o indivíduo fica exposto ao ruído

- . há poucas evidências suportando o argumento de que o in
cômodo produzido pelo ruído diminui com a exposição con
tinuada, porém, em base a algumas circunstâncias, o incô
modo pode aumentar quanto mais tempo o indivíduo é expos
to ao ruído.

2.4.7.4. QUANTIFICAÇÃO DA RESPOSTA HUMANA AO RUÍDO.

CRITÉRIOS EXISTENTES.

A variabilidade inerente às reações individuais torna impossível prever com certeza qual será a resposta de uma pessoa qualquer a um ruído específico.

Porém, considerando a comunidade como um conjunto, surge a tendência de relacionar ruído a incômodo. Deste no
do, é possível correlacionar qualquer um dos índices de ruí
do existentes, com o incômodo causado na comunidade, sendo
que, o índice representará a resposta média da comunidade aos
incômodos.

Para fazer a avaliação dos valores que possam ob
ter-se nas medições, é preciso conhecer os critérios existen

interpretações de estudos similares já desenvolvidos.

É para auxiliar nesta tarefa que são apresentadas a seguir os resultados de pesquisas representativas da correlação entre incômodo e exposição ao ruído, assim como alguns dos critérios de avaliação existentes.

As Tabelas correspondentes a cada um dos estudos mencionados, encontram-se dentro do Capítulo Três deste Trabalho.

. Como resultado de numerosos levantamentos sociais conduzidos nos principais Aeroportos de vários países, foram derivadas as curvas mostradas na Figura 18, relacionando grau de incômodo e percentagem da população afetada com exposição ao ruído expressada em unidades NEF³⁸.

. Um levantamento conduzido nos países Baixos, investigou a relação entre o CNR e a percentagem de pessoas entrevistadas que experimentaram medo, interrupção da conversação, sono ou trabalho. Na Figura 19 é mostrada uma conversão aproximada a NEF dos resultados encontrados.

. Em 1960 o "Wilson Committee" foi designado pelo Governo Britânico para investigar a natureza, fontes e efeitos do problema do ruído. O relatório final publicado em 1963 deu os resultados de um exame profundo da resposta da comunidade às operações de aviões no Aeroporto Heathrow de Londres.

A Figura 20 adaptada deste relatório, apresenta a conexão entre ruído e NEF, e percentagem de população perturbada em suas atividades incluindo sono, relaxamento, conversação e recreação. Também são incluídas as categorias de incômodos para medo e vibração da casa.

A Agência de Proteção Ambiental Americana (U.S. EPA) forneceu³⁹ a relação entre a percentagem de população altamente incomodada e o índice diuturno de ruído (Ldn). Estes são apresenta

dos na Figura 21 juntamente com a conexão entre incômodos ,
queixas e reação da comunidade.

Na Figura 22 da mesma fonte é descrita a relação entre inter
ferência na conversação e níveis do Ldn. Pode-se observar
que no intervalo NEF 30 a NEF 40 há um incremento da interfe
rência na conversação ao ar livre de cerca a 90%. A interfe
rência no interior dos prédios só começa a aparecer depois
que o nível NEF 35 é alcançado.

. Uma pesquisa¹⁰ das possíveis atitudes produzidas por ruído
irritante em áreas residenciais permitiu desenvolver a curva
da Figura 23. Os resultados originais foram em termos de
CNR, mas a figura é expressa em NEF, baseados na conversão
aproximada de CNR a NEF segundo o apresentado na Figura 13.
A Figura 23 também mostra a percentagem de população avalia
do o ruído, associada com um dado nível NEF, como aceitável
ou inaceitável.

. Com dados da Tabela 34 pode comparar-se o nível sonoro
(dBA, EPNdB, PNdB) associado à operação individual de um avio
ão com os níveis sonoros próprios de eventos da vida diária.

. A Tabela 35 resume a conexão entre indicadores de incômodos
na comunidade e vários índices acumulativos de ruído.

. O Departamento de Vivenda e Desenvolvimento Urbano (HUD)
dos Estados Unidos tem publicado "Padrões" de controle para
abatimento do ruído para promover a utilização da terra den
tro dos padrões para residências e outras necessidades Muni
cipais. Estes padrões são dirigidos a separar fontes incon
troláveis de ruído, de áreas residenciais e outras áreas sen
síveis ao ruído. O critério HUD para desenvolvimento de
construções residenciais é exposto na Tabela 36.

. A Agência de Proteção Ambiental Americana (U.S. EPA) também
identificou os níveis de ruído considerados requisito para

proteger a saúde e o bem estar com uma adequada margem de segurança²⁴. A Tabela 38 resume os resultados EPA em termos de Ldn ($Ldn = NEF + 35$)

. A queixa principal em relação ao ruído de aviões é sua interferência com a conversação²⁴.

Este efeito tem sido confirmado em numerosos estudos de dados de queixas do ruído.

A Figura 24 mostra a relação entre a separação orador-ouvinte e o nível sonoro do ambiente necessário para boa comunicação verbal a vários níveis de ruído.

. A administração de Segurança Ocupacional e Saúde do Departamento de Trabalho Americano estabeleceu padrões de ruído para proteger a saúde e segurança de trabalhadores industriais.

Na Tabela 41 são apresentados os tempos permissíveis de exposição ao ruído para níveis sonoros de 90 dBA e maiores.

. A Agência de Proteção Ambiental Americana (U.S. EPA) tem estabelecido 85 dBA como o nível a não ser excedido quando um indivíduo é exposto ao ruído para um dia de trabalho de oito horas.

As estruturas das construções geralmente fornecem 15 a 20 dB de atenuação. Consequentemente o nível de ruído interior produzido pelos contornos 100 EPNdB (85 dBA) poderão estar no intervalo de 65 a 70 dBA. A este nível de ruído não existe interferência na comunicação normal a uma distância de 3 pés; a oito pés será necessário elevar a voz.

2.4.7.5. OUTROS EFEITOS DO RUÍDO SOBRE AS PESSOAS

Longa exposição continuada ao ruído pode produzir perda auditiva permanente, mas por enquanto este processo não é bem entendido, pois ainda não é conhecida a relação

exata entre tempo de exposição e quantidade de energia do ruído.

Além disso, a soma total de perda auditiva produzida por exposição ao ruído depende de variáveis tais como : tipo de exposição e seu grau de intermitência, a susceptibilidade da pessoa exposta, a duração total da exposição e a possível fadiga auditiva induzida pela exposição total em termos de tipo, grau e duração.

É importante enfatizar que ainda está em debate pelos pesquisadores, se o ruído pode causar danos de natureza não auditiva na saúde.

Foi reportado³⁸ que o ruído causa vasoconstricção, flutuações na pressão sanguínea e alterações de algumas propriedades funcionais do músculo cardíaco. Vasoconstricção das pequenas artérias das extremidades ocorre em exposições a ruído de nível moderado (cerca de 70 dB) efeito que pode aumentar progressivamente com a intensidade do ruído.

Em doenças tais como ansiedades, úlceras duodenais e outras doenças por tensão mental, o efeito deletério aditivo do ruído é real e imediato².

N. W. Skatalou, um cientista russo que estudou a ação do ruído em 589 trabalhadores industriais, encontrou efeitos do ruído sobre o sistema cardiovascular variando com o tipo de exposição. Ruído uniforme ou contínuo resultou em "tensão arterial e redução na resistência periférica". Por outro lado, o ruído intermitente causou "hipertensão, aumento da pressão arterial e frequentes espamos capilares".

2.5. OUTROS PROBLEMAS GERADOS PELA INSTALAÇÃO DE AEROPORTOS

Sob o ponto de vista de proteção ambiental, um Aeroporto pode ser considerado como uma fonte de ruído, de resíduos

sólidos e poluição do ar e água. Em adição, um Aeroporto é responsável pelo consumo de quantidades significativas de energia (elétrica e combustíveis) que resulta em uma descarga de quantidades consideráveis de perdas de calor e poluição do ar. As principais fontes diretas de ruído e poluição do ar são os próprios aviões, porém o fato de que um Aeroporto, é servido por rodovias principais de acesso e incorpora facilidades para estacionamento e manutenção de motores dos veículos, torna-os também uma fonte significativa.

O impacto indireto induzido é grande, pois o Aeroporto proporciona um ponto focal, para a concentração de atividades comerciais e industriais que de outro modo não estariam presentes, que atua direta e indiretamente nos recursos naturais e culturais da área.

No Capítulo 3 será apresentado em detalhe cada um dos prováveis impactos e a forma de avaliá-los.

2.6. ASPECTOS QUE DEVEM CONSIDERAR-SE NOS ESTUDOS DO IMPACTO AMBIENTAL DA INSTALAÇÃO DE AEROPORTOS^{40,41}

2.6.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O estudo deve considerar os dados necessários para documentar os seguintes tipos de informação:

- . o impacto primário, secundário e acumulativo do projeto sobre seu meio ambiente.
- . uma definição clara do grau do impacto, que possa servir como guia nas decisões administrativas.
- . propostas para medidas de proteção, e avaliação de ações alternativas que possam atenuar o impacto sobre o ambiente.

O relatório do estudo deve ser compreensível ao leitor leigo, redigido da maneira mais concisa possível e

organizado com a intenção de adicionar seções no desenvolvimento progressivo da avaliação do impacto ambiental.

As conclusões ambientais devem ser suportadas por referência apropriada a estudos correlatos, fontes de dados ou outras informações consideradas no preparo.

Como regra geral o corpo do relatório pode incluir um curto sumário dos dados suporte, mas não deve ter análises muito técnicas ou excesso de detalhes, as que poderão ser apresentadas em anexos ou serem referenciadas como literatura suporte da avaliação ambiental.

Os gráficos devem ser claros, fáceis de ler e compreender, quando são usados dentro de seções específicas, eles devem ser apresentados, explicados e interpretados no texto.

2.6.2. DESCRIÇÃO DO PROJETO ANALISADO

Ao descrever o projeto deve-se começar com uma boa narração da ação proposta, das partes principais do projeto e uma descrição do ambiente da área afetada incluindo, no mínimo o seguinte:

- . mapa de localização, com a relação entre o projeto e as áreas de serviço primário, principais centros populacionais, jurisdição política local e esquema de estradas.
- . mapa dos arredores, com a zona do projeto e lugares imediatos. Este mapa poderia indicar: estradas, usos principais da terra e características topográficas e físicas.
- . esquema do plano (lay-out), localizando todos os elementos componentes do projeto dentro do Aeroporto existente em planejado. Nesta seção pode-se incluir os seguintes itens:
 - . descrição concisa do projeto, propósito e ações futuras, incluindo facilidades de instalação e procedimentos de

ação.

- . usos da terra existente e planejados; zoneamento na área Aeroporto-comunidade, incluindo as áreas afetadas: residências, parques públicos, vida silvestre e refúgios de aves aquáticas, áreas de lazer e lugares históricos.
- . distância a : escolas, lugares de reunião pública, hospitais, áreas comerciais e jurisdições políticas vizinhas afetadas pelo desenvolvimento do projeto.
- . atividades estatais, ou auxiliadas pelo Estado, relacionadas com o projeto (isto é, estradas e outros projetos de transporte, desenvolvimento e realocização de vivendas, etc.); incluindo uma descrição da interrelação e impacto ambiental acumulativo de todos os projetos estatais correlatos, nas fases de planejamento e desenvolvimento.
- . população, taxas de crescimento e atividades planejadas e assumidas, determinação de impactos secundários e justificação do projeto.
- . resumo indicando se o projeto concorda ou discorda dos objetivos e termos específicos de planos federais, estaduais, regionais ou locais, aprovados ou propostos; regulamento e medidas de controle incluindo planos do uso da terra na área afetada.

Todo esforço para reconciliar qualquer conflito deve ser descrito e documentado.

2.6.3. INFORMAÇÃO BACKGROUND

Com o objetivo de ajudar as autoridades revisoras na apreciação de circunstâncias referentes à ação proposta, devem ser considerados itens, tais como : corpo das ações, reação da comunidade ou qualquer outro fator único associado

com o projeto.

2.6.4. IMPACTOS PROVÁVEIS

Basicamente no estudo do impacto ambiental deve-se avaliar os impactos prováveis da ação proposta, no homem e o ambiente natural.

As análises devem considerar impactos benéficos e adversos, tanto quanto, impactos diretos e indiretos, e especificar as ações a serem tomadas para minimizar os efeitos adversos que não podem ser evitados. Na discussão de cada um dos impactos, é importante a descrição das condições atuais, para que as consequências previstas possam ser avaliadas e compreendidas em relação à situação existente.

2.6.5. AÇÕES PARA MINIMIZAR OS EFEITOS ADVERSOS INEVITÁVEIS.

Na discussão de cada impacto serão incluídas as medidas para minimizar os efeitos ambientais adversos que não podem ser evitados. O relatório terá um resumo destas medidas.

2.6.6. ALTERNATIVAS

No estudo deve avaliar-se ampla e objetivamente o impacto ambiental de todas as alternativas razoáveis do projeto, particularmente aquelas que poderiam atenuar os impactos ambientais. A análise dos benefícios ambientais, custos e riscos deve ser suficiente para mostrar se a alternativa poderia melhorar a qualidade ambiental ou ser prejudicial. A alternativa de não agir ou pospor a ação até realizar estudos adicionais deve ser suportada por um exame detalhado da necessidade para o projeto e as consequências de não agir.

2.6.7. AFINIDADE ENTRE OS USOS E CURTO PRAZO DO AMBIENTE E A MANUTENÇÃO E AUMENTO DA PRODUTIVIDADE A LONGO PRAZO

Deve-se examinar o grau até o qual a ação proposta envolve intercâmbios entre melhoras do ambiente a curto prazo, a custo de perdas a longo prazo, e melhoras a longo prazo a custo de perdas a curto prazo, assim como a magnitude na qual o projeto poderia impossibilitar opções futuras.

2.6.8. COMPROMETIMENTO (LIMITAÇÃO) IRREVERSÍVEL OU IRRECUPERÁVEL DE RECURSOS

No estudo deve-se considerar a extensão na qual a ação proposta poderia reduzir irreversível e irrecuperavelmente o conjunto de usos benéficos do ambiente, incluindo tanto recursos naturais como culturais.

Se um projeto envolve fontes ou tipos de materiais novos, limitados ou não usuais, fazer uma estimativa quantitativa e descrição deles. Normalmente trabalho e materiais necessários para executar um projeto não reduzem significativamente o conjunto de usos benéficos do ambiente.

2.6.9. SUMÁRIO DOS IMPACTOS

É recomendável, em especial no estudo de projetos complexos, incluir no fim do relatório do estudo, um resumo das conclusões e pontos mais significantes desenvolvidos nele.

3. RESULTADOS

Embora não seja um resultado como tradicionalmente apresentado em dissertações, mas considerando o objetivo eminentemente prático deste trabalho, qual é fornecer uma metodologia para efetuar a avaliação do Impacto Ambiental produzido pela instalação ou ampliação de um Aeroporto; apresenta-se neste Capítulo :

- . uma coletânea de Tabelas e Gráficos, que podem servir de orientação ou serem usados no desenvolvimento da avaliação
- . e uma guia que fornece uma metodologia que pode seguir-se para efetuar a análise do impacto produzido, pelo Aeroporto, nas diferentes áreas.

3.1. COLETÂNEA DE TABELAS E GRÁFICOS

TABELA Nº 3

TIPOS DE AVIÕES EM SERVIÇO NAS COMPANHIAS DE AVIAÇÃO

FABRICANTE	TIPO	DATA DE ENTRADA EM SERVIÇO	POTÊNCIA TOTAL	ENVERGADURA - M.	COMPRIMENTO - M.	PESO MÁXIMO DE DECOLAGEM Kg.	DISTÂNCIA DE DECOLAGEM (M.)
Airspeed	Amstador	1946	5.400 HP	35,00	24,79	24.494	1.645 (1)
Antonov	AN-10	1963	5.040 HP	29,20	23,53	21.000	1.130
B.A.C.	WF 10-1.100	1964	38.200 HP	44,55	44,16	141.520	2.525
B.A.C.	One-Liever 700	1963	9.444 HP	26,97	28,50	35.608	2.085 (1)
B.A.C.	One-Liever 300	1963	10.342 HP	26,97	28,50	39.463	2.432 (1)
B.A.C.	One-Liever 400	1965	11.342 HP	26,97	28,50	39.463	2.377 (1)
B.A.C.	One-Liever 500	1968	11.384 HP	26,97	28,50	44.452	2.530 (1)
Boeing	Super H-16	1962	900 HP	15,14	10,70	4.490	1.260 (1)
Boeing	707-120	1959	24.450 HP	39,87	44,04	116.575	3.215 (1)
Boeing	707-120B	1961	20.872 HP	39,87	44,04	116.575	2.270 (1)
Boeing	707-220	1959	28.608 HP	39,87	44,04	112.037	2.505 (1)
Boeing	707-320	1962	32.600 HP	43,41	46,61	141.500	3.245 (1)
Boeing	707-320B	1962	32.600 HP	43,41	46,61	146.325	3.155 (1)
Boeing	707-420	1960	31.780 HP	43,41	46,61	141.520	3.245 (1)
Boeing	720	1960	22.680 HP	39,87	41,68	103.870	2.855 (1)
Boeing	720B	1961	22.680 HP	39,87	41,68	106.140	1.565
Boeing	717-100C	1964	19.050 HP	32,92	40,59	72.575	2.210
Boeing	727-200	1967	15.050 HP	32,92	46,69	76.555	2.640
Boeing	737-100	1965	12.700 HP	28,65	27,61	44.000	1.750
Boeing	737-200	1967	13.110 HP	30,48	29,54	48.535	2.465
Boeing	747	1970	78.920 HP	59,04	70,51	322.050	2.750
Boeing	733-SST	1972	108.860 HP	53,08	96,93	306.180	1.757
Breguet	763-Doux Ponts	1952	9.600 HP	42,99	28,95	50.000	1.960 (1)
Breguet	941	1955	5.000 HP	23,40	23,75	26.500	3.000 (2)
Canadair	Canadair-4	1948	7.040 HP	35,80	28,50	37.300	2.720 (1)
C.A.S.A.	C-212 Aviocar	Em estudo	1.304 HP	15,00	15,15	6.000	565 (1)
Convair	CV-240	1947	5.500 HP	27,98	22,77	18.900	1.330 (1)
Convair	CV-340	1952	5.600 HP	32,12	24,14	21.320	1.370 (1)
Convair	CV-440 MET	1955	3.600 HP	32,12	24,14	21.770	1.525 (1)
Convair	600	1965	6.050 HP	27,98	22,77	20.955	1.419
Convair	640	1965	6.050 HP	32,12	24,14	24.950	1.598
Convair	880	1959	20.320 HP	36,58	39,42	92.344	1.829
Convair	990 Coronado	1962	29.200 HP	36,58	42,50	115.668	1.648
Dassault	Fan-Jet Falcon	1963	3.860 HP	16,30	17,25	12.300	1.175 (1)
Dassault	Falcon 10	1965	3.810 HP	15,40	17,25	11.600	1.067
De Havilland	Dove	1947	690 HP	17,40	12,00	3.855	995 (1)
De Havilland	Heron	1950	1.000 HP	21,80	14,80	6.124	1.145 (1)
De Havilland	DHC-44 Caribou	1960	2.900 HP	29,15	22,33	12.928	361 (2)
De Havilland	DHC-5 Buffalo	1967	5.700 HP	29,26	23,57	18.598	470 (2)
De Havilland	DHC-6 Twin Otter	1966	1.158 HP	19,81	15,09	5.252	579 (2)
Lorner	SKY Servant	1967	760 HP	15,50	11,40	3.650	348 (2)
Douglas	DC-3	1936	2.400 HP	28,95	19,62	11.430	1.395 (1)
Douglas	DC-4	1947	4.200 HP	35,80	28,60	33.142	1.550 (1)
Douglas	DC-6	1949	7.600 HP	35,81	37,20	42.200	1.650 (1)
Douglas	DC-6B	1955	9.600 HP	35,81	33,24	46.125	1.930 (1)
Douglas	DC-7	1953	13.000 HP	35,81	33,52	55.429	1.845 (1)
Douglas	DC-7B	1954	13.400 HP	35,81	32,52	57.000	1.660 (1)
Douglas	DC-7C	1956	12.600 HP	38,86	34,24	64.700	1.540 (1)
Douglas	DC-8-10	1959	24.496 HP	43,41	45,87	123.830	2.860
Douglas	DC-8-20	1960	28.688 HP	43,41	45,87	125.196	2.510
Douglas	DC-8-30	1960	30.480 HP	43,41	45,87	142.880	3.020
Douglas	DC-8-40	1960	31.780 HP	43,41	45,87	142.880	2.940
Douglas	DC-8-50	1961	30.872 HP	43,41	45,87	147.415	3.220
Douglas	DC-8-61	1967	32.688 HP	43,41	57,12	147.415	3.042
Douglas	DC-8-62	1967	32.688 HP	45,23	47,98	151.950	2.980
Douglas	DC-8-63	1967	32.688 HP	45,23	57,12	158.760	3.505
Douglas	DC-9-10	1965	11.112 HP	27,25	31,82	36.245	1.615
Douglas	DC-9-20	1965	13.150 HP	28,47	31,82	44.450	1.750
Douglas	DC-9-30	1967	12.700 HP	28,47	36,37	44.450	2.075
Douglas	DC-9-40	1968	13.150 HP	28,47	38,28	51.710	2.462
Douglas	DC-10-SST	1971	53.745 HP	47,35	54,76	185.972	2.425
Fairchild-Hiller	F-27	1958	4.500 HP	23,00	23,50	17.870	1.250
Fairchild-Hiller	F-27J	1955	4.500 HP	23,00	23,50	19.051	1.585
Fairchild-Hiller	227	1965	4.500 HP	23,00	25,50	19.732	1.661
Fokker	F-27-Fried ship	1958	4.100 HP	23,00	23,50	19.730	1.730
Fokker	F-27-Fellowship	1968	6.936 HP	23,58	27,36	25.710	1.220
Grunman	Gulfstream	1967	10.342 HP	20,98	24,36	26.081	1.240
Handley Page	Hermes-4	1946	7.800 HP	36,46	29,53	39.100	1.725 (1)
Handley Page	H-1A-7-Herald	1959	4.230 HP	25,88	21,92	19.500	873
Hawker Siddeley	Trident 1	1954	13.404 HP	27,38	34,98	52.163	1.938
Hawker Siddeley	Trident 1E	1965	15.510 HP	28,96	34,98	61.462	1.920
Hawker Siddeley	Trident 2E	1968	16.233 HP	29,67	34,58	65.090	1.950
Hyusnin	IL-62	1967	30.000 HP	43,30	53,12	157.500	2.960 (1)
Lockheed	Super 1049 G	1955	13.000 HP	37,43	34,65	62.300	1.970 (1)
Lockheed	Super 1649 A	1957	13.200 HP	45,60	35,40	72.500	1.905 (1)
Lockheed	Jet Start	1965	6.000 HP	16,36	18,41	17.513	1.610
Lockheed	L-1011	1971	53.245 HP	47,35	54,00	185.520	2.645
Lockheed	2.000 SST	1971	108.800 HP	35,36	83,21	249.475	2.484
Lockheed	L-500	-	67.480 HP	67,80	75,50	376.935	-
Martin	202	1947	3.600 HP	28,44	21,75	18.115	1.070 (1)
Martin	202 A	1947	3.600 HP	28,44	21,75	19.800	1.220 (1)
Martin	404	1951	4.800 HP	28,44	22,75	19.500	1.120 (1)
Nord	262	1964	2.130 HP	21,90	19,20	10.400	1.170
Potez	842	1965	2.560 HP	13,60	15,89	8.900	960 (1)
SAAB	90-A-2 Scania	1945	2.900 HP	28,00	21,30	16.500	1.305 (1)
Scottish-Aviat	Twin Pioneer	1955	1.700 HP	23,33	13,80	6.620	590 (1)
Short	SC-5 Skyvan	1963	1.430 HP	13,53	12,21	5.670	466 (2)
Sud-Aviation	Caravelle III	1960	10.340 HP	34,30	32,01	46.000	1.820
Sud-Aviation	Caravelle VI-N	1961	11.070 HP	34,30	32,01	48.000	1.950
Sud-Aviation	Caravelle VI-R	1961	11.450 HP	34,30	32,01	50.000	2.073
Sud-Aviation	Caravelle 10 R	1965	12.700 HP	34,30	32,01	52.000	1.950
Sud-Aviation	Caravelle 11 R	1967	12.700 HP	34,30	32,71	52.000	1.950 (1)
Sud-Aviation	Super Caravelle	1964	12.700 HP	34,30	33,01	52.000	2.090 (1)
Sud-Aviation/BAC	Concorde	1973	69.200 HP	25,60	58,84	166.490	2.860
Sud-Est	SE-101 Langedoc	1947	4.080 HP	29,39	24,26	23.300	1.400 (1)
Sud-Est	SE-1010 Armignac	1950	14.000 HP	48,95	39,60	75.000	1.860 (1)
Sud-Ouest	SO-100 Bretagne	1949	4.000 HP	26,50	18,95	19.500	1.600 (1)
Tupolev	TU-134	1967	52.000 HP	29,60	35,00	44.000	1.860 (1)
Tupolev	TU-144 SST	1969	13.600 HP	24,70	55,00	150.000	-
Vickers	Viking	1945	3.100 HP	27,20	19,86	15.400	1.455 (1)
Vickers	Vanguard 950	1955	18.000 HP	35,96	37,58	63.956	1.500
Vickers	Viscount 745	1957	5.000 HP	28,50	24,93	29.257	1.609
Vickers	Viscount 812	1959	7.200 HP	28,50	24,93	29.257	1.807

* Com carga máxima na decolagem, a nível do mar, atmosfera standard, vento e penderes de pista nulas.

(1) Comprimento básico de pista convencional nas mesmas condições

(2) Avioes Stel

TABELA 4. ESQUEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE AVIÕES

CLASSE DE AVIÃO	AVIÃO REPRESENTATIVO	MOTORES P. AVIÃO	MOTOR COMUMMENTE USADO
JUMBO	BOEING 747 LOCKHEED L-1011 MC DONALD DOUGLAS DC-10	4 3 3	PRATT & WHITNEY JT-9D
TURBO JATO DE GRANDE ALCANCE	BOEING 707 MC DONALD DOUGLAS DC-8	4 4	PRATT & WHITNEY JT-3D
TURBO JATO DE ALCANCE MÉDIO	BOEING 727 BOEING 737 MC DONALD DOUGLAS DC-9	3 2 2	PRATT & WHITNEY JT-8D
TURBOHÉLICE COMERCIAL	CONVAIR 580 ELECTRA L-188 FAIRCHILD HILLER FH-227	2 4 2	ALLISON 501-D13
JATO EXECUTIVO	GATES LEARJET LOCKHEED JETSTAR	2 4	GENERAL ELECTRIC CJ610 PRATT & WHITNEY JT-12A
TURBOHÉLICE (AVIAÇÃO GERAL)	-	-	PRATT & WHITNEY PT-6A
A PISTÃO (PEQUENOS)	CESSNA 210 PIPER 32-300	1	TELEDYNE-CONTI NENTAL D 200 LYCOMING D 320
A PISTÃO (GRANDES)	DOUGLAS DC-6	4	PRATT & WHITNEY R-280
HELICOPTEROS	SIKORSKY S-61 VERTOL 107	2 2	GENERAL ELECTRIC CT-58
TRANSPORTE MILIT JATOS MILITARES A PISTÃO MILITAR			ALLISON T56 A7 G. ELECTRIC J-79 CONTINENTAL J-69 CURTISS-WRIGHT R-1820

TABELA 5. MODOS DE OPERAÇÃO EM CADA CICLO POUSO-DECOLAGEM(LTO)
DOS AVIÕES E ATIVIDADES INCLUÍDAS EM CADA MODO

MODO	OS TEMPOS DE OPERAÇÃO DOS MOTORES ESTÃO INCLUÍDOS NO MODO
TAXI	TEMPO DE TRÂNSITO ENTRE A RAMPA E O PÁTIO DE ESTACIONAMENTO E VICEVERSA E TEMPO NECESSÁRIO PARA VIRAR E ALI NHARSE ENTRE A PISTA DE TAXEAMENTO E A PISTA DE DECOLAGEM
MARCHA-LENTA	PUXAMENTO DO TERMINAL; ESPERA PELO SINAL PARA INICIAR TAXEAMENTO; ESPE RA NOS CRUZAMENTOS; ESPERA NA FILA DE DECOLAGEM; ESPERA NA FILA DO TER MINAL
ATERRAMENTO (POUSO)	DO TOQUE EM TERRA ATÉ AO COMEÇO DO TAXEAMENTO SOBRE A PISTA DE TAXED
DECOLAGEM	DEPOIS DO ALINHAMENTO COM A PISTA ATÉ DESPEGAR-SE DO SOLO
APROXIMAÇÃO	DE 3.000 PÉS DE ALTITUDE ATÉ TOCAR TERRA
SUBIDA	DESDE O DESPEGUE DO SOLO ATÉ 3.000 PÉS DE ALTITUDE

TABELA 6. TEMPOS TÍPICOS EM CADA MODO DO CICLO
POUSO-DECOLAGEM (LTO) EM UM AEROPORTO
METROPOLITANO

AVIÃO	TEMPO EM CADA MODO (MINUTOS)				
	MARCHA LENTA SAÍDA	DECOLAGEM	SUBIDA	APROXIMAÇÃO	MARCHA LENTA CHEGADA
JUMBO	19,00	0,70	2,20	4,00	7,00
TURBOJATO DE GRANDE ALCANCE	19,00	0,70	2,20	4,00	7,00
TURBOJATO DE ALCANCE MÉDIO	19,00	0,70	2,20	4,00	7,00
TURBO-HÉLICE COMERCIAL	19,00	0,50	2,50	4,50	7,00
JATO EXECUTIVO TURBO-HÉLICE	6,50	0,40	0,50	1,60	6,50
AVIAÇÃO GERAL	19,00	0,50	2,50	4,50	7,00
À PISTÃO (PEQUENOS)	12,00	0,30	4,98	6,00	4,00
À PISTÃO (GRANDES)	6,50	0,60	5,00	4,60	6,50
HELICOPTERO	3,50	0,	6,50	6,50	3,50
TRANSPORTE MILITAR	19,00	0,50	2,50	4,50	7,00
JATOS MILITARES	6,50	0,40	0,50	1,60	6,50
À PISTÃO MILITAR	6,50	0,60	5,00	4,60	6,50

FONTE: CIRILLO (7)

TABELA 7. TEMPOS EM CADA MODO DO CICLO POUSO-DECOLAGEM (LTO)
NO AEROPORTO O'HARE DE CHICAGO (")

CLASSE DE AVIÃO	TEMPO EM CADA MODO (MINUTOS)						
	MARCHA LENTA CHEGADA	MARCHA LENTA SAÍDA	MARCHA LENTA INTERM.	POUSO	DECO LAGEM	APROXI MAÇÃO	SUBIDA
JUMBO	7,2	7,2	4,2	0,6	0,5	3,0	1,9
GRANDE ALCANCE	4,2	4,9	2,4	0,6	0,5	3,6	2,2
ALCANCE MÉDIO	3,6	4,4	2,0	0,6	0,5	3,0	1,9
CURTO ALCANCE	3,6	4,4	2,0	0,6	0,5	4,5	3,6

(") TEMPO MÉDIO DE MUITAS OPERAÇÕES

FONTE: U.S. EPA (30)

TABELA Nº 8

Tempos médios, em cada modo do ciclo Pouso-Decolagem (LTo), no Aeroporto de Congonhas São Paulo

MINUTOS DECIMAIS

Aeronave	Aproximação	Pouso	Taxiamento de Chegada	Taxiamento de saída	Decolagem	Subida	MARCHA LENTA			
							Chegada	Intermediária	Saída	Total
B 737	4,9	0,7	2,4	4,0	0,5	2,7	0,2	0,8	2,3	3,3
B 727	4,9	0,7	2,3	4,2	0,5	2,8	0,1	3,0	1,4	4,5
ELECTRA L-188	6,9	0,9	2,6	5,0	0,5	3,2	1,1	0,7	3,7	5,5
BANDEIRANTE EMB - 110	6,6	0,7	2,8	4,9	0,4	4,6	0,2	2,3	2,8	5,3
CESSNA IAVAJO BENECA	7,8	0,6	3,0	2,3	0,4	4,9	0,2	1,5	1,5	3,2
ATOS EXECUTIVOS	6,5	0,8	2,1	4,8	0,4	2,2	0,2	1,0	4,5	5,7

FONTE:- DIVISÃO DE FONTES MÓVEIS - CETESB

TABELA Nº 9

FATORES DE EMISSÃO DE AVIÕES POR CICLO POUSO-DECOLAGEM (LTo) - (a) . (b)

(lbs/motor)

e

(Kgs/motor)

A V I ã O	PARTICULADOS		ÓXIDO DE EN XOFRE (C)		MONÓXIDO DE CAR BONO		HIDROCARBONETOS		ÓXIDOS DE NI TROGENIO (C) NO _x COMO NO ₂	
	lb	Kg	lb	Kg	lb	Kg	lb	Kg	lb	Kg
JUMBO	1,30	0,59	1,82	0,83	46,8	21,2	12,2	5,5	31,4	14,2
TURBO JATO DE GRANDE ALCANCE	1,21	0,55	1,56	0,71	47,4	21,5	41,2	18,7	7,9	3,6
TURBO JATO DE ALCANCE MÉDIO	0,41	0,19	1,01	0,46	17,0	7,71	4,9	2,2	10,2	4,6
TURBO HÉLICE CONVENCIONAL	1,1	0,49	0,40	0,18	6,6	3,0	2,9	1,3	2,5	1,1
JATO EXECUTIVO	0,11	0,05	0,37	0,17	15,8	7,17	3,6	1,6	1,6	0,73
TURBO HÉLICE DE AVIAÇÃO GERAL	0,20	0,09	0,18	0,08	3,1	1,4	1,1	0,5	1,2	0,54
À PISTÃO AVIAÇÃO GERAL	0,02	0,01	0,014	0,006	12,2	5,5	0,40	0,18	0,047	0,021
TRANSPORTE À PISTÃO	0,56	0,25	0,28	0,13	304,0	138,0	40,7	18,5	0,40	0,18
HELICOPTERO	0,25	0,11	0,18	0,08	5,7	2,6	0,52	0,24	0,57	0,26
TRANSPORTE MILITAR	1,1	0,49	0,41	0,19	5,7	2,6	2,7	1,2	2,2	1,0
JATO MILITAR	0,31	0,14	0,76	0,35	15,1	6,85	9,93	4,5	3,29	1,49
(d) PISTÃO MILITAR	0,28	0,13	0,14	0,04	152,0	69,0	20,4	9,3	0,20	0,09

(a) Para obter as emissões do avião, multiplicar os fatores de emissão pelo número de motores do avião

(b) Fatores de emissão baseados nos tempostípicos em cada modo mostrados na TABELA Nº 6.

(c) Baseado em combustível com 0,05% de enxofre

(d) Emissões baseadas no motor PRATT & WHITNEY R-2800

FONTE:- U.S. EPA (30)-

FIGURA 1. FONTES DE POLUIÇÃO DO AR EM UM AEROPORTO

TABELA Nº 10

ESTIMATIVA DE USO DE AVIÕES, CAPACIDADE DE ASSENTOS E FATORES DE CARGA. ESTUDO NADC

AEROPORTO ST. LOUIS U.S.A.

TIPO DE AVIÃO	PERCENTAGEM DE MOVIMENTOS ANUAIS COMERCIAIS			Nº MÉDIO DE ASSENTOS POR TIPO DE AVIÃO COMERCIAL			FATOR DE CARGA			FATOR EMBARQUE - DESEMBARQUE			MOVIMENTO DE PASSAGEIROS POR AVIÃO		
	1980	1990	2000	1980	1990	2000	1980	1990	2000	1980	1990	2000	1980	1990	2000
JUMBO (B-747)	5	10	20	375	450	525	0,45	0,55	0,60	0,80	0,75		135	186	236
DC-10/L1011	30	50	60	250	300	350	0,48	0,60	0,60	0,80	0,75	0,75	96	135	158
JATOS CONVENCIONAIS DE 4 MOTORES	10	5	-	140	140	-	0,55	0,55	-	0,80	0,75	-	56	58	-
JATOS CONVENCIONAIS DE 2 E 3 MOTORES (B-727/DC-9)	52	-	-	110	-	-	50	-	-	0,80	-	-	44	-	-
STOL/VTOL	-	30	20	-	110	110	-	0,55	0,65	0,80	0,90	0,90	-	54	64
PEQUENOS JATOS CONVENCIONAIS DE 2 MOTORES (F-28)	3	5	-	70	70	-	0,50	0,50	-	0,90	0,90	-	32	32	-
	Nº médio de assentos por avião			167	238	337	Nº médio de passageiros por movimento no transporte comercial						65	107	155

FIGURA 2. ESQUEMA DO PROCEDIMENTO DE CÁLCULO PARA MOVIMENTO ANUAL DE AVIÕES
ESTUDO NADC - AEROPORTO ST. LOUIS (U.S.A.)

$$(1) \frac{\left[\begin{array}{c} \text{MOVIMENTO TOTAL} \\ \text{DE PASSAGEIROS} \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} \text{MOVIMENTO} \\ \text{PASSAGEIROS} \\ \text{TAXI-AÉREO} \end{array} \right]}{\left[\begin{array}{c} \text{Nº MÉDIO DE PASSAGEIROS POR} \\ \text{MOVIMENTO DE AVIÃO DE TRANS} \\ \text{PORTE COMERCIAL} \end{array} \right]} = \left[\begin{array}{c} \text{MOVIMENTOS} \\ \text{PREVISTOS} \\ \text{PARA AVIÕES} \\ \text{DE TRANSPOR} \\ \text{TE COMERCIAL} \end{array} \right]$$

ONDE:
 MOVIMENTO PASSAGEIROS TAXI-AÉREO = 0,01 $\left[\begin{array}{c} \text{MOVIMENTO TOTAL} \\ \text{DE PASSAGEIROS} \end{array} \right]$

$$(2) \quad (\text{MOVIMENTOS PREVISTOS}) \times 0,075 = (\text{MOVIMENTOS NÃO PREVISTOS})$$

$$(3) \frac{\left[\begin{array}{c} \text{MOVIMENTO PASSAGEIROS} \\ \text{TAXI-AÉREO} \end{array} \right]}{\left[\begin{array}{c} \text{Nº MÉDIO DE PASSAGEIROS} \\ \text{POR MOVIMENTO DE TAXI-AÉREO} \end{array} \right]} = \left[\begin{array}{c} \text{MOVIMENTO DE AVIÕES} \\ \text{DE TAXI-AÉREO} \end{array} \right]$$

$$(4) \frac{\left[\begin{array}{c} \text{MOVIMENTOS} \\ \text{PREVISTOS} \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} \text{MOVIMENTOS} \\ \text{NÃO PREVIST.} \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} \text{MOVIM. DE} \\ \text{TAXI-AÉREO} \end{array} \right]}{19} = \left[\begin{array}{c} \text{MOVIMENTOS DE} \\ \text{AVIAÇÃO GERAL} \end{array} \right]$$

$$(5) \left[\begin{array}{c} (\text{MOVIMENTOS PREVISTOS}) \\ (\text{MOVIMENTOS NÃO PREVISTOS}) \\ (\text{MOVIMENTO DE TAXI-AÉREO}) \\ (\text{MOVIMENTOS DE AVIAÇÃO GERAL}) \end{array} \right] \begin{array}{c} + \\ + \\ + \\ + \end{array} = \left[\begin{array}{c} \text{MOVIMENTO} \\ \text{TOTAL ANUAL} \\ \text{DE AVIÕES} \end{array} \right]$$

TABELA 11.

ESTIMATIVA DOS FATORES DE CARGA (DE EMBARQUE)
E NÚMERO MÉDIO DE ASSENTOS POR AVIÃO

ESTUDO Mc DONNELL-AEROPORTO ST. LOUIS (U.S.A.)

ANO	FATOR DE CARGA DE EMBARQUE % (°)	Nº MÉDIO DE ASSENTOS
1970	39,3	92
1975	44,0	117
1980	49,0	134
1985	50,0	166
1990	50,0	211

TABELA 12.

ESTIMATIVA DOS FATORES DE CARGA (DE EMBARQUE)
E NÚMERO MÉDIO DE ASSENTOS POR AVIÃO

ESTUDO SPEAS - AEROPORTO ST. LOUIS (U.S.A.)

ANO	FATOR DE CARGA DE EMBARQUE % (°)	Nº MÉDIO DE ASSENTOS
1980	43,0	153
1990	50,0	202
2000	50,0	300

(°) APENAS PARA PASSAGEIROS DE ORIGEM E CONEXÃO. NÃO INCLUI PASSAGEIROS EM TRÂNSITO.

FONTE: U.S. EPA (30)

FIGURA 3. ESQUEMA DO PROCEDIMENTO DE CÁLCULO PARA MOVIMENTO ANUAL DE AVIÕES
ESTUDO MC DONNELL-AEROPORTO ST. LOUIS (U.S.A.)

$$(1) \frac{\left[\begin{array}{c} \text{PASSAGEIROS EMBARCANDO} \\ \text{EM VÔOS COMERCIAIS} \end{array} \right]}{\left[\begin{array}{c} \text{FATOR DE CARGA} \\ \text{PARA EMBARQUE} \end{array} \right]} = \left[\begin{array}{c} \text{Nº NECESSÁRIO} \\ \text{DE ASSENTOS} \end{array} \right]$$

$$(2) \frac{\left[\begin{array}{c} \text{Nº NECESSÁRIO} \\ \text{DE ASSENTOS} \end{array} \right]}{\left[\begin{array}{c} \text{Nº MÉDIO DE ASSEN-} \\ \text{TOS POR AVIÃO} \end{array} \right]} = \left[\begin{array}{c} \text{Nº DE DECOLAGENS} \\ \text{DE AVIÕES DO TRANS-} \\ \text{PORTE COMERCIAL} \end{array} \right]$$

$$(3) \left[\begin{array}{c} \text{Nº DE DECOLAGENS} \\ \text{DE AVIÕES DO TRANS-} \\ \text{PORTE COMERCIAL} \end{array} \right] \times 2 = \left[\begin{array}{c} \text{MOVIMENTO TOTAL} \\ \text{ANUAL DE AVIÕES DE} \\ \text{TRANSPORTE COMERCIAL} \end{array} \right]$$

FIGURA 4. ESQUEMA DO PROCEDIMENTO DE CÁLCULO PARA MOVIMENTO ANUAL DE AVIÕES
ESTUDO SPEAS - AEROPORTO ST. LOUIS (U.S.A.)

$$(1) \left[\begin{array}{c} \text{Nº MÉDIO DE} \\ \text{ASSENTOS POR} \\ \text{AVIÃO} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{c} \text{FATOR DE} \\ \text{CARGA DE} \\ \text{EMBARQUE} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{PASSAGEIROS EMBARCA-} \\ \text{DOS POR DECOLAGEM DE} \\ \text{AVIÃO DE TRANSPORTE} \\ \text{COMERCIAL} \end{array} \right]$$

$$(2) \frac{\left[\begin{array}{c} \text{PASSAGEIROS EMBARCADOS} \\ \text{EM VÔOS COMERCIAIS} \end{array} \right]}{\left[\begin{array}{c} \text{PASSAGEIROS EMBARCADOS} \\ \text{POR DECOLAGEM} \end{array} \right]} = \left[\begin{array}{c} \text{DECOLAGENS PREVISTAS} \\ \text{PARA TRANSPORTE} \\ \text{COMERCIAL} \end{array} \right]$$

$$(3) \left[\begin{array}{c} \text{DECOLAGENS COMERCIAIS} \\ \text{PREVISTOS} \end{array} \right] \times 0,075 = \left[\begin{array}{c} \text{DECOLAGENS COMERCIAIS} \\ \text{NÃO PREVISTOS} \end{array} \right]$$

$$(4) \left[\begin{array}{c} \text{DECOLAGENS} \\ \text{COMERCIAIS} \\ \text{PREVISTOS} \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} \text{DECOLAGENS} \\ \text{COMERCIAIS} \\ \text{NÃO PREVISTOS} \end{array} \right] \times 0,15 = \left[\begin{array}{c} \text{DECOLAGENS DE CARGA} \\ \text{AÉREA E AVIAÇÃO} \\ \text{GERAL} \end{array} \right]$$

$$(5) \left(\begin{array}{l} \text{DECOLAGENS COMERCIAIS PREVISTOS} \\ \text{DECOLAGENS COMERCIAIS NÃO PRE-} \\ \text{VISTOS} \\ \text{DECOLAGENS DE CARGA AÉREA E} \\ \text{AVIAÇÃO GERAL} \end{array} \right) \times 2 = \left[\begin{array}{c} \text{MOVIMENTO} \\ \text{ANUAL TOTAL} \\ \text{DE AVIÕES} \end{array} \right]$$

TABELA 13. ATIVIDADE DIÁRIA DE AVIÕES NO AEROPORTO METROPOLITANO DE ST. LOUIS(U.S.A.)

HORA	PERCENTAGEM DE MOVIMENTOS DIÁRIOS DE AVIÕES ACONTECENDO NA HORA
1	0,97
2	0,97
3	0,45
4	0,45
5	0,52
6	0,52
7	2,60
8	2,60
9	6,24
10	6,24
11	6,76
12	6,76
13	6,91
14	6,91
15	6,46
16	6,46
17	7,43
18	7,43
19	5,87
20	5,87
21	4,08
22	4,08
23	1,72
24	1,72
<hr/>	
100 ,00	

TABELA 14. TEMPO DE OCUPAÇÃO DO TERMINAL(*)

HORA	TEMPO DE OCUPAÇÃO DO TERMINAL (MINUTOS)
1	60,8
2	56,5
3	61,8
4	65,8
5	62,4
6	87,0
7	46,1
8	43,9
9	48,5
10	56,3
11	57,9
12	47,6
13	56,8
14	47,9
15	52,0
16	55,7
17	49,1
18	45,1
19	49,1
20	43,2
21	44,0
22	33,2
23	24,2
24	54,3

(*) BASEADO EM DADOS DO AEROPORTO O'HARE DE CHICAGO

FIGURA 5. ESQUEMA DO PROCEDIMENTO DE CÁLCULO DAS EMISSÕES DE AVIÕES

TABELA 15. PERCENTAGEM DE USO DOS VEÍCULOS EMPREGADOS NO TRANSPORTE AO AEROPORTO ST. LOUIS (U.S.A.)

MODO DE TRANSPORTE GRUPO	% DO GRUPO USANDO CADA VEÍCULO				
	AUTOMÓVEL PRIVADO	AUTOMÓVEL ALUGUEL	TÁXI	LIMOSINE	ÔNIBUS
PASSAGEIROS ACOMPANHANTES DOS	65,0	11,0	13,0	2,0	9,0
PASSAGEIROS EMPREGADOS	95,4	1,2	1,1	1,7	0,6
VISITANTES OCASIONAIS	91,6	0,	1,1	0,	7,3
	97,5	0,	0,1	0,	2,4

FONTE: U.S. EPA (30)

TABELA 16. FATORES DE CARGA DOS VEÍCULOS DE TRANSPORTE AO AEROPORTO ST. LOUIS. (U.S.A.)

MODO GRUPO	PESSOAS POR VEÍCULO						
	AUTOMOV PRIVADO	AUTOMOV ALUGUEL	TÁXI	LIMOSINE	TREN DIESEL	TREN ELET	ÔNIBUS
PASSAGEIROS + ACOMPANHANTES	1,79	1,15	1,65	2,82			
EMPREGADOS	1,15	-	1,65	-			
VISITANTES OCASIONAIS	2,89	-	1,65	-			
TODAS AS PESSOAS USANDO TRANSPORTE PÚBLICO					563	300	38

FONTE: U.S. EPA (30)

TABELA Nº 17

TEMPOS DE SERVIÇO, DOS VEÍCULOS DE SERVIÇO EM TERRA, AOS AVIÕES

VEÍCULOS	Tempo por veículo (em minutos)									
	B-747	DC-10	B-707	DC-8	B-727	DC-9	B-737	C-880	F-227	C-580
ATOR	155	148	66	98	66	48	85	40	55	50
ARRUEIA CARREGADORA	48	40	37	30	28	15	30	40	0	25
REPTÁCULO CARREGADOR	92	80	12	0	6	0	0	0	0	0
SERVIÇO DE CABINE	24	25	12	15	12	0	15	0	0	0
MINHÃO DE LIMPEZA DOS BANHEIROS	24	18	15	18	15	15	15	20	10	10
MINHÕES DE ÁGUA	12	10	0	0	0	10	0	0	10	10
MINHÃO DE ALIMENTOS	55	20	20	30	17	17	20	20	10	10
MINHÃO DE COMBUSTÍVEL	50	45	37	40	20	15	15	20	10	20
TOR DE REBOQUE	10	10	10	5	10	5	5	15	5	5
CONDICIONADOR	0	0	30	30	0	0	0	0	0	0
PARTIDA										
MOTOR DE TRANSPORTE	3	0	10	5	0	0	0	15	0	0
UNIDADE DIESEL DE POTÊNCIA	2	0	8	4	0	0	0	11	0	0
UNIDADES DE POTÊNCIA EM TERRA										
MOTOR DE TRANSPORTE	0	0	9	0	0	0	0	35	0	0
UNIDADE DE POTÊNCIA A GASOLINA	0	0	4	0	0	0	0	15	0	0
UNIDADE DE POTÊNCIA DIESEL	0	0	4	0	0	0	0	15	0	0
ANISMO TRANSPORTADOR	19	0	10	0	3	0	0	0	0	0
UNIDADE AUXILIAR DE POTÊNCIA	sim	sim	não	não	sim	sim	sim	não	não	não

TABELA 17. (CONTINUAÇÃO)

- (a) NORMALMENTE USADO SÓ EM CLIMA MUITO QUENTE OU FRIO.
- (b) O VEÍCULO DE PARTIDA CONSISTE DE UM GENERADOR DIESSEL MONTADO NA PARTE POSTERIOR DE UM CAMINHÃO. É ASSUMIDO QUE O MOTOR DO CAMINHÃO FUNCIONA CONTINUAMENTE DURANTE O SERVIÇO E QUE O GENERADOR DIESSEL FUNCIONA 75% DO TEMPO.
- (c) A UNIDADE DE POTÊNCIA EM TERRA CONSISTE DE UM GENERADOR MONTADO NA PARTE POSTERIOR DE UM CAMINHÃO. É ASSUMIDO QUE O MOTOR DO CAMINHÃO E O GENERADOR FUNCIONAM CONTINUAMENTE. APROXIMADAMENTE METADE DAS UNIDADES GENERADORAS EM SERVIÇO SÃO DIESSEL E A OUTRA METADE SÃO MOTORES A GASOLINA. CONSEQUENTEMENTE O TEMPO DE SERVIÇO DO GENERADOR É DIVIDIDO IGUALMENTE ENTRE MOTOR A GASOLINA E DIESSEL.
- (d) SE UM AVIÃO TEM UMA UNIDADE AUXILIAR DE ENERGIA, ESTA FUNCIONA NORMALMENTE PARA TODO O TEMPO DE ESPERA NO TERMINAL. ESTAS EMISSÕES ESTÃO INCLUÍDAS NO CÁLCULO DAS EMISSÕES DO AVIÃO.

TABELA 18. TAXAS DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEL DOS VEÍCULOS DE SERVIÇO EM TERRA

VEÍCULO	TAXA DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEL (GAL/HORA)
TRATOR	1,80
CORREIA CARREGADORA	0,70
RECEPTÁCULO CARREGADOR	1,75
SERVIÇO DE CABINE	1,50 (*)
CAMINHÃO DE LIMPEZA DOS BANHEIROS	1,50 (*)
CAMINHÃO DE ÁGUA	1,50 (*)
CAMINHÃO DE ALIMENTOS	2,00 (*)
CAMINHÃO DE COMBUSTÍVEL	1,70 (*)
TRATOR DE REBOQUE	2,35
CONDICIONADOR	1,75 (*)
<u>PARTIDA</u>	
MOTOR DE TRANSPORTE	1,40
UNIDADE DE POTÊNCIA DIESEL	8,20
<u>UNIDADES DE POTÊNCIA EM TERRA</u>	
MOTOR DE TRANSPORTE	2,00
UNIDADE DE POTÊNCIA A GASOLINA	5,00
UNIDADE DE POTÊNCIA DIESEL	7,10
MECANISMO TRANSPORTADOR	1,50

(*) VALORES ESTIMADOS

TABELA 19. FATORES DE EMISSÃO DOS VEÍCULOS DE SERVIÇO EM TERRA (GRAMAS/HORA)

VEÍCULO	CO	HC	NO _x	PARTICULADOS
TRATOR	1800	400	103	3
CORREIA CARREGADORA	700	156	40	1
RECEPTÁCULO CARREGADOR	1750	391	100	3
SERVIÇO DE CABINE	1500	335	86	3
CAMINHÃO DE LIMPEZA DOS BANHEIROS	1500	335	86	3
CAMINHÃO DE ÁGUA	1500	335	86	3
CAMINHÃO DE ALIMENTOS	2000	446	114	4
CAMINHÃO DE COMBUSTÍVEL	1700	379	97	3
TRATOR DE REBOQUE	2350	525	134	4
CONDICIONADOR	1750	391	100	3
<u>PARTIDA</u>				
MOTOR DE TRANSPORTE	1400	312	80	3
UNIDADE DE POTÊNCIA DIESEL	1210	242	1266	93
<u>UNIDADES DE POTÊNCIA EM TERRA</u>				
MOTOR DE TRANSPORTE	2000	446	114	4
UNIDADE DE POTÊNCIA A GASOLINA	5000	1116	285	9
UNIDADE DE POTÊNCIA DIESEL	1048	210	1096	81
MECANISMO TRANSPORTADOR	1500	335	86	3

FATORES DE EMISSÃO DOS AVIÕES EM CADA MODO DO CICLO DE POUSO-DECOLAGEM (LTO) (a)
(TODAS AS EMISSÕES EM lbs/h e Kg/h por motor)

MOTOR E MODO	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL		MONÓXIDO DE CARBONO (CO)		HIDROCARBONETOS (HC)		ÓXIDOS DE NITRÓGENIO (NO _x como NO ₂)		PARTICULADOS	
	lb/h	Kg/h	lb/h	Kg/h	lb/h	Kg/h	lb/h	Kg/h	lb/h	Kg/h
PRATT & WHITNEY JT-9D (JUMBO)										
MARCHE LENTA	1 738	768	102,0	46,3	27,3	12,4	6,06	2,75	2,2	1,0
DECOLAGEM	17 052	7 735	8,29	3,76	2,55	1,34	720,0	327,0	3,75	1,7
SUBIDA	14 317	6 494	11,7	5,31	2,65	1,20	459,0	208,0	4,0	1,8
APROXIMAÇÃO	5 204	2 361	32,6	14,8	3,00	1,36	54,1	24,5	2,3	1,0
(b) POUSO	-	-	-	31,05	-	7,98	-	84,05	-	1,17
GENERAL ELECTRIC CF-6 (JUMBO)										
MARCHE LENTA	1 030	467	51,7	23,5	15,4	7,0	3,6	1,63	0,04	0,02
DECOLAGEM	13.449	6 100	6,7	3,04	1,3	0,59	540,0	245,0	0,54	0,24
SUBIDA	11 400	5 171	6,6	2,99	1,3	0,59	533,0	151,0	0,54	0,24
APROXIMAÇÃO	6 204	2 814	16,6	8,44	1,9	0,86	173,0	78,5	0,44	0,20
(b) POUSO	-	-	-	16,18	-	4,48	-	72,34	-	0,10
PRATT & WHITNEY JT-3D (TURBOJATO DE GRANDE ALCANCE)										
MARCHE LENTA	872	396	109,0	49,4	98,6	44,7	1,43	0,649	0,45	0,20
DECOLAGEM	10 835	4 915	12,3	5,60	4,65	2,11	148,0	67,1	8,25	3,7
SUBIDA	8 956	4 062	15,3	6,94	4,92	2,23	96,2	43,6	8,5	3,9
APROXIMAÇÃO	4.138	1 877	35,7	16,0	7,84	3,56	21,8	9,89	8,0	3,6
(b) POUSO	-	-	-	33,86	-	27,90	-	18,08	-	1,58
PRATT & WHITNEY JT-3C (LONG RANGE JET) TURBO JATO DE GRAN DE ALCANCE										
MARCHE LENTA	1 198	543	92,6	42,0	92,2	41,8	2,49	1,13	0,40	0,18
DECOLAGEM	10 183	4 619	9,04	4,10	0,655	0,388	119,00	54,0	6,50	2,9
SUBIDA	6 509	3 861	16,0	7,26	0,893	0,405	84,7	38,4	6,25	2,8
APROXIMAÇÃO	4 115	1 867	49,0	22,0	8,26	3,75	23,2	10,6	3,25	1,5
(b) POUSO	-	-	-	29,74	-	25,77	-	15,32	-	1,04
PRATT & WHITNEY JT-4A (TURBOJATO DE GRANDE ALCANCE)										
MARCHE LENTA	1 389	630	62,8	28,5	64,8	29,4	2,71	1,23	1,2	0,54
DECOLAGEM	15 511	7 036	16,8	8,53	0,674	0,308	236,0	107,0	21,0	9,5
SUBIDA	13 066	5 927	18,3	8,30	1,27	0,576	155,0	70,3	20,0	9,1
APROXIMAÇÃO	5 994	2 719	26,2	11,9	3,83	1,74	35,9	16,3	6,0	2,7
(b) POUSO	-	-	-	21,05	-	17,99	-	29,03	-	3,04
GENERAL ELECTRIC CJ805 (TURBOJATO DE GRANDE ALCANCE)										
MARCHE LENTA	1 001	454	63,8	28,9	27,3	12,4	1,57	0,712	1,3	0,59
DECOLAGEM	9 960	4 510	25,1	13,2	0,556	0,252	111,0	50,3	15,0	6,8
SUBIDA	8 290	3 760	28,9	13,1	0,583	0,264	74,0	33,6	15,0	6,8
APROXIMAÇÃO	3 777	1 712	42,8	19,4	2,43	1,10	17,8	8,07	5,0	2,3
(b) POUSO	-	-	-	23,61	-	7,68	-	13,79	-	2,35
PRATT & WHITNEY JT-8D (TURBOJATO DE ALCANCE MÉDIO)										
MARCHE LENTA	959	435	33,4	15,2	6,99	3,71	2,91	1,32	0,36	0,16
DECOLAGEM	8 755	3 971	7,45	3,40	0,778	0,353	198,0	89,8	3,7	1,7
SUBIDA	7 337	3 328	8,89	4,03	0,921	0,418	131,0	59,4	2,6	1,2
APROXIMAÇÃO	3 409	1 546	18,2	8,26	1,75	0,794	30,9	14,0	1,5	0,68
(b) POUSO	-	-	-	11,26	-	2,44	-	24,58	-	0,61
ROLLS ROYCE SPREY HK 511 (TURBO JATO DE ALCANCE MÉDIO)										
MARCHE LENTA	662	300	60,2	27,3	66,1	30,0	0,849	0,385	0,17	0,077
DECOLAGEM	7 625	3 459	1,2	6,44	neg	253,0	69,4	16,0	7,3	3,3
SUBIDA	6 355	2 863	15,3	6,94	0,242	0,110	115,0	52,2	10,0	4,5
APROXIMAÇÃO	3 052	1 384	39,1	17,7	4,22	1,91	30,4	13,8	1,5	0,68
(b) POUSO	-	-	-	20,76	-	39,97	-	19,1	-	1,91
ALLISON T56-A15 (TURBO HÉLICE COMERCIAL; TRANSPORTE MILITAR)										
MARCHE LENTA	493	224	8,74	3,96	7,39	3,35	1,23	0,560	1,6	0,73
DECOLAGEM	2 393	1 085	3,77	1,71	0,440	0,200	27,9	12,7	3,7	1,7
SUBIDA	2 188	992	3,40	1,54	0,395	0,181	22,2	10,1	3,0	1,4
APROXIMAÇÃO	1 146	520	3,49	1,58	0,326	0,145	7,32	3,32	3,0	1,4
(b) POUSO	-	-	-	3,04	-	2,08	-	3,92	-	1,07
ALLISON T56-A7 (TURBO HÉLICE COMERCIAL; TRANSPORTE MILITAR)										
MARCHE LENTA	548	249	15,3	6,94	6,47	2,93	2,16	0,980	1,6	0,73
DECOLAGEM	2 079	943	2,25	0,975	0,430	0,195	22,9	10,4	3,7	1,7
SUBIDA	1 906	865	3,01	1,37	0,475	0,216	21,2	9,62	3,0	1,4
APROXIMAÇÃO	1 053	478	3,07	1,66	0,517	0,235	7,78	3,53	3,0	1,4
(b) POUSO	-	-	-	4,06	-	1,84	-	3,65	-	1,07
AIRESEARCH TPE-331 (d) (TURBOHÉLICE AVIAÇÃO GERAL)										
MARCHE LENTA	146	66,2	3,53	1,60	0,079	0,399	0,955	0,433	0,3	0,14
DECOLAGEM	365	166,0	0,393	0,178	0,055	0,025	3,64	1,65	0,8	0,36
SUBIDA	339	154,0	0,568	0,258	0,053	0,024	3,31	1,50	0,6	0,27
APROXIMAÇÃO	206	93,4	2,58	1,17	0,240	0,109	1,69	0,767	0,6	0,27
(b) POUSO	-	-	-	1,19	-	0,25	-	0,78	-	0,21
TELEDYNE/CONTINENTAL O-200 (A PISTÃO, AVIAÇÃO GERAL)										
MARCHE LENTA	7,68	3,46	7,52	3,41	0,214	0,097	0,009	0,004	Nd	Nd(c)
DECOLAGEM	48,4	22,0	54,6	24,8	0,720	0,327	0,259	0,117	Nd	Nd
SUBIDA	48,4	22,0	54,6	24,8	0,720	0,327	0,259	0,117	Nd	Nd
APROXIMAÇÃO	21,3	9,66	23,8	10,8	0,380	0,172	0,052	0,024	Nd	Nd
(b)POUSO	-	-	-	9,73	-	0,16	-	0,03	Nd	Nd
LYCOMING O-320 (A PISTÃO, AVIAÇÃO GERAL)										
MARCHE LENTA	13,0	5,90	11,1	5,03	0,355	0,161	0,013	0,006	Nd	Nd
DECOLAGEM	65,7	29,8	70,9	32,2	1,49	0,676	0,214	0,097	Nd	Nd
SUBIDA	65,5	29,8	65,8	29,8	1,31	0,594	0,375	0,170	Nd	Nd
APROXIMAÇÃO	23,1	10,5	24,3	11,0	0,496	0,225	0,051	0,023	Nd	Nd
(b) POUSO	-	-	-	12,51	-	0,29	-	0,03	Nd	Nd

(a) - Para obter as emissões do avião, multiplicar os fatores de emissão pelo número de motores do avião
 (b) - Valores calculados
 (c) - Não disponível
 (d) - Similar ao motor PT-6A

TABELA 21. TEMPOS NA MANUTENÇÃO DO MOTOR DOS AVIÕES E CICLO TESTE

MODO	MINUTOS POR TESTE
MARCHA LENTA	18,75
APROXIMAÇÃO	6,25
TEMPO TOTAL DO TESTE	25,00

FONTE: U.S. EPA (30)

TABELA 22. FATORES DE EMISSÃO DO SISTEMA DE ARMAZENAMENTO E MANIPULADO DO COMBUSTÍVEL
EMISSIONES DE HIDROCARBONETOS
(1bs/1000 GALÕES DE COMBUSTÍVEL BOMBEADO)

COMBUSTÍVEL DE AVIÕES	COMBUSTÍVEL DOS VEÍCULOS DE SERVIÇO EM TERRA
0,55	3,63

FONTE: U.S. EPA (30)

TABELA 23. FATORES DE EMISSÃO DA PLANTA DE AQUECIMENTO DO AEROPORTO

POLUENTE	EMISSIONES	
	a CARVÃO Kg/TON DE CARVÃO	a ÓLEO Kg/10 ³ GAL.DE ÓLEO
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	0,91	1,81
HIDROCARBONETOS (HC)	0,45	1,36
ÓXIDOS DE NITRO GÊNIO (NOx)	6,80	18,14
PARTICULADOS	1,00	6,53
ÓXIDOS DE ENXO FRE (SOx)	17,96	65,32

FONTE: CIRILLO (7)

TABELA 24. PADRÕES DE QUALIDADE DO AR (U.S.A.)

POLUENTE	LIMITES
MONÓXIDO DE CARBONO (CO) Padrões primários e secundários são os mesmos.	-10 MGRS. POR M ³ (9PPM), MÁXIMA CONCENTRAÇÃO EM 8 HORAS NÃO SERÁ EXCEDIDA MAIS DE UMA VEZ POR ANO. -40 MGRS. POR M ³ (35 PPM), CONCENTRAÇÃO MÁXIMA EM 1 HORA QUE NÃO DEVE EXCEDER-SE MAIS DE UMA VEZ POR ANO.
DIÓXIDO DE NITRÓGENIO Padrões primários e secundários são os mesmos.	-100 MICROGRAMAS POR M ³ (0,05 PPM), MÉDIA ARITMÉTICA ANUAL.
HIDROCARBONETOS (NÃO METANOS) Padrões pr. e sec. são os mesmos	-160 MICROGRAMAS POR M ³ (0,24 PPM), MÁXIMA CONCENTRAÇÃO EM 3 HORAS (6-9 a.m.) QUE NÃO DEVE EXCEDER-SE MAIS DE UMA VEZ POR ANO.
MATERIAL PARTICULADO. Padrão primário.	-75 MICROGRAMAS POR M ³ , MÉDIA GEOMÉTRICA ANUAL -260 MICROGRAMAS POR M ³ , CONCENTRAÇÃO MÁXIMA EM 24 HORAS NÃO SERÁ EXCEDIDA MAIS DE UMA VEZ POR ANO.
MATERIAL PARTICULADO. Padrão secundário.	-60 MICROGRAMAS POR M ³ , MÉDIA GEOMÉTRICA ANUAL A USAR-SE COMO GUÍA NA IMPLEMENTAÇÃO DE PLANOS PARA ALCANÇAR O PADRÃO A 24 HORAS. -150 MICROGRAMAS POR M ³ , CONCENTRAÇÃO MÁXIMA EM 24 HORAS QUE NÃO SERÁ EXCEDIDA MAIS DE UMA VEZ POR ANO.
DIÓXIDO DE ENXOFRE, Padrão primário.	-80 MICROGRAMAS POR M ³ , MÉDIA ARITMÉTICA ANUAL -365 MICROGRAMAS POR M ³ , CONCENTRAÇÃO MÁXIMA EM 24 HORAS QUE NÃO DEVE EXCEDER-SE MAIS DE UMA VEZ POR ANO.
DIÓXIDO DE ENXOFRE, Padrão secundário.	-1300 MICROGRAMAS POR M ³ , CONCENTRAÇÃO MÁXIMA EM 3 HORAS QUE NÃO DEVE EXCEDER-SE MAIS DE UMA VEZ POR ANO.
OXIDANTES FOTOQUÍMICOS. Padrões primários e secundários são os mesmos.	-160 MICROGRAMAS POR M ³ , CONCENTRAÇÃO MÁXIMA EM UMA HORA QUE NÃO DEVE EXCEDER-SE MAIS DE UMA VEZ POR ANO.

PADRÕES PRIMÁRIOS:

NÍVEIS DE QUALIDADE DO AR NECESSÁRIOS, COM UM ADEQUADO MARGEM DE SEGURANÇA, PARA PROTEGER A SAÚDE PÚBLICA.

PADRÕES SECUNDÁRIOS:

NÍVEIS DE QUALIDADE DO AR NECESSÁRIOS PARA PROTEGER O BEM ESTAR PÚBLICO DE QUALQUER EFEITO ADVERSO, ANTECIPADO OU CONHECIDO, DE UM POLUENTE.

FONTE: U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (41)

TABELA Nº 25

EMISSIONES DO AEROPORTO O'HARE, CHICAGO (1972)

POLUENTES	AVIÃO	VEÍCULOS DE SERVIÇOS EM TERRA	TRÁFEGO DE ACESSO	PLANTAS DE AQUECIMENTO	MANIPULAÇÃO DO COMBUSTÍVEL	TOTAL	DENSIDADE ^(a) TONS/MILHA ² -ANO
RTICULADOS	542	23	34	511	-	1;110	112
MONÓXIDO DE CARBONO	9,108	4,245	4,711	32	-	18,096	1,828
HIDROCARBONETOS	5,377	942	821	32	582	7,754	783
ÓXIDOS DE NITROGENIO	3,205	440	575	291	-	4,511	456

) Baseado sobre 9,9 milhas² como propriedade do aeroporto

TABELA Nº 26

EMISSIONES DE AVIÕES POR MODO DO CICLO LTO, AEROPORTO O'HARE (1972)

M O D O	PERCENTAGEM DE EMISSIONES EM CADA MODO					
	TAXI	MARCHA LENTA	APROXIMAÇÃO	POUSO	DECOLAGEM	SUBIDA
MONÓXIDO DE CARBONO	61,3	29,1	5,5	2,1	0,4	1,6
HIDROCARBONETOS	66,1	28,3	2,0	2,0	0,3	1,3
ÓXIDOS DE NITROGENIO	4,4	4,6	16,7	6,0	18,4	49,9

108.

TABELA Nº 27
Características de Gasolinas para Aviação

Tipo de Gasolina	Pressão de Vapor Reid Kg/cm. ² 37,8 C	Conteúdo de Chumbo (max) (em volume)	Conteúdo de gomas (max) em gr/litro	Conteúdo de enxofre (max)	Ponto de Congelação 0º C	Cor Internacional	Uso em motores de explosão de:
80 octanos	0,38-0,49	0,013%	0,06	0,05%	-60º	vermelho	avionetas de ensino e observação ligeira
91/96 octanos	0,38-0,49	0,12%	0,06	0,05%	-60º	azul	Pequenos aviões para treinamento enlace e helicópteros
100/130 nº performance	0,38-0,49	0,12%	0,06	0,05%	-60º	verde	Aviões de Transporte
115/145 nº performance	0,38-0,49	0,12%	0,06	0,05%	-60º	púrpura	Aviões de Transporte de grande rádio de ação.

Fonte:- LOPEZ-PEDRAZA (11)

TABELA Nº 28
Características de Combustíveis para Motores

Classe	Ponto de inflamação 0º C	Pressão de Vapor Kg/cm. ² a 37,8º C	Viscosidade cinemática em centistokes a 40,4º C	Ponto de Congelamento 0º C	Peso específico a 15,6º C	Conteúdo de enxofre (max)	Resíduo (gomas) gr/l
1	43,3º	-	10	-60º	0,850	0,20%	0,05
2	-	0,35 - 0,49	-	-60º	-	0,40%	0,10
3	-	0,14 - 0,21	-	-60º	-	0,40%	0,10
4	60º	-	20	-60º	-	0,50%	0,10

Fonte:- LOPEZ - PEDRAZA (11)

FIGURA 6. NÍVEIS DE RUÍDO NA APROXIMAÇÃO E DECOLAGEM, DE REFERENTES AVIÕES, MEDIDOS A 1.000 PÉS (dBA)

FONTE: MARYLAND DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (12)

FIGURA 7. NÍVEIS TÍPICOS DE RUÍDO DE AERONAVES A 1.000 PÉS. POTÊNCIA MÁXIMA CONTÍNUA (EPNdB)

FONTE: U.S. EPA (25)

TABELA Nº 29

RUÍDO DE APROXIMAÇÃO PARA VÁRIOS JATOS, EM VÔO HORIZONTAL, A DIFERENTES ALTURAS

TIPO DE AVIÃO	EMPUXO DO MOTOR FN - lb	VENTILADOR Nl, RPM	NÍVEL DE RUÍDO SOB A ROTA DE VÔO EPNL, EPNdB			DIFERENÇA NO NÍVEL DE RUÍDO Δ EPNL,dB		
			ALTITUDE 1500 pés	ALTITUDE 3000 pés	ALTITUDE 5000 pés	3000 pés VS 1500 pés	5000 pés VS 3000 pés	5000 pés VS 1500 pés
707/DC-8	6000	-	103,0	95,0	86,5	8,0	8,5	16,5
707/DC-8 QN	6000	-	92,8	86,6	80,1	6,2	6,5	12,7
727	6000	-	95,3	86,7	80,5	8,6	6,2	14,8
737/DC-9	6000	-	93,3	84,7	78,5	8,6	6,2	14,8
747/100-A	-	2400	101,5	94,6	86,9	7,1	7,7	14,6
747/100-D	-	2400	94,7	88,0	81,9	6,7	6,1	12,8
DC-10-10	-	2600	93,6	87,1	81,4	6,5	5,7	12,2
DC-10-40	-	2400	92,5	86,1	80,4	6,4	5,7	12,1

FONTE:- U.S. EPA(32)

FIGURA 8. ESPECTRO DO RUÍDO PRODUZIDO PELO AVIÃO CONCORDE NA DECOLAGEM

CADA CURVA CORRESPONDE A UM PONTO
DIFERENTE, DE MEDIDA, LOCALIZADO
NAS VIZINHANÇAS DO AEROPORTO

FONTE: U.S. EPA (37)

FIGURA 9. ESPECTRO DO RUÍDO PRODUZIDO PELO AVIÃO CONCORDE NA AFROXIMAÇÃO

CADA CURVA CORRESPONDE A UM PONTO
DIFERENTE, DE MEDIDA, LOCALIZADO
NAS VIZINHANÇAS DO AEROPORTO

FONTE: U.S. EPA (37)

TABELA 30. NÍVEIS DE RUÍDO DO CONCORDE MEDIDOS SEGUNDO AS CONDIÇÕES DO REGULAMENTO FAR 36

MEDIDAS SEGUNDO FAR 36 (')					HIPÓTESE	
PONTO DE MEDIDA	DISTÂNCIA		NÍVEL EPNdB	ALTURA pés	CORREÇÃO dB	NÍVEL dBA
	M.N.	pés				
LADO DA PISTA	0,35	2,130	114,2	-	-11,0	103,2
DECOLAGEM('')	3,50	21,300	115,4	1200	- 9,0	106,4
ATERRAMENTO	1,00	6,080	114,5	370	- 6,5	108,0

(') CONDUZIDOS PELOS FABRICANTES DO CONCORDE

('') CORTE DO EMPUXO A UM ÂNGULO DE SUBIDA DE 4 Deg

FONTE: U.S. EPA (37)

TABELA 31. COMPARAÇÃO DO RUÍDO DE DECOLAGEM DO CONCORDE E OUTROS AVIÕES

AVIÃO	3 MILHAS NÁUTICAS		5 MILHAS NÁUTICAS		7 MILHAS NÁUTICAS	
	ALTITUDE(PÉS)	EPNL	ALTITUDE(PÉS)	EPNL	ALTITUDE(PÉS)	EPNL
CONCORDE	1200	125	2100	112	2500	111,5
707-320B	800	113	1200	108	2200	98,0
727	950	108	1800	102	3200	96,0
DC-9	1400	105	2900	96	4300	92,0

(2) DISTÂNCIAS MEDIDAS A PARTIR DO PONTO DE LIBERAÇÃO DO FREIO

FONTE: U.S. EPA (37)

TABELA 32. COMPARAÇÃO DO RUÍDO DE APROXIMAÇÃO DO CONCORDE E OUTROS AVIÕES

AVIÃO	2,6 MILHAS NÁUTICAS	3,6 MILHAS NÁUTICAS
707	111,8 EPNL	107,0 EPNL
707	118,5 EPNL	110,5 EPNL
CONCORDE	113,2 EPNL	111,4 EPNL
707	113,1 EPNL	106,0 EPNL
727	110,2 EPNL	101,8 EPNL

FONTE: U.S. EPA (37)

FIGURA 10. EFEITOS DO BOM SÔNICO COMO FUNÇÃO DA PRESSÃO SONORA

FONTE: ARNESEN (1)

FIGURA 11. NÍVEL DE RUÍDO PERCEBIDO EM FUNÇÃO DA RUIDOSIDADE PERCEBIDA TOTAL(2)

(2) PARA USAR-SE NO CÁLCULO DO EPNL

FONTE: ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL (13)

FIGURA 12. NOMOGRAMA PARA TRANSFORMAÇÃO DE VARIOS INDICES DE EXPOSIÇÃO AO RUÍDO

FIGURA 13. EQUIVALENCIAS APROXIMADAS ENTRE INDICES DE EXPOSIÇÃO
AO RUÍDO E DESCRIÇÕES DAS RESPOSTAS E/OU USOS DO SOLO

NI-S. AFRICA	LIMITE PROPOSTO PARA ÁREAS RESIDENCIAIS									
	80	75	70	65	60	55				
B-HOLANDA	INACEITÁVEL					ACEITÁVEL				
	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25 20
NNI- U.K	OS INCOMODOS COMEÇAM A SER INTOLERÁVEIS, NO DIA.					OS INCOMODOS COMEÇAM A SER INTOLERÁVEIS NA NOITE.				
	60	55	50	45	40	35	30	25	20	
Q-ALEMANHA	NENHUMA CONSTRUÇÃO RESIDENCIAL		CONSTR. RESID. SÓ EM CASOS URGENTES		SÃO INDICADAS MEDIDAS DE SUPRESSÃO DO SOM		NENHUMA RESTRIÇÃO, PORÉM, NENHUM HOSPITAL NOVO NA VIZINHANÇA DA ZONA III			
	85	80	75	70	65	60	55	50		
R- FRANÇA	PROIBIDAS TODAS AS CONSTRUÇÕES, EXCETO AQUELAS DO AEROPORTO		AS CONSTRUÇÕES RESIDENCIAIS DEVEM TER ISOLAMENTO SONORO ADEQUADO		EVITAR NOVOS DESENVOLVIMENTOS RESIDENCIAIS		NENHUMA RESTRIÇÃO ÀS CONSTRUÇÕES			
	100	95	90	85	80	75				
Ldn	85	80	75	70	65	60				
CNR - U.S.A.	A REACÇÃO INDIVIDUAL É FORTE E EXISTIRÃO POR CERTO AÇÕES EM GRUPO		QUEIXAS INDIVIDUAIS POSSIVELMENTE VIGOROSAS. É POSSIVEL A AÇÃO EM GRUPO				ESSENCIALMENTE NÃO ESPERA-SE QUEIXAS, PORÉM O RUÍDO PODE INTERFERIR OCASIONALMENTE COM ALGUMAS ATIVIDADES DA POPULAÇÃO			
	120	115	110	105	100	95				
NEF - U.S.A.	SÃO PROVÁVEIS SERIOS PROBLEMAS; NENHUMA ATIVIDADE OU CONSTRUÇÃO SERÁ PERMITIDA SEM ANÁLISE COMPLETA DA SITUAÇÃO.		QUEIXAS INDIVIDUAIS POSSIVELMENTE VIGOROSAS. É POSSIVEL A AÇÃO EM GRUPO; NÃO DEVE PERMITIRSE CONSTRUÇÃO DE CASAS, ESCOLAS ETC. SEM ANÁLISE COMPLETA DA SITUAÇÃO.				ESSENCIALMENTE NÃO SE DEVE ESPERAR QUEIXAS, PORÉM, O RUÍDO PODE INTERFERIR COM ALGUMAS ATIVIDADES			
	45	40	35	30	25

FIGURA 14 . PONTOS DE MEDIDA PARA HOMOLOGAÇÃO DO RUÍDO DE AVIÕES (SEGUNDO FAR 36)

FONTE: U.S. EPA (21)

FIGURA 15. OPÇÕES TÍPICAS DE CONTROLE DO RUÍDO DE AVIÕES

FÍGURA 16. UTILIZAÇÃO DAS OPÇÕES DE CONTROLE DO RUÍDO

FONTE: U.S. EPA (26)

FIGURA 17. COMPARAÇÃO QUALITATIVA DO CUSTO ENTRE TECNOLOGIA E USO COMPATÍVEL DO SOLO, PARA CONTROLE DO RUÍDO

CUSTO DA
PROTEÇÃO

NO COMEÇO A TECNOLOGIA É MUITO EFETIVA; CONSIDERÁVEL REDUÇÃO DA ÁREA IMPACTADA PELO RUÍDO É EFETUADA A UM CUSTO BAIXO COMPARADO AO CONTROLE DO USO DA TERRA. FINALMENTE, PORÉM, OS CUSTOS DA TECNOLOGIA TORNAM-SE EXCESIVOS E AS OPÇÕES TECNOLÓGICAS NUNCA ALCANÇAM O OBJETIVO DE 100% DE PROTEÇÃO.

FIGURA 18. INCÔMODO CAUSADO POR RUÍDO DE AVIÕES EM
COMUNIDADES RESIDENCIAIS VIZINHAS A GRANDES
AEROPORTOS

FONTE:
U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (41)

FIGURA 19. RESPOSTA DA COMUNIDADE AO RUÍDO DE AVIÕES.
LEVANTAMENTO HOLANDES.

FONTE: U.S. DEP. OF TRANSP. (41)

FIGURA 20. RESPOSTA DA COMUNIDADE A OPERAÇÕES DE AVIÕES.
LEVANTAMENTO NO AEROPORTO HEATHROW DE LONDRES

FONTE: U.S. DEP. OF TRANSP. (41)

FIGURA 21. COMPARAÇÃO DE VARIAS MEDIDAS DE INCOMODO INDIVIDUAL E REAÇÃO DA COMUNIDADE COMO FUNÇÃO DO NÍVEL DIUTURNO (Ldn) E DO INDICE DE EXPOSIÇÃO AO RUÍDO (NEF)

TABELA 33.. PERCENTAGENS DA POPULAÇÃO VIZINHA AO AEROPORTO,
EM UMA COMUNIDADE MÉDIA QUE É ALTAMENTE INCOMO
DADA E APRESENTA QUEIXAS SOBRE RUÍDO, PARA VÁ
RIOS VALORES DO L_{dn} PRODUZIDO POR AVIÕES

L _{dn} AO AR LIVRE (dB)	PERCENTAGEM ALTAMENTE INCOMODADO	PERCENTAGEM DE QUEIXAS
50	13	MENOR QUE 1
55	17	1
60	23	2
65	33	5
70	44	10
75	54	15
80	62	ACIMA DE 20

FIGURA 22. PERCENTAGEM MÁXIMO DE INTERFERÊNCIA NA CONVERSACÃO
COMO FUNÇÃO DO NÍVEL DE RUÍDO EM Ldn.
(PERCENTAGEM DE INTERFERÊNCIA = 100 - % de INTELIGIBILIDADE,
Ldn É BASEADO SOBRE NÍVEL
DIURNO + 3)

FONTE: U.S. DEP. OF TRANSP. (41)

FIGURA 23. ATITUDES, EM UMA COMUNIDADE RESIDENCIAL, COM
RESPEITO A RUÍDO DE AVIÕES

FONTE: U.S. DEP. OF TRANSP. (41)

TABELA 34. NÍVEIS COMPARATIVOS DE RUÍDO
VALORES TÍPICOS (dBA) ENCONTRADOS NA VIDA
DIÁRIA E INDÚSTRIA

ATIVIDADE	dBA
- ROÇAR DE FOLHAS	20
- QUARTO NUMA CONSTRUÇÃO TRANQUILA A MEIA NOITE	32
- MURMÚRIO(SUSSURRO) TENUE A 5 PÉS	34
- SEÇÃO DE ROUPA MASCULINA NUMA LOJA GRANDE	53
- JANELA DO AR CONDICIONADO	55
- CONVERSACÃO	60
- SEÇÃO DE UTENSÍLIOS DOMÉSTICOS NUMA LOJA GRANDE	62
- RESTAURANTE OCUPADO	65
- MÁQUINAS DE ESCREVER) (9 EM USO)	65
- ASPIRADOR DE PÓ NUMA RESIDÊNCIA PARTICULAR(A 10 PÉS)	69
- CAMPAINHA DE ALARMA DO RELÓGIO (A 2 PÉS)	80
- REPRODUÇÃO SONORA DE MÚSICA ORQUESTRAL NUM QUARTO GRANDE	82
ACIMA DE 85 dBA, SE PROLONGADO COMEÇA O PERIGO AUDITIVO	
- IMPRESSORA	86
- TRÁFICO FORTE NA CIDADE	92
- VEÍCULOS PESADOS DIESEL(APROX. A 25 PÉS)	92
- ESMERIL	95,
- SERRA	97
- CONDENSADOR TURBINA	98
- COMPRESSOR DE AR DE 150 PÉS	98
- FUNILARIA	100
- MARTELO PNEUMÁTICO	104
- TURBOJATO (A 500 PÉS DE ALTITUDE)	115

FONTE: U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION(41)

CORRELAÇÃO ENTRE NÍVEL ACUMULATIVO DE RUÍDO E INDICADORES DE INCÔMODOS NA COMUNIDADE

NEF	Ldn		Categorias de Respostas aos incômodos																Critério	Critério			
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	E.P.A. *	H.U.D.**
20	55	Aprox. 1 minuto	5%	20%	75%	17%	5%	0%	1%	25%	10%	20%	5%	22%	41%	20%	80%	17%	100%	10%	90%	-	NEF $\leq$ 30 aceitavel
30	65	2 minutos	27%	38%	35%	55%	21%	8%	4%	45%	25%	44%	28%	45%	61%	45%	39%	33%	90%	30%	70%	interferência com a atividade interna e incômodos	NEF 30 - NEF 40 Discricionário
40	75	Aprox. 40 minutos	69%	25%	6%	80%	43%	22%	16%	60%	56%	69%	50%	79%	78%	78%	79%	54%	0%	60%	40%	perda auditiva potencial	NEF $\geq$ 40 inaceitavel

PERCENTAGEM DE POPULAÇÃO	PERCENTAGEM DE POPULAÇÃO
A.- Seriadamente incomodada B.- Incomodada C.- Não incomodada D.- Expressando medo E.- Expressando interferência na conversa F.- Experimentando interrupção no sono G.- Perturbada no trabalho H.- Assustada I.- Impedida de ir dormir J.- Acordada.	K.- Perturbada enquanto descansa L.- Indicando interferência com o som da TV M.- Indicando piscamento da imagem da TV N.- Indicando vibração da casa O.- Experimentando interferência na conversação P.- Percentagem altamente incomodado Q.- Percentagem de inteligibilidade da conversa R.- Percentagem avaliando o ruído como inaceitável S.- Percentagem avaliando o ruído como aceitável

* Agência de Proteção Ambiental U.S.A.
** Departamento de Vivenda e Desenvolvimento Urbano U.S.A.
FONTE:-- U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION(41)

TABELA 37. NÍVEIS MÉDIOS DE RUÍDO IDENTIFICADOS COMO REQUISITO PARA PROTEGER O BEM-ESTAR E SAÚDE PÚBLICA COM UM ADEQUADO MARGEM DE SEGURANÇA

USO DO SOLO	NO INTERIOR				AO AR LIVRE	
	MEDIDA	INTERFERÊNCIA DE ATIVIDADES	PERDA AUDITIVA	PROTEÇÃO CONTRA AMBOS EFEITOS (b)	INTERFERÊNCIA DE ATIVIDADES	PERDA AUDITIVA
RESIDÊNCIAS COM ESPAÇO EXTERIOR E PROPRIEDADES RÚSTICAS	L _{dn} L _{eq} (24)	45 70	45	55	55	70
RESIDÊNCIAS SEM ESPAÇO EXTERNO	L _{dn} L _{eq} (24)	45 70	45			
ÁREAS COMERCIAIS	L _{eq} (24)	a 70	70 c	a 70	70 c	
TRANSPORTE INTERIOR	L _{eq} (24)	a 70	a			
ÁREAS INDUSTRIAIS	L _{dn} L _{eq} (24)	a 70	70 c	a 70	70 c	
HOSPITAIS	L _{dn} L _{eq} (24)	45 70	45	55	55	70
ESCOLAS	L _{eq} (24) L _{eq} (24)	45 70	45	55	55	70
ÁREAS DE LAZER	L _{eq} (24)	a 70	70 c	a 70	70 c	
TERRAS AGRÍCOLAS E TERRAS IMPOPULARES	L _{eq} (24)			a 70	70 c	

EXPLICAÇÃO DO NÍVEL IDENTIFICADO PARA PERDA AUDITIVA:

O PERÍODO DE EXPOSIÇÃO QUE RESULTA EM PERDA AUDITIVA AO NÍVEL IDENTIFICADO É UM PERÍODO DE 40 ANOS.

CÓDIGO:

- a

DESDE QUE DIFERENTES TIPOS DE ATIVIDADES APARECEM ASSOCIADAS COM NÍVEIS DIFERENTES, A IDENTIFICAÇÃO DE UM NÍVEL MÁXIMO PARA INTERFERÊNCIA DA ATIVIDADE PODE SER DIFÍCIL EXCETO EM AQUELAS CIRCUNSTÂNCIAS ONDE A FALA É UMA ATIVIDADE CRÍTICA.
- b

BASEADO NO NÍVEL MAIS BAIXO.
- c

BASEADO SOMENTE NA PERDA AUDITIVA.
- d

UM L_{eq} DE 75 dB PODE SER IDENTIFICADO NESTA SITUAÇÃO COMO QUE A EXPOSIÇÃO NAS 16 HORAS SOBRANTES POR DIA É SUFICIENTEMENTE BAIXA PARA DAR UMA CONTRIBUIÇÃO DESPREZÍVEL À MÉDIA DAS 24 HORAS, ISTO É, NÃO MAIOR QUE UM L_{eq} DE 60 dB.

TABELA 38. RESUMO DOS NÍVEIS DE RUÍDO IDENTIFICADOS COMO REQUISITOS PARA PROTEGER O BEM ESTAR E SAÚDE PÚBLICA COM UM ADEQUADO MARGEM DE SEGURANÇA

EFEITO	NÍVEL	ÁREA
PERDA AUDITIVA	$Leq_{(24)} \ll 70dB$	TODAS AS ÁREAS
INTERFERÊNCIA E INCÔMODO EM ATIVIDADES AO AR LIVRE	$Ldn \leq 55dB$	AR LIVRE EM ÁREAS RESIDENCIAIS, FAZENDAS E OUTRAS ÁREAS AO AR LIVRE ONDE AS PESSOAS PASSAM SOMAS DE TEMPO VARIÁVEIS, E OUTROS LUGARES ONDE TRANQUILIDADE É BASE PARA SEU USO
	$Leq_{(24)} \ll 55dB$	ÁREAS AO AR LIVRE ONDE AS PESSOAS PASSAM SOMAS LIMITADAS DE TEMPO, TAIS COMO PÁTIOS DE RECREIO ETC.
INTERFERÊNCIA E INCÔMODO EM ATIVIDADES DENTRO DE CASA	$Ldn \leq 45dB$	DENTRO DOS PRÉDIOS, EM ÁREAS RESIDENCIAIS
	$Leq_{(24)} \ll 45dB$	DENTRO DOS PRÉDIOS, EM OUTRAS ÁREAS COM ATIVIDADES HUMANAS TAIS COMO ESCOLAS ETC.

- $Leq_{(24)}$ REPRESENTA A ENERGIA SONORA MÉDIA NUM PERÍODO DE 24 HORAS. Ldn REPRESENTA A $Leq_{(24)}$ COM UMA PONDERAÇÃO DE 10 dB NO PERÍODO NOTURNO. NA PRÁTICA $Ldn = Leq_{(24)} + 4 dB^{17}$

-O NÍVEL DE PERDA AUDITIVA IDENTIFICADO AQUI, REPRESENTA MÉDIAS ANUAIS DO NÍVEL DIÁRIO SOBRE UM PERÍODO DE 40 ANOS (ESTAS SÃO ENERGIAS MÉDIAS, NÃO CONFUNDIR COM MÉDIAS ARITMÉTICAS)

FIGURA 24. DISTÂNCIA MÁXIMA NA QUAL A CONVERSACÃO É INTELIGÍVEL
PARA DIFERENTES NÍVEIS DE RUÍDO DE FUNDO
 (95% DE INTELIGIBILIDADE DAS ORAÇÕES)

TABELA 39. NÍVEIS DO RUÍDO DE FUNDO (dBA) QUE PERMITEM COMUNICAÇÃO COM 95% DE INTELIGIBILIDADE DAS ORAÇÕES, SOB VÁRIAS DISTÂNCIAS AO AR LIVRE E PARA DIFERENTES NÍVEIS DE VOZ

NÍVEL DA VOZ	DISTÂNCIA ENTRE OS COMUNICANTES (METROS)					
	0,5	1	2	3	4	5
	RUÍDO DE FUNDO (dBA)					
VOZ NORMAL	72	66	60	56	54	52
VOZ ALTA	78	72	66	62	60	58

FONTE: MARYLAND DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (12)

TABELA 40. TIPO DE RUÍDO E NÍVEL EQUIVALENTE MÁXIMO PERMISSÍVEL QUE PERMITE 95% DE INTELIGIBILIDADE DAS ORAÇÕES A 2 MTS. DE DISTÂNCIA, USANDO VOZ NORMAL

TIPO DE RUÍDO	NÍVEL EQUIVALENTE, Leq (dB)
CONSTANTE	60
RUÍDO URBANO	60
RUÍDO DE AVIÕES	65

FONTE: MARYLAND DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (12)

TABELA 41. TEMPOS PERMISSÍVEIS DE EXPOSIÇÃO AO RUÍDO PARA NÍVEIS SONOROS ACIMA DE 90 dBA

DURAÇÃO POR DIA (HORAS)	NÍVEL SONORO (dBA) RESPOSTA LENTA
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1-1/2	102
1	105
1/2	110
1/4 ou menos	115

CRITÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO DE SEGURANÇA OCUPACIONAL E SAÚDE, DO DEPARTAMENTO DE TRABALHO AMERICANO.

FONTE: U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (41)

FIGURA 25. NÍVEIS SONOROS E RESPOSTA HUMANA

FONTE: MARYLAND DEPARTMENT OF TRANSPORTATION(12)

FIGURA 26. IMPACTO DO RUÍDO DE AVIÕES SOBRE AS ATIVIDADES HUMANAS (NEF, Ldn)

IMPACTO	IMPACTO	IMPACTO	IMPACTO
BAIXO	MODERADO	SERIO	CRITICO

IMPACTO BAIXO : A ATIVIDADE PODE SER REALIZADA COM PEQUENA OU NENHUMA INTERRUPÇÃO PELO RUÍDO DE AVIÕES, EMBORA O RUÍDO POSSA SER PERCEPTÍVEL ACIMA DOS NÍVEIS DE FUNDO.

IMPACTO MODERADO : A ATIVIDADE PODE SER REALIZADA EMBORA COM ALGUMA INTERFERÊNCIA DE RUÍDO DOS AVIÕES DEVIDO AO NÍVEL OU FREQUÊNCIA DAS INTERRUPÇÕES.

IMPACTO SERIO : A ATIVIDADE PODE EXECUTAR-SE SOMENTE COM DIFICULDADE DENTRO DO AMBIENTE AFETADO PELO RUÍDO DOS AVIÕES, DEVIDO AO NÍVEL OU FREQUÊNCIA DAS INTERRUPÇÕES.

IMPACTO CRITICO : A ATIVIDADE NÃO PODE SER REALIZADA ACEITAVELMENTE NO AMBIENTE AFETADO PELO RUÍDO DOS AVIÕES.

ATIVIDADE HUMANA	IMPACTO ESTIMADO (NEF)					
	10	20	30	40	50	60
	Ldn (dBA)					
	45	55	65	75	85	95
CONVERSA INTENSA						
CONVERSA CASUAL						
USO DO TELEFONE						
DORMIR						
COMER						
LEITURA						
MEDITAR						
ESCREVER						
ESTUDAR						
SEMINÁRIOS, DISCUSSÕES EM GRUPO						
SALAS DE AULA, CONFERÊNCIAS						
ATIVIDADE INDIVIDUAL CREATIVA						
TEATRO						
VER FILMES						
VER TELEVISÃO						
ESCUTAR MÚSICA						
CERIMÔNIAS, TRADIÇÃO						
EVENTOS PÚBLICOS, ASSAMBLÉIAS						
ESPECTADOR ESPORTIVO						
RECREAÇÃO PÚBLICA						
RECREAÇÃO FÍSICA						
ATIVIDADES AO AR LIVRE						
URBANAS AO AR LIVRE						
CUIDADO PROLONGADO DE CRIANÇAS						
TRANSPORTE						
FAZER COMPRAS						
TRABALHO MANUAL TÉCNICO						
TRABALHO MANUAL PRÁTICO						
OPERAÇÃO DE EQUIPAMENTOS(1)						
TRABALHO DE REPETIÇÃO						
TRABALHO MANUAL						
EQUIPAMENTOS SENSÍVEIS AO RUÍDO						

(1) DEPENDE DAS CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO EM USO

TABELA 42. NÍVEIS DE RUÍDO (dBA) INTERNO ACEITÁVEIS PARA O DESENVOLVIMENTO DE VÁRIAS ATIVIDADES DENTRO DOS PRÉDIOS

TIPO DE LUGAR (E REQUISITOS ACÚSTICOS)	NÍVEL APROPRIADO (dBA)
SALÕES DE CONCERTO, ÓPERA E RECITAIS (PARA ESCUTAR SOMS MUSICAIS FÉRVES)	21 a 30
ESTUDOS DE RADIOFUSÃO E GRAVAÇÃO (USANDO COMO CAPTADOR SONORO UM MICROFONE AFASTADO)	21 a 30
GRANDES AUDITÓRIOS, TEATROS E IGREJAS (PARA CONDIÇÕES EXCELENTES DE ESCUTA)	NÃO EXCEDER 30
ESTUDOS DE RADIOFUSÃO, TV E GRAVAÇÃO (USANDO COMO CAPTADOR SONORO APENAS MICROFONE CONTÍGUO)	NÃO EXCEDER 34
PEQUENOS AUDITÓRIOS, TEATROS E IGREJAS; LUGARES PARA REUNIÕES E CONFERÊNCIAS (PARA BOA ESCUTA), OU ESCRITÓRIOS EXECUTIVOS E SALAS DE CONFERÊNCIA PARA 50 PESSOAS (SEM AMPLIFICAÇÃO); LUGARES PARA ENSAIO DE MÚSICA	NÃO EXCEDER 42
DORMITÓRIOS, HOSPITAIS, RESIDÊNCIAS, APARTAMENTOS, HOTEIS, MOTELs, ETC. (PARA DORMIR, DESCANSAR E RELAXAMENTO)	34 a 47
ESCRITÓRIOS PRIVADOS OU SEMIPRIVADOS, PEQUENAS SALAS DE CONFERÊNCIA, SALA DE AULA, BIBLIOTECAS ETC. (PARA BOAS CONDIÇÕES DE ESCUTA)	38 a 47
SALAS DE ESTAR E LUGARES SIMILARES NAS CONSTRUÇÕES (PARA CONVERSAR OU ESCUTAR A RÁDIO E TV)	38 a 47
ESCRITÓRIOS GRANDES, ÁREAS DE RECEPÇÃO, LOJAS, LANCHINETES, RESTAURANTES ETC. (PARA ESCUTAR MODERADAMENTE BEM)	42 a 52
VESTÍBULOS, LUGARES DE TRABALHO EM LABORATÓRIOS, SALAS DE ENGENHARIA E DESENHO (PARA ESCUTAR RAZOÁVELMENTE)	47 a 56
SALAS DE COMPUTADORES, COZINHAS E LAVANDERIAS (PARA CONDIÇÕES MODERADAMENTE RAZOÁVEIS DE ESCUTA)	52 a 61
LOJAS, GARAGENS, SALAS DE CONTROLE DAS PLANTAS DE ENERGIA ETC. (QUASE ACEITÁVEL PARA CONVERSA E COMUNICAÇÃO TELEFÔNICA).	56 a 66
NÍVEIS ACIMA DE 60 NÃO SÃO RECOMENDÁVEIS PARA NENHUM ESCRITÓRIO OU SITUAÇÃO DE COMUNICAÇÃO.	
PARA LUGARES DE TRABALHO ONDE NÃO É REQUISITO FALAR OU COMUNICAR-SE POR TELEFONE, PORÉM NÃO DEVE-SE TER RISCO DE PERIGO AUDITIVO.	66 a 80

FONTE: MARYLAND DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (12)

TABELA 43. VALORES PERMISSÍVEIS DO L_{dn} AO AR LIVRE, PARA RUÍDO INTERMITENTE DE AVIÕES

ALTERNATIVAS LÍMITE	DIFERENÇA NOS VALORES DIURNOS E NOTURNOS DO NÍVEL SONORO MÉDIO AO AR LIVRE (dB)		
	0	4 (*)	10
EFEITO DIRETO REQUISITO: NO DIA, 8 HORAS AO AR LIVRE COM Leq = 80 dB			
EFEITO INDIRETO REQUISITO: NA NOITE, 8 HORAS DENTRO DE CASA COM Leq = 65 dB NO INTERIOR OU 80 dB AO AR LIVRE	86 (**)	83 (**)	80 (**)
	86	87	90

(*) VALOR MAIS PROVÁVEL NESSE RANGO DE L_{dn}
 (**) SE O RUÍDO EXTERNO É CONSTANTE, ISTO É, NÃO COMPOSTO DE UMA SÉRIE DE EVENTOS INDIVIDUAIS COMO O RUÍDO PRODUZIDO POR AVIÕES, ISTOS VALORES SERÃO REDUZIDOS EM 5dB.

FONTE: MARYLAND DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (12)

COMPATIBILIDADE DO USO DO SOLO SEGUNDO O RUÍDO PRODUZIDO NO POUSO-DECOLAGEM DE AVIÕES

ZONA SENSÍVEL AO RUÍDO	Ldn	CNR	NEF	NEF	COMPATIBILIDADE DO USO DA TERRA										
					RESIDENCIAL	COMERCIAL	HOTEL, MOTEL	ESCRITÓRIOS	PRÉDIOS PÚBLICOS	ESCOLAS, HOSPITAIS E IGREJAS	TEATROS	AUDITÓRIOS	ANFITEATROS AO AR LIVRE, TEATROS	RECREAÇÃO AO AR LIVRE (NÃO ESPECTADOR)	INDUSTRIAL
I	<55	<90	<-10	Aprox <24	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	A	A	Sim	Sim
II	55-65	90-100	-10-0	24-34	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	C	C	C	Não	Sim	Sim
III	65-80	100-115	0-15	34-49	B	Sim	C	C	C	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim
IV	>80	>115	>15	>49	Não	C	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	C

- A.- Deve empreender-se uma análise detalhada do ruído por pessoal qualificado para todos os auditórios musicais interiores ou ao ar livre e todos os teatros ao ar livre.
- B.- A experiência em casos-históricos indica que podem aparecer queixas individuais, quiças vigorosas. É possível ação grupal. Deve evitar-se a construção de novas moradias individuais.
- C.- Evitar construção de vivendas de alta densidade pode aplicar a nota C.
- Para evitar construções, a menos que seja feito uma análise detalhada dos requisitos para redução do ruído e sejam incluídos no desenho do prédio as características necessárias para controle do ruído.

FIGURA 27. CARTA DE COMPATIBILIDADE DO USO DO SOLO
(PARA USO COM A TABELA Nº 45)

CATEGORIA DE USO DO SOLO	IMPACTO ESTIMADO (NEF)			
	20	30	40	50
	Ldn (dBA)			
	55	65	75	85
RESIDENCIAL - CASAS INDIVIDUAIS E PARA DOIS FAMILIAS, CASAS MÓVEIS				
RESIDENCIAL - APARTAMENTOS MULTIFAMILIARES DORMITÓRIOS, CRANATOS , QUARTEIS ETC.				
ALOJAMENTO PASSAGEIRO - HOTÉIS HOTÉIS				
ESCOLAS, BIBLIOTECAS, IGREJAS , HOSPITAIS ETC.				
AUDITORIOS, ANFITEATROS AO AR LIVRE, SALAS DE CONCERTOS MÚSICAIS				
CAMPOS PARA ESPORTES				
PARQUES				
ÁREAS DE LAZER CEMITÉRIOS				
ESCRITÓRIOS, SERVIÇOS PROFISSIONAIS E COMERCIAIS				
COMERCIAL - REVENDA, TEATROS, RESTAURANTES				
COMERCIAL/INDUSTRIAL				
INDÚSTRIAS - SENSÍVEIS AO RUÍDO COMUNICAÇÕES-SENSÍVEIS AO RUÍDO				
CRIAÇÃO DE ANIMAIS				
AGRICULTURA, MINERAÇÃO, PESCA				

FONTE: MARYLAND DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (12)

TABELA 45. INTERPRETAÇÕES DA COMPATIBILIDADE DO RUÍDO PARA
USO COM A FIGURA (27)

RECOMENDAÇÕES GERAIS DO USO DA TERRA (*)	
A	SATISFATÓRIO. NENHUM REQUISITO ESPECIAL DE ISOLAMENTO DE RUÍDO PARA NOVAS CONSTRUÇÕES
B	NOVAS CONSTRUÇÕES OU DESENVOLVIMENTOS DEVEM EVITAR-SE EXCETO COMO POSSÍVEL PREENCHIMENTO DE ÁREAS JÁ DESENVOLVIDAS. EM TAIS CASOS SERÁ FEITO UM ANÁLISE DETALHADO DOS REQUISITOS DE ISOLAMENTO SONORO, E AS CARACTERÍSTICAS NECESSÁRIAS PARA ISOLAMENTO DO RUÍDO SERÃO INCLUÍDAS NO DESENHO DO EDIFÍCIO.
C	NOVAS CONSTRUÇÕES OU DESENVOLVIMENTOS NÃO DEVEM SER PERMITIDOS
D	NOVAS CONSTRUÇÕES OU DESENVOLVIMENTOS NÃO DEVERIAM PERMITIR-SE A MENOS QUE SEJA FEITO UMA ANÁLISE DETALHADA DOS REQUISITOS PARA REDUÇÃO DO RUÍDO E SE INCLUA NO DESENHO AS CARACTERÍSTICAS DE ISOLAMENTO.
E	NÃO DEVE PERMITIR-SE NOVAS CONSTRUÇÕES OU DESENVOLVIMENTOS A MENOS QUE ESTEM RELACIONADAS DIRETAMENTE ÀS ATIVIDADES DO SERVIÇOS DO AEROPORTO. GERALMENTE CONSTRUÇÕES CONVENCIONAIS SERÃO INADEQUADAS E CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS DE ISOLAMENTO DO RUÍDO DEVEM SER INCLUÍDAS. DEVE SER FEITO UMA ANÁLISE DETALHADA DOS REQUISITOS PARA REDUÇÃO DO RUÍDO E AS CARACTERÍSTICAS NECESSÁRIAS DE ISOLAMENTO SERÃO INCLUÍDAS NA CONSTRUÇÃO OU DESENVOLVIMENTO
F	DEVE FAZER-SE UMA ANÁLISE DETALHADA DO RUÍDO AMBIENTAL CONSIDERANDO TODAS AS FONTES URBANAS E DE TRANSPORTE. OS REQUISITOS ESPECIAIS PARA REFORÇO DOS SISTEMAS SONOROS OU CARACTERÍSTICAS PARA ISOLAMENTO DO RUÍDO SERÃO INCLUÍDAS NO DESENHO BÁSICO.
G	NOVOS DESENVOLVIMENTOS DEVEM EVITAR-SE EXCETO COMO POSSÍVEL EXPANSÃO DE ÁREAS JÁ DESENVOLVIDAS.

PREDIÇÃO DA RESPOSTA DA COMUNIDADE (")	
I	ALGUMAS QUEIXAS PODEM OCORRER, E O RUÍDO PODE, OCASIONALMENTE, INTERFERIR COM ALGUMAS ATIVIDADES.
II	EM ÁREAS DESENVOLVIDAS, INDIVÍDUOS PODEM QUEIXAR-SE, QUICÁ VIGOROSAMENTE, E AÇÃO DO GRUPO É POSSÍVEL.
III	EM ÁREAS DESENVOLVIDAS, PODE ESPERAR-SE QUEIXAS VIGOROSAS E AÇÃO EM GRUPO.

(*) AS RECOMENDAÇÕES DO USO DA TERRA ESTÃO BASEADAS NA EXPERIÊNCIA E BOM SENSO SEM CONSIDERAR VARIAÇÕES ESPECÍFICAS NA CONSTRUÇÃO (TAIS COMO ACONDICIONAMENTO DO AR E ISOLAMENTO DO EDIFÍCIO) OU EM OUTRAS CONDIÇÕES FÍSICAS (TAIS COMO REGIÃO E ATMOSFERA). ESTAS CARACTERÍSTICAS E OUTRAS ENVOLVENDO CONDIÇÕES SOCIAIS, ECONÔMICAS E POLÍTICAS DEVEM SER CONSIDERADAS AO RECOMENDAR COMBINAÇÕES DO USO INDIVIDUAL E DENSIDADE DE CONSTRUÇÕES EM SITUAÇÕES ESPECÍFICAS.

(") PREDIÇÕES DE RESPOSTAS DA COMUNIDADE SÃO GENERALIZAÇÕES BASEADAS NA EXPERIÊNCIA RESULTANTE DO DESENVOLVIMENTO E VOLUCIONÁRIO DE VÁRIAS UNIDADES INTERNACIONAIS DE EXPOSIÇÃO AO RUÍDO. PARA SITUAÇÕES ESPECÍFICAS TAMBÉM DEVE CONSIDERAR-SE OS NÍVEIS DO RUÍDO DE FUNDO E AS CONDIÇÕES SOCIAIS, ECONÔMICAS E POLÍTICAS QUE EXISTEM.

FIGURA 28. ISOLAMENTO FORNECIDO CONTRA RUÍDO DE AVIÕES POR UMA CASA DE CONSTRUÇÃO ORDINÁRIA DE TIJOLOS, QUANDO AS JANELAS ESTÃO ABERTAS, FECHADAS OU COM VÍDRO DUPLA

3.2.1. GENERALIDADES

O objetivo deste trabalho é servir de guia nos estudos de avaliação do impacto ambiental gerado por um Aeroporto e deste modo ajudar na minimização dos impactos produzidos, pois a solução aos problemas gerados só poderá alcançar-se quando a magnitude dos impactos seja descrita adequadamente, já que, só então, eles poderão ser quantificados e ter-se-ão condições de determinar as ações necessárias para minimizá-los.

No desenvolvimento dos itens pode ser observado o estabelecido pelo "U. S..Department of Transportation Federal Aviation Administration Office of Airport Programs"^{40,41,43}, nas leis, regulamentos e normas relativos a estudos ambientais, relatórios ou procedimentos para desenvolvimento de Aeroportos.

As instruções fornecidas são aplicáveis aos problemas típicos presentes nos seguintes casos:

- . expansão de um Aeroporto Metropolitano já existente.
- . fase de planejamento e localização de um novo Aeroporto para uma área metropolitana principal.
- . fase de planejamento e localização de um novo Aeroporto para uma área rural.
- . ampliação de um Aeroporto pequeno que não constitui impacto significativo no ambiente.

Em concordância com as normas existentes indica-se que impactos devem ser considerados e como deveria ser abordado, analisando e apresentando cada impacto.

3.2.2. METODOLOGIA

Na discussão de cada categoria ambiental são sugeridos níveis de análise e a profundidade necessária no estudo

para que a avaliação seja confiável. Porém, o uso de um nível limite particular deve consederar-se dentro do contexto da situação local; isto é, um projeto que envolve controvérsias numa categoria particular de impacto, pode necessitar maior profundidade na análise do mesmo. A extensão da controvérsia e oposição pode causar outros impactos que deverão ser estudados com maior detalhe para dar melhor suporte ao projeto em geral.

De alguma forma todos os impactos são relacionados entre si, e nenhuma das pesquisas pode ser desenvolvida independentemente. Consequentemente, no início da avaliação é importante considerar que impactos precisam os mesmos dados de referência ("background"), assim como aqueles nos quais medidas de melhoria influenciariam os outros. Na Figura 29 se resume o tipo de informação que se deve coletar para todas as categorias de impactos.

É essencial que exista coordenação entre o estudo ambiental e esforços preliminares de engenharia, pois grande parte dos dados necessários na condução dos estudos técnicos ambientais é derivada de estudos preliminares de engenharia.

3.2.3. ASPECTOS A CONSIDERAR NO RECONHECIMENTO DO LUGAR PROPOSTO PARA O AEROPORTO E NA AVALIAÇÃO INICIAL DOS DIFERENTES IMPACTOS.

3.2.3.1. DADOS A OBTER NO RECONHECIMENTO DO LUGAR.

Para:

- . Ruído:
 - . identificar os corredores potenciais de ruído
- . Ruído e Usos do Solo
 - . Verificar os usos do solo e localizar as áreas sensíveis

FIGURA Nº 29

DADOS BASE PARA A ANÁLISE DO IMPACTO AMBIENTAL PRODUZIDO POR UM AEROPORTO

DADOS BASE	VEGETAÇÃO E VIDA SILVESTRE	QUALIDADE DA ÁGUA E RECURSOS DE ÁGUA	HIDROLOGIA	PERIGOS DE ENCHENTES	ZONAS ALAGADAS E COSTEIRAS	RUIDO	USO DO SOLO	IMPACTO SOCIO- ECONÔMICO DI- RETO	IMPACTO SOCIO- ECONÔMICO INDI- RETO (DIFERIDO)	QUALIDADE DO AR	LUGARES HISTÓRI- COS E ARQUEOLÓ- GICOS	ABASTECIMENTO DE ENERGIA E DESENVOLVIMEN- TO DE RECURSOS NATURAIS.
Dados de estudos preliminares de engenharia		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Dados do plano diretor	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Dados operacionais do aeroporto												
Dados econômicos e previsões												
Mapas topográficos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fotos aéreas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mapas de estradas e volume do tráfego												
Planos do uso da terra	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mapas de zoneamento												
Dados de Censos												
Decretos (Leis) especiais	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mapas de parques e espaços abertos	X											
Pedreiros históricos e arqueológicos												
Dados de facilidades públicas												
Ita, se outras facilidades da comunidade												
Equipamentos das rotas de tráfego												
Dados das taxas de impostos a imóveis												
Relocalização de recursos												
Mapas do solo e relatórios	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mapas geológicos, tabelas de água e relatórios	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mapas de drenagem, planos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mapas de distribuição da vida silvestre	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Listagem das espécies raras ou em perigo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mapas dos terrenos inundáveis												
Mapas e dados das zonas alagadas e costeiras												
Características significativas da paisagem	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Qualidade da água: Classificação		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Dados meteorológicos		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Dados de qualidade do ar												
Mapas de consumo de energia												

- . características das áreas sensíveis : tamanho, nível de atividade e tipo de construção.
- . Usos do Solo
 - . Número, tipo e localização das estruturas a serem adquiridas e/ou aquelas impactadas pelo ruído.
 - . localização dos parques públicos, áreas de lazer, refúgios naturais (Nacionais, Estaduais e locais) de vida silvestre e aves aquáticas, assim como qualquer lugar de importância histórica seja de propriedade particular ou pública.
- . Vegetação e Vida Silvestre
 - . verificar a extensão do habitat natural e dos tipos de comunidades indicados nas fotografias aéreas.
 - . identificar as comunidades bióticas ou vegetação associada.
 - . observar a vida silvestre ou seus indícios.
- . Qualidade da Água
 - . localizar todos os cursos, corpos de água e terras alagadas que poderiam ser afetados pelo projeto.
 - . indicar as fontes potenciais de poluição e qualquer tipo de poluição grosseira como : problemas de erosão severa e sedimentação, evidência de esgoto cru, etc.
- . Hidrologia
 - . inventariar as estruturas ou modelos de drenagem existentes.
 - . identificar qualquer problema visível no lugar ou águas abaixo.
- . Perigo de inundações
 - . verificar os usos existentes da terra em volta ao lugar proposto.
 - . inspecionar todas as estruturas controle e verificar as

condições existentes.

Qualidade do ar

- . verificar os limites do projeto e a localização das áreas sensíveis.
- . no caso de um Aeroporto existente, estimar os tempos de taxeo dos aviões, níveis de atividade nas áreas de estacionamento e o nível de serviço das vias de acesso. Selecionar as possíveis localizações dos pontos receptores onde é necessário monitorar o ar.

Impacto Socioeconômico Direto

A visita ao lugar, suplementada pelos dados de censos e do departamento local de planejamento demográfico indicará o seguinte :

- . número de residências, negócios e pessoas a ser deslocados.
- . parques, escolas, igrejas, hospitais, a ser deslocados ou interrompidos temporária ou permanentemente pelo ruído ou alterações nos acessos
- . características das famílias deslocadas e das residências a ser adquiridas.
- . custo (próprio ou alugado) das residências deslocadas
- . características dos negócios deslocados
- . localização de residências e negócios em relação a serviços comparáveis da comunidade
- . se o projeto envolve melhoras nas facilidades existentes, verificar as fontes de abastecimento de água e os métodos de disposição de esgotos e resíduos sólidos
- . Impactos Induzidos
 - . desenvolvimento potencial fora do lugar do projeto, particularmente em relação a qualquer melhora proposta nos acessos.

. Lugares Históricos e Arqueológicos

- . verificar sua localização, uso e importância

. Emissões de luz

- . No caso de Aeroportos existentes : identificar as facilidades existentes com emissões de luz, e localizar as áreas com possível incômodo pela luz.

3.2.3.2. AVALIAÇÃO INICIAL DOS IMPACTOS : MATERIAL A REVISAR
E DADOS A OBTER

Revisar:

- . Planos específicos do projeto e/ou planos diretrizes de desenvolvimento do Aeroporto, mapas adicionais das pistas, fotografias aéreas da zona e de áreas alternativas, estudos preliminares de engenharia.

Obter dados para

. Ruído

- . orientação das pistas, conseqüentemente a direção básica do ruído dos aviões

. Vegetação e vida silvestre

- . determinar se a ação proposta resultará na remoção de qualquer vegetação suporte de vida silvestre
- . definir os limites físicos do projeto e os habitats adjacentes.

. Qualidade da Água

- . cursos e/ou corpos de água, terras alagadas na área do projeto
- . planos na bacia hidrográfica
- . planos de drenagem do lugar, existentes e/ou propostos
- . critérios de desenho relativos ao estoque de água em represas ou lagoas temporárias ou propostas permanentemente.
- . planos de disposição dos esgotos e facilidades de tratamento

mento.

- . planos de abastecimento de água
- . pesquisas de solos.
- . informação sobre aterros na área
- . Terras alagadas e zonas costeiras
 - . identificar os limites propostos para o Aeroporto e sua localização com relação às terras alagadas e, a proximidade de uma zona costeira
- . Qualidade do ar
 - . configuração do Aeroporto e dados da velocidade do vento
 - . tráfego da área, outras fontes de poluição, tráfego aéreo e facilidades a pouca distância da comunidade
 - . configuração das estradas, velocidades, acessos.
- . Lugares históricos e arqueológicos
 - . revisar os esforços de preservação associados com expansões ou planos de desenvolvimento.
 - . relacionar os limites do Aeroporto com estes recursos culturais.
- . Impactos Socioeconômicos Diretos
 - . necessidades de aquisição e/ou realocização de propriedades, realocização de rodovias, modificações ou novas construções necessárias, sistemas existentes e/ou propostos para abastecimento de água potável, sistemas de disposição de esgotos e planos de disposição dos resíduos sólidos.
- . Abastecimento de energia
 - . necessidades de energia para operar todas as facilidades
- . Emissão de luz
 - . identificar os componentes do projeto e situar as fontes de luz

Revisar :

- . Mapas dos usos atuais e planos dos usos futuros da terra na área do projeto.

Obter dados para :

- . Ruído e usos do solo
 - . áreas sensíveis e usos do solo em torno do Aeroporto

Revisar :

- . operações existentes e/ou planejadas para o Aeroporto

Obter dados para :

- . Ruído e qualidade do ar
 - . frequência e intensidade da atividade diária : número diário de operações.
 - . padrões de utilização das pistas sob condições normais de operação
 - . número de aviões de cada tipo que usam uma dada pista
 - . rotas de aproximação e decolagem que o avião segue
- . Abastecimento de energia
 - . necessidades de energia para as operações

Revisar :

- . dados de censos e moradias, projeções econômicas e de população, planos do transporte existente e futuro incluindo as ferrovias, tráfego pesado, facilidades primárias e interes taduais.

Obter dados para :

- . Usos do solo
 - . grau de desenvolvimento da zona, número e tipo das estruturas existentes

Revisar :

- . artigos de jornais e/ou correspondência.

Obter dados para :

- . Usos do solo
 - . opinião do público sobre o projeto.

Revisar :

- . estudos preliminares de engenharia, mapas topográficos e/ou mapas de drenagem na zona do projeto.

Obter dados para :

- . Hidrologia
 - . planos para realocização dos cursos de água
 - . canais drenadores propostos e/ou planos dos sistemas coletores de água pluvial a ser incorporado dentro do projeto.
- . Perigo de inundações
 - . determinar se existe esse perigo

Revisar :

- . custos de construção do projeto

Obter dados para :

- . Impactos socioeconômicos diretos
 - . dados base sobre empregos a curto prazo

Revisar :

- . estudos financeiros e estudos preliminares de planejamento

Obter dados para :

- . Impactos induzidos
 - . definir as ações que podem induzir desenvolvimento complementário fora do lugar.

3.2.4. IMPACTOS PROVÁVEIS

3.2.4.1. RUÍDO

O primeiro passo na análise do ruído é situar o Aeroporto em seu marco regional e identificar os corredores potenciais de ruído, os trabalhos subsequentes são apresentados na Figura 30.

A extensão dos dados operacionais necessários de

FIGURA 30. ESQUEMA DO PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DO IMPACTO PRODUZIDO PELO RUÍDO DE AVIÕES

pende da metodologia de análise do ruído que será usada.

Qualquer estimativa considerando utilização futura de pistas e rotas de voo deve ser coordenada com o pessoal da torre de controle do Aeroporto.

Na avaliação da situação existente (se aplicável) e condições futuras com e sem o projeto, considerar o número de operações diurnas (07 à 22:00 h) e noturnas (22 à 07:00h) de decolagem e aterragem para cada tipo de avião sobre cada pista sob condições normais de operação do Aeroporto.

. Definição das Condições existentes

Considerar os seguintes casos :

- . Aeroporto novo : descrever as condições existentes em termos de usos gerais do solo ao redor do projeto e discutir os níveis e fontes de ruído ambiental existentes.
- . ampliação de um Aeroporto : a avaliação deve incluir pelo menos contornos de ruído para as operações existentes e planejadas, com e sem o projeto de ampliação.

. Determinação do Nível de Avaliação do Impacto

A avaliação mínima necessária para ter condições de estabelecer a área potencialmente sensível ao ruído, deve considerar o desenvolvimento de contornos contínuos de igual exposição ao ruído usando qualquer uma das medidas acumulativas do ruído (NEF, Ldn, CNR ...).

Tais contornos mostrarão os limites das áreas expostas a níveis de ruído iguais ou maiores que Ldn 65 (NEF30, CNR100) ou equivalentes para as condições existentes e planejadas, com e sem o projeto proposto. Também deve considerar-se o efeito resultante de ações afins tais como instalação de auxílio à navegação e procedimentos de controle do tráfego aéreo.

A análise ter-se-á concluído se :

- . não há nenhuma comunidade sensível ao ruído dentro do contorno 30 NEF ou equivalente
- . não existe nenhuma objeção ao projeto baseada no ruído.

Será necessário uma análise adicional, para áreas sensíveis ao ruído, situadas dentro do contorno 30 NEF ou equivalente, se :

- . a ação proposta é muito controvertida devido ao ruído
- . as áreas sensíveis são expostas pela primeira vez a operação de aviões a jato
- . o incremento do ruído é maior que três unidades (Ldn, CNR) sobre as que existiriam sem o projeto. No cálculo desta diferença deve considerar-se qualquer procedimento de abatimento do ruído que exista.

Quando é necessário efetuar a análise adicional do ruído, deve encontrar-se a duração média superior a 65, 75, 85, 95, 105 e 115 dBA para as condições planejadas com e sem o projeto. Neste caso os cálculos são feitos por computador podendo usar-se o "Modelo Integrado de Ruído" (INM)³⁴ o qual dá níveis médios de ruído acima de vários níveis limite.

Análise do Impacto

. Metodologia

Existem vários critérios para analisar este impacto segundo foi descrito no Capítulo II.

No anexo A se fornece a metodologia para o cálculo do Índice diuturno (Ldn) num ponto.

Para o desenvolvimento dos contornos de ruído (NEF, Ldn) no caso de Aeroportos pequenos, na referência 39 é apresentado um método resumido.

No caso de grandes Aeroportos, pela magnitude das operações é necessário usar computador para o cálculo destes contornos. Existem programas prontos¹⁹ para o deseen

volvimento dos contornos e podem ser solicitados a seus autores.

Nestes programas os dados saem num formato tal, que logo os valores similares de ruído podem ser conectados formando os contornos.

Estes contornos devem ser desenvolvidos para as condições existentes (se aplicável) e para condições futuras com e sem o projeto; a seguir plotam-se como cobertura sobre o mapa da área base do projeto, mostrando as áreas sensíveis e usos da terra existentes e propostos. Neste mesmo mapa ~~de~~ de mostrar-se níveis de ruído nas áreas sensíveis para o avião mais ruidoso, o mais silencioso, e o avião médio na maioria das operações.

Aa vezes é necessário identificar também os ruídos-pico.

O ruído de outras fontes deve ser analisado quando seu efeito aditivo é significativo. Em geral, se na análise do ruído dos aviões encontraram-se valores superiores à 30-35 NEF, pode considerar-se que o ruído ambiental devido a outras fontes urbanas ou de transporte é provavelmente desprezível.

. Quantificação dos Impactos

Para possibilitar uma melhor avaliação quantitativa e menos subjetividade, depois de traçarem-se os contornos de ruído deve fazer-se uma análise das áreas expostas, pesquisando as áreas sensíveis ao ruído dentro dos contornos apropriados e avaliando o impacto em relação aos critérios estabelecidos.

A informação sobre cada área sensível incluirá :

- . identificação do tipo de atividade
- . uso de facilidades por hora do dia e número de pessoas

- . Tipo de construção dos edifícios (incluindo uso de ar condicionado).

Os impactos do ruído podem quantificar-se de vários modos, assim temos :

- . Impacto por uso do solo

Quantificar as áreas sensíveis expostas dentro de uma faixa de contornos. Por exemplo, ter-se-á uma quantificação comparativa, medindo as áreas expostas dentro dos contornos 30-40 NEF antes da modificação de um Aeroporto e depois da implantação do projeto.

- . Impacto por população afetada

Determinar o número de pessoas dentro dos contornos de ruído antes e depois da modificação ou construção de Aeroporto, usar dados demográficos disponíveis ou estimativas de população.

- . Impacto por área sensível

Nas áreas sensíveis, mostrar os valores NEF ou equivalentes antes e depois da modificação ou construção de Aeroporto. Indicar para cada área sensível a duração dos níveis de ruído acima dos níveis limite de 65 a 115 dBA, assim como os valores Ldn.

- . Proporcionar tabelas comparativas

Preparar uma tabela de níveis comparativos de ruído, indicando valores típicos (dBA) encontrados na vida diária e na indústria (Ver Figura 25).

- . Identificação dos impactos a curto e longo prazo

. O impacto a curto prazo, no desenvolvimento de um Aeroporto, está mais ligado a ruídos próprios da construção que a ruído de aviões.

. Impactos a longo prazo estão diretamente relacionados a compatibilidade do uso do solo e atividades dentro

dos corredores de ruído estabelecidos.

- . Avaliação e comparação com Leis, padrões e procedimentos existentes.

Os níveis de ruído encontrados para o caso analisado devem comparar-se com os critérios estabelecidos e recomendados (estes critérios estão documentados na coletânea de tabelas)

- . Medidas para minimizar o impacto

Para reduzir os níveis de ruído produzidos pelos aviões nas comunidades, podem aplicar-se medidas de controle na fonte, nas rotas, nos Aeroportos e nos usos da terra (ver Capítulo II).

Como exemplo destas ações temos :

- . readaptação da frota de aviões comerciais usando tecnologia de abatimento do ruído, uso de procedimentos especiais na aterragem e decolagem, restrição nas operações dos vôos, uso de pistas preferenciais.
- . proteção dos receptores sensíveis ao ruído que se pode efetuar através de isolamento sonoro em residências e outras estruturas sensíveis, ou por compra de terrenos e subsequente relocação dos usos incompatíveis do solo.

3.2.4.2. USOS DO SOLO

Esta análise é importante pela estreita relação do uso do solo com outras categorias de impactos, por seu potencial para induzir impactos secundários ou usos diferentes do solo e porque permite determinar as necessidades de terreno para desenvolvimento do projeto e identificar as áreas de neradiação ou comércio que serão realocadas.

O procedimento esquematizado de avaliação deste impacto é apresentado na Figura 31.

FIGURA 31. ESQUEMA DO PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DO IMPACTO SOBRE O USO DO SOLO

Na análise é conveniente considerar o seguinte :

- . quando o projeto concorda com o zoneamento estabelecido e planos do uso do solo devem ser tomadas garantias de que o zoneamento e outros controles do uso do solo estão aprova
dos e serão cumpridos.
- . onde o zoneamento vai ser promulgado deve apresentar-se do
cumentação de todas as áreas afetadas. As cartas de compre
nisso terão informação suficiente considerando planos de so
neamento e usos do solo para facilitar sua revisão e apro
vação.
- . quando não existem planos do uso do solo ou leis de zonea
mento, as autoridades responsáveis apresentarão cartas de
compromisso indicando que os planos e controles do uso do
solo serão propostos e estabelecidos coordenadamente em
tempo razoável.
- . sob qualquer circunstância é necessário ter segurança da
cooperação do Governo local e provas da compatibilidade do
uso da terra.

. Determinação das condições existentes

Para fazer esta determinação é necessário :

- . descrever e ilustrar os usos do solo e zoneamento existen
tes na área do projeto, incluindo identificação das áreas
residenciais e sensíveis dentro dos contornos de ruído.
Resumir os usos compatíveis e incompatíveis, ressaltando
os primeiros.
- . fazer referência à afinidade do zoneamento e usos do solo
existentes com os planos locais e regionais dos futuros
usos do solo.

Os usos compatíveis do solo não constituem perigo às ope
rações do Aeroporto e não são degradados por elas; para
identificá-los tem sido conduzidos vários estudos. Os

critérios existentes são fornecidos na coletânea de tabelas.

. Definição do nível de avaliação do impacto

Existem três níveis de avaliação, segundo o impacto seja mínimo, moderado ou significativo.

Para determinar em que nível cai um projeto podem usar-se os seguintes critérios :

. Impacto mínimo:

Pode ser associado com a expansão ou melhoramento de um ~~aero~~ porto existente ou com ações tais como auxílio à navegação, iluminação, reparação etc. Este nível de impacto é ~~rara~~ vezes aplicado ao estabelecimento de um Aeroporto novo e inclui as seguintes condições :

- . não é necessário análise do ruído ou não se tem identificação das áreas sensíveis ao ruído dentro do contorno 30 NEF (ou equivalente).
- . no exterior do Aeroporto não é preciso maiores utilidades ou melhoras na estrada de acesso.
- . a expansão não produzirá mudanças no Aeroporto, dentro da economia da área de serviço ou no sistema de transporte.
- . o desenvolvimento proposto é compatível com planos e metas locais ou regionais.
- . dentro da área do projeto não existe nenhum parque público, área de lazer, lugar histórico, refúgio de vida silvestre e aves aquáticas de importância nacional, estadual ou local.

Se as condições anteriores estão presentes pode assumir-se que os impactos sobre o uso do solo serão mínimos e que não será significativo o desenvolvimento induzido pela instalação do Aeroporto.

. Impacto moderado

Este impacto implica nas seguintes condições :

- . o incremento, na exposição ao ruído, sobre aquele que poderia existir sem o projeto, é menor que 3 unidades de ruído.
- . a expansão dos serviços existentes ou acessos necessários não alteraram significativamente os padrões de acesso existentes ou capacidade dos serviços públicos disponíveis.
- . As melhoras no Aeroporto existente ou construção do novo Aeroporto não precisaram de extenso suporte exterior e pode ser manejado pelas facilidades existentes.
- . as melhoras não estão em conflito com os planos existentes locais ou regionais.
- . os parques públicos, áreas de lazer, refúgios naturais de vida silvestre e aquática, só são afetadas de forma mínima.

Neste nível pode esperar-se que a expansão do Aeroporto precise novos serviços suporte no lugar e fora dele. O desenvolvimento induzido pode também ser previsto se as melhoras permitem incremento nas operações.

. Impacto significativo

Este nível é aplicável à construção de um novo Aeroporto ou a uma grande expansão de um Aeroporto existente, podendo estar presentes uma ou mais das seguintes condições :

- . o incremento no ruído é maior que 3 unidades sobre aquelas criadas sem o projeto, ou a ação proposta é altamente controversa com relação aos impactos do ruído, ou áreas sensíveis estão expostas pela primeira vez à operação de jatos.
- . as novas estradas de acesso e facilidades necessárias para serviço do Aeroporto produzem expansão do serviço nas áreas fora do Aeroporto.
- . o desenvolvimento potencial estará em conflito com os planos ou usos locais.
- . é previsto um desenvolvimento induzido fora da área com impacto potencial sobre os serviços da comunidade.

. parques públicos, áreas de lazer, refúgios naturais de vida silvestre e aquática são afetados adversamente.

O critério geral descrito acima é razoavelmente consistente com cada outro dentro daquele nível de impacto previsto. É possível, porém, que algum impacto possa ser de um grau muito maior que os outros para uma situação específica de desenvolvimento do Aeroporto. Nesse caso a análise individual será intensificada segundo a seguinte metodologia:

- . Análise do impacto
- . Metodologia

Existem quatro procedimentos básicos para diferenciar impactos mínimos de grandes impactos. Estes são :

- . uso de procedimentos de avaliação segundo o descrito no Capítulo II na seção de ruído.
- . determinação das necessidades do projeto para facilidades suporte e/ou melhoras no acesso que poderiam induzir desenvolvimento fora do lugar.
- . relação do projeto às leis de zoneamento da área e planos do uso do solo para determinar sua conformidade.
- . avaliação de impactos sobre parques públicos, áreas de lazer, refúgios naturais de vida silvestre e aquática.

Se o impacto é mínimo, somente são necessários os seguintes passos :

- . referência à medida do ruído e gráfico indicando as áreas sensíveis ao ruído dentro do contorno 30 NEF (ou equivalente)
- . indicar as facilidades e estradas de acesso necessárias • descrever todas as alterações do serviço que serão limitadas primariamente ao local.
- . mostrar todos os elementos do projeto que não induzem desenvolvimento externo ou precisam suporte externo.
- . documentar as operações do Aeroporto compatíveis com as

leis e planos locais e indicar o zoneamento ou outros controles existentes ou que serão implementados em breve para garantir desenvolvimento compatível ao redor do Aeroporto.

Onde não existam controles do uso da terra; discriminar como se dará a longo prazo o desenvolvimento potencial da área do projeto, identificar as áreas de incompatibilidade e os controles que serão implementados nos casos onde o caráter da área mude.

. informar que nenhuma área de lazer, parque público ou refúgio natural de vida silvestre ou aves aquáticas, será afetado pela ação proposta.

Se a avaliação inicial indica que o impacto não é mínimo, para determinar a extensão do impacto é necessário:

. descrever os resultados da análise do ruído para cada área sensível identificada.

. fazer referência às discussões sobre necessidades de realocação e provisão de moradias substitutivas (ver impactos socioeconômicos diretos).

. avaliar as melhoras nos acessos e expansão das facilidades de serviços em relação ao desenvolvimento externo induzido incompatível ou imprevisto.

. identificar a afinidade do desenvolvimento do Aeroporto às metas e objetivos de planos locais/regionais; isto será feito através do desenvolvimento de métodos de controle ao redor do Aeroporto e documentação suporte.

. avaliar o incremento, na atividade do Aeroporto, resultante do projeto para determinar se serão criados ou necessários serviços suporte. Listar os tipos potenciais de serviços suporte e o zoneamento ou controles da terra existentes para limitar este tipo de crescimento.

. considerar o impacto sobre áreas de lazer, parques públicos.

refúgios de vida silvestre e aves aquáticas.

Se a análise indica que o projeto impacta severamente à vizinhança, conduz a usos sensíveis ao ruído, afeta acessos e/ou expande facilidades induzindo desenvolvimento exterior, deve usar-se a seguinte metodologia :

- . fornecer a distribuição total dos dados adicionais de ruído usando o Modelo Integrado de Ruído (INM) e informação sobre a resposta humana ao ruído.
- . indicar a quantidade de residências e comércios dentro dos contornos 30 e 40 NEF (ou equivalente). Onde existem áreas desocupadas, elas serão comparadas aos planos do uso futuro do solo para determinar se poderiam ocorrer conflitos.
- . descrever e documentar as seguranças para compatibilidade do uso do solo.
- . fazer referência aos efeitos socioeconômicos, efeitos na comunidade e/ou necessidades de realocização para alcançar compatibilidade ao ruído.
- . fornecer referências à discussão de alternativas e medidas para minimizar o perigo sobre as áreas de lazer, refúgios de vida silvestre, etc.
- . as estradas novas, melhoria das existentes ou ampliação das facilidades deve avaliar-se em termos do desenvolvimento induzido na área do projeto. O uso futuro desta terra será referido a controles existentes ou planos do uso futuro dela. Essencialmente, podem ocorrer três tipos de desenvolvimento exterior induzido:
 - . facilidades comerciais suporte para servir aos passageiros e necessidades de carga aérea e aerovias.
 - . facilidades industriais e comerciais necessárias para transporte e serviço de carga aérea.
 - . desenvolvimento urbano atraído pela melhoria nos acessos,

facilidades disponíveis, e incremento no tráfego gerado pelo Aeroporto.

Os tipos de desenvolvimento que poderiam localizar-se perto de Aeroportos devido a sua dependência ou vantagens de sua proximidade ao Aeroporto incluem :

- . terminais de carga aérea
- . terminais de carga terrestre
- . terminais de taxi e ônibus
- . distribuidores de carga aérea
- . vendas no atacado
- . fabricantes de aviões e acessórios
- . lojas de reparo de aviões
- . escolas de aviação
- . escolas das Companhias de Aviação Comercial
- . Companhias de levantamento aéreo
- . laboratórios de provas e pesquisa em aviação
- . áreas de armazenamento de veículos
- . estacionamentos
- . Agências que alugam automóveis
- . postos de gasolina
- . restaurantes
- . motéis e hotéis
- . clubes noturnos
- . centros de convenções
- . edifícios de escritórios
- . serviços bancários
- . "Shopping Centers"
- . atividades de lazer selecionadas

Para prever o desenvolvimento do uso do solo em torno de Aeroportos existem vários programas modelo para computador, porém para usá-los são necessários muitos dados e

computadores sofisticados e sua aplicação gera alguma imprecisão de resultados.

Geralmente os métodos mais válidos para avaliar o impacto induzido são previsões baseadas nas tendências do desenvolvimento histórico em áreas comparáveis a em estudo e/ou consulta a escritórios de planejamento local e regional.

. Identificação dos impactos a curto e longo prazo

Impactos a curto prazo envolvem distúrbios na comunidade circunvizinha resultante de realocização de estradas e atividades da construção.

Entre os impactos a longo prazo temos desenvolvimento induzido, necessidade de realocizações, impactos do ruído, etc.

Alguns dos maiores perigos e incômodos ambientais que existem hoje estão relacionados a desenvolvimento incompatíveis que ocorrem depois da construção do Aeroporto.

Uma das maiores contribuições que os estudos ambientais podem trazer é estimular às comunidades a estabelecerem controles apropriados do uso do solo.

O projeto de um Aeroporto pode ter a longo prazo impactos positivos primários e secundários sobre o uso do solo. Primariamente pode estimular o desenvolvimento compatível desejado e por esse mecanismo elevar a economia privada.

Secundariamente, pode facilitar o planejamento racional do uso do solo.

. Avaliação e/ou comparação com leis, padrões e procedimentos existentes.

O projeto deve concordar com o zoneamento existente ou proposto e com os planos do uso futuro do solo.

A exposição ao ruído deve ser avaliada em termos

de condições existentes e critérios de aceitabilidade (na coletânea de tabelas são fornecidos os critérios existentes).

. Medidas para minimizar o impacto

As medidas mais vantajosas para garantir que o desenvolvimento do Aeroporto não crie ou induza indiretamente usos incompatíveis da terra são, regulamentos adequados de zoneamento e planos completos e de peso do uso do solo.

Para reduzir os impactos são necessários passos específicos, que incluem :

- . estabelecimento de zoneamento compatível ou outros controles con seguranças de que serão promulgados.
- . assistência governamental na relocação de residências e estabelecimentos comerciais.
- . possível reposição de todos os terrenos públicos tomados
- . estudos paisagísticos para minimizar o impacto estético
- . em alguns casos os padrões de vôo podem ser ajustados para evitar sobrevoar residências ou outras áreas sensíveis ao ruído.

Onde o projeto representa conflito irreconciliável com o zoneamento existente e planos futuros do uso de solo deve considerar-se lugares ou ações alternativas.

3.2.4.3. VEGETAÇÃO, VIDA SILVESTRE E ESPÉCIES EM PERIGO DE EXTINÇÃO.

Este segmento do estudo ambiental focaliza o impacto da ação proposta sobre a vegetação e vida silvestre dentro e nos arredores da zona do projeto.

A sequência de tarefas para a análise é mostrada na Figura 32.

Neste impacto o reconhecimento do lugar é muito importante não só porque a pessoa que faz a avaliação terá

FIGURA 32. ESQUEMA DO PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DO IMPACTO SOBRE A VEGETAÇÃO E VIDA SILVESTRE

um conhecimento preliminar do local, mas também porque melhorará sua afinidade e credibilidade com o público quando for feita a referência específica ao ambiente do local.

. Determinação das condições existentes

Para determinar as condições existentes na área em estudo podem usar-se os seguintes métodos :

- . interpretar fotos aéreas da área, indicando as associações de vegetação, habitats e corpos d'água.
- . revisar os mapas de uso da terra para verificar a presença ou ausência de refúgios de vida silvestre ou aves aquáticas ou santuários de pássaros.
- . verificar os tipos de comunidades bióticas e prováveis espécies residentes.
- . revisar as listas de espécies raras ou em perigo e mapas de classificação para verificar a provável presença de espécies em perigo de extinção.
- . entrevistas com representantes estaduais e de agências locais de conservação/proteção ambiental.

. Determinação do nível de avaliação do impacto

O valor relativo do habitat impactado em relação ao habitat da região ou espécies em perigo de extinção determinará a intensidade necessária no estudo.

Para projetos que somente impactam áreas dominadas pelo homem ou que causaram uma alteração desprezível do habitat existente, a análise do impacto pode apresentar-se em termos gerais.

O termo "alteração desprezível" refere-se a remoção de poucos Kms de habitat sendo uma pequena percentagem da área total ou que suporta uma variedade limitada ou espécies usuais de vida silvestre.

Porém, se, é removida uma quantidade significati

va de habitat, como no caso de um novo Aeroporto numa área rural, é necessário uma discussão mais detalhada do impacto.

Nesta discussão é útil considerar a importância dos vários habitats, a classificação das espécies e a localização das áreas potenciais de procriação e aninhamento. Este nível de avaliação também é aplicável a pequenas áreas que podem ocupar uma posição estratégica dentro da vizinhança do projeto, ou que constituem uma grande percentagem do habitat remanescente na área.

Se, durante o estudo, é determinado que o projeto envolve impactos sobre refúgios de vida silvestre ou aves aquáticas, e espécies em perigo e/ou seu habitat crítico, é necessário fazer uma descrição detalhada da área sensível ou espécies, acompanhada por uma discussão das medidas para minimizar o impacto e ações alternativas para desenvolvimento do projeto.

- . Análise do impacto

- . Metodologia

Onde é determinado que o projeto resultará somente em impactos menores sobre as comunidades bióticas, as perdas podem ser discutidas em termos gerais.

Quando é necessário uma análise mais detalhada pode usar-se o seguinte procedimento :

- . sobrepor a configuração do projeto sobre fotografias aéreas do lugar.

- . esboçar e quantificar os tipos de habitat eliminados ou degradados irreversivelmente como resultado do desenvolvimento indicando a área impactada.

- . comparar o tipo de habitat tomado pelo projeto ao tipo de habitat útil dentro da área geral e expressar as perdas de habitat total em termos de percentagem.

- . estimar os impactos sobre a vida silvestre terrestre e aquática resultantes da redução ou alteração do habitat.
- . diferenciar os impactos efêmeros, tais como deslocamento devido a atividades da construção, dos impactos permanentes resultantes da perda de habitat.
- . considerar na avaliação a sensibilidade e as populações de espécies residentes, isto é, a perda de habitat para as espécies mais comuns é geralmente considerada de menor importância que a perda de habitat suporte de pássaros migratórios ou em perigo de extinção.
- . onde apropriado fazer uma avaliação do impacto do ruído, produzido pelo desenvolvimento do projeto, sobre a vida silvestre.
- . nas áreas imediatamente adjacentes ao Aeroporto pode esperar-se que a curto prazo as atividades da construção disturbem algumas espécies de vida silvestre, pelo que onde apropriado pode recomendar-se restringir as atividades da construção durante os períodos críticos de procriação.
- . avaliar as principais alternativas do projeto e apresentar o resultado na forma de tabela; isto fornecerá uma clara comparação entre o habitat tomado pelo projeto proposto e aquele tomado por suas alternativas. A tabulação incluirá tipo de habitat e habitat total por Kms, para cada lugar alternativo, comparado em termos de percentagem com os totais da área em estudo.

, Identificação de impactos a curto e longo prazo

- . Os impactos a curto prazo são geralmente associados com o período de construção.

Isto inclui movimento e ruído dos veículos da construção, tanto como incremento passageiro na turbidez dos cursos de água, o qual pode interromper brevemente a vida silvestre.

tre nas áreas adjacentes à construção.

. os impactos a longo prazo incluem perda permanente de habitat, o qual pode resultar em uma redução total de algumas espécies dentro da região e/ou qualquer alteração do habitat de espécies em perigo ou refúgios.

. Medidas para atenuar o impacto

A formulação destas medidas é parte integral do processo de análise do impacto.

Passos típicos para atenuar impactos sobre a vegetação e vida silvestre incluem os seguintes :

- . adaptação dos projetos para evitar áreas sensíveis
- . compra de zonas contíguas do habitat como uma reserva para deslocamento da vida silvestre ou como uma zona de estabilização.
- . faseamento da construção para evitar períodos de procriação ou aninhamento, ou precipitar rotas de escape para espécies móveis.
- . controles da erosão para proteger comunidades aquáticas ou áreas bióticas adjacentes
- . planos de restauração de paisagem e reversão para reconstituir o habitat existente ou criar novos habitats.

3.2.4.4. QUALIDADE DA ÁGUA

A construção e a operação de um Aeroporto podem afetar a qualidade e quantidade dos recursos superficiais e subterrâneos, de água de uma região.

Na avaliação das ações potenciais de poluição das águas deve-se oferecer soluções alternativas, pois se aquelas propostas inicialmente falharem em produzir um efluente que cumpra com os limites de qualidade locais ou estaduais.

Os passos básicos na avaliação da qualidade da

água são apresentados na Figura 33.

Devido às numerosas variáveis e custos envolvidos no estabelecimento e condução de um programa de monitoramento no campo, antes de iniciar qualquer procedimento de campo, deve-se verificar sua necessidade a qual depende de fatores tais como :

- . requisitos de qualidade Federais, Estaduais ou Regionais
- . sensibilidade específica dos corpos de água.
- . utilidade dos dados de monitoramento
- . necessidade de avaliar medidas de melhoramento tais como : controles de erosão, durante a construção ou facilidades de tratamento do esgoto no lugar.

- . Definição das condições existentes

Esta determinação é baseada na revisão dos dados disponíveis e/ou monitoramento no campo.

Em adição deve-se:

- . sumarizar todos os usos da terra aplicáveis ao lugar e/ou planos diretores que poderiam afetar os cursos de água. Isto inclui definição de todas as operações no lugar que poderiam afetar a qualidade da água (facilidades de tratamento dos esgotos, derramamento de combustíveis, aterro sanitário, etc).
- . indicar os planos regionais de água e esgoto e definir sua afinidade ao desenvolvimento do Aeroporto.
- . descrever os sistemas superficiais e subterrâneos afetados e especificar a classificação e critérios estabelecidos para os cursos receptores de água.

Quando existe um único corpo de água, ou correntes de água sensíveis perto, ou no caso de uma área onde é percebido que não existem dados históricos adequados, é recomendável fazer uma análise qualitativa incluindo o seguinte :

- . Oxigênio dissolvido
- . pH

FIGURA 33. ESQUEMA DO PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DO IMPACTO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA

. Nitrogênio total	. Temperatura
. Fósforo total	. Óleos, graxas
. Alcalinidade total	. Sólidos dissolvidos
. Ferro	. Chumbo
. Cálcio	. D.B.O
. Coliformes Fecais e Totais	. Turbidez

Em adição a análise básica de qualidade da água a qual pode ser preparada com os dados anteriores, o uso do material base das seções de hidrologia, usos da terra, vegetação e impactos induzidos ajudará a fazer uma previsão acurada do eventual impacto sobre os corpos de água da área.

- . Determinação do nível de avaliação do impacto

No caso da qualidade da água, é necessário fazer uma avaliação da efetividade de cada uma das partes componentes do sistema de controle de qualidade das águas antes de ter um claro entendimento dos problemas que poderiam resultar do projeto.

Os níveis de pesquisa para este impacto são originados quando uma parte do sistema proposto para controle de qualidade da água é inadequado e são necessárias medidas alternativas.

- . Análise do impacto
 - . Metodologia

A análise para esta categoria é usualmente efetuada por meio de uma avaliação prática, usando-se examinar os juízos de engenharia para estimar a efetividade dos controles que são propostos para o projeto.

A informação base necessária para esta análise inclui :

- . descrição dos recursos de água da área
- . lista das fontes potenciais de poluição

- . esboço dos controles propostos
- . standards e critérios de qualidade da água na área

Como fontes potenciais de poluição, da água superficial e/ou subterrânea, que podem pesquisar-se temos : esgotos de operações de abastecimento das aeronaves e de limpeza; derramamento de óleo e combustíveis na praça de manobra (em frente ao hangar), no hangar, nas áreas de estacionamento de veículos; esgotos de produtos químicos usados para controle de insetos e vegetação, metais das operações de manutenção , detergentes, disposição dos resíduos sólidos; intrusão de água salina na água subterrânea de áreas costeiras.

Em geral, as medidas de proteção da qualidade da água que são instituídas para prevenir a descarga dos esgotos dentro da área do sistema de abastecimento de água são muito mais efetivos que os métodos técnicos úteis para remoção dos esgotos já introduzidos no sistema.

A metodologia para a análise envolve uma avaliação das medidas de projeto propostas, as quais serão incorporadas dentro do projeto para indagar seu efeito na rede.

Isto só pode ser feito avaliando os resultados da implementação dos vários tipos de medidas planejadas.

- . Impactos a curto e longo prazo

Os impactos a curto prazo geralmente estão relacionados as operações de construção e são limitados a fatores tais como incremento na turbidez das correntes de água ou poluição passageira por derramamento de combustível do equipamento pesado, graxas e óleos.

Podem ocorrer conflitos quando a ação proposta não está de acordo com o plano de enquadramento da bacia, ou quando as operações no lugar, ou o desenvolvimento induzido, degrada a qualidade do curso receptor ou as águas subterrâneas

ao ponto que estas deixam de cumprir com os padrões de quali
dade estaduais ou locais.

A efetividade das medidas de melhoramento deve ser considerada dentro da avaliação dos impactos a longo prazo.

Considera-se que os impactos a longo prazo são adversos e os conflitos irreconciliáveis sô quando as medidas de melhoramento não podem prever, eliminar ou reduzir as fon
tes de poluição até que elas fiquem dentro dos critérios de qualidade.

Em outras palavras, o projeto pode ter o potencial de degradar a qualidade das águas, mas controles e tratamento adequado podem combater este perigo e fazer que o projeto concorde com os planos de enquadramento da bacia e critérios dos cursos de água, evitando consequentemente, os impactos adversos a longo prazo.

- . Avaliação e comparação com leis, padrões e pro
cedimentos existentes

Onde existem leis de controle da poluição das águas, é necessário documentar todos os requisitos de sedi
mentação e controles da erosão que serão empregados durante a construção.

Em adição : anotar os controles permanentes que serão incorporados dentro do desenho do projeto.

- . documentar a efetividade das medidas de melhoria para eli
minar ou pelo menos reduzir o impacto
- . indicar se os corpos de água receptores cumprem com os cri
térios de qualidade estabelecidos.

- . Medidas para minimizar o Impacto

Normalmente, o projeto de um Aeroporto inclui me
didas para proteger a qualidade das águas, sendo recomendável sua discussão.

Exemplos de medidas que poderiam discutir-se são:

- . controles de erosão e sedimentação
- . tratamento por aplicação de materiais absorventes de petróleo
- . caixas retentoras de graxas e óleos, instaladas em posições estratégicas dentro do sistema de drenagem
- . provisões para combater emergências por derramamento de combustíveis ou produtos químicos
- . disposição sanitária dos resíduos sólidos para evitar a poluição dos cursos de água superficiais ou subterrâneas
- . sistema sanitário de água e esgoto para prevenir a poluição do sistema superficial ou subterrâneo de água.
- . monitoramento no campo, durante a construção e para avaliar a efetividade de medidas particulares de proteção que poderiam ser questionáveis.
- . medidas especiais instituídas por causa de um único ou sensível curso de água
- . o uso de um sistema interno de drenagem não só para coletar águas pluviais mas também para otimizar o tratamento da água pluvial previamente a sua descarga para fora do local.

3.2.4.5. HIDROLOGIA

Esta área é influenciada pela localização do projeto, padrões de drenagem existentes, tipo de cobertura do solo e contornos.

O alcance do projeto com relação a esta disciplina pode envolver a construção de (stream diversions) diversores de cursos d'água, canalização de um rio existente, construção de bacias de retenção e/ou modificação do sistema de drenagem do lugar.

O procedimento de avaliação é esquematizado na

Figura 34.

Deve evitar-se qualquer conflito potencial com controles regionais de inundações e conhecer os mapas topográficos essenciais e/ou mapas de drenagem.

No caso de Aeroportos existentes, procurar os planos do sistema de drenagem do lugar, indicando tamanho das tubulações, localização das entradas, poços de inspeção e saídas.

. Determinação das condições existentes

Para definir as condições existentes indicar :

- . áreas de drenagem na zona do projeto e referi-las às sub-bacias maiores e a todos os sistemas de água
- . fluxos ou vazões de pico na área do projeto, para anos específicos considerados no projeto.
- . qualquer problema existente de drenagem ou perigo de inundações referidos a/ou resultantes do projeto ou uso do solo vizinho.

. Nível de avaliação do impacto

O nível de avaliação dependerá dos estudos iniciais e coordenação com outras categorias de impactos.

Se a análise indica que o projeto pode criar possíveis inundações e erosão e/ou afetar o ecossistema sensível da área, deve fazer-se estudos hidrológicos profundos e uma análise adicional das medidas de melhoria que poderiam implementar-se.

. Análise do impacto

. Metodologia

A profundidade dos estudos é determinada pela finalidade do projeto e sua relação com as mudanças nas características hidrológicas.

Pesquisar o impacto, resultante do desenvolvimento

FIGURA 34. HIDROLOGIA. ESQUEMA DO PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DO IMPACTO

do projeto, nos cursos de água a jusante para determinar se o projeto pode neles criar condições adversas.

Estes podem tomar a forma de incremento de vazões e velocidades que podem criar problemas no entorno, tais como, erosão, sedimentação e possíveis impactos sobre ecossistemas sensíveis a jusante.

Os dados base para a análise podem incluir :

- . o tamanho das áreas de drenagem
- . critérios de desenho do projeto
- . considerações e requisitos locais
- . histórico de chuvas e dados pluviométricos
- . mudanças das condições existentes tão longe do local quanto possível
- . topografia da área e qualquer mudança nela introduzida
 - . Impactos a curto e longo prazo

A curto prazo podem ocorrer incrementos nas quantidades dos despejos liberados antes da instalação dos controles de águas pluviais durante a construção.

Geralmente os impactos a longo prazo serão positivos se são assumidos controles apropriados das águas pluviais.

O manejo dos reservatórios de água pode diminuir os picos de vazão, fora da zona, e reduzir a erosão a jusante.

Podem ocorrer conflitos se o manejo das águas pluviais não foi considerado no desenho. Também podem criar-se problemas se o lugar proposto para o Aeroporto foi localizado em uma área onde seu desenvolvimento poderia estar em conflito com planos propostos para a bacia.

- . Medidas para atenuar o impacto

Em adição às medidas padronizadas de drenagem, pode ser necessário implementar controles das águas pluviais.

Uma boa coordenação com autoridades Federais, Estaduais ou locais dos recursos de água ajudará no desenvolvimento das ações alternativas.

3.2.4.6. AVALIAÇÃO DO PERIGO DE INUNDAÇÕES

Esta análise é necessária quando o projeto se localiza em uma área que poderia ser inundada quando de fortes temporais.

O procedimento de análise do impacto é esquematizado na Figura 35.

. Determinação das condições existentes

- . verificar se o projeto é localizado dentro de uma área inundável e se existe perigo potencial para o projeto como consequência das inundações decorrentes.
- . definir os maiores níveis de água nos últimos 25, 50 e 100 anos, assim como os usos existentes do solo na área inundável
- . anotar as medidas existentes para proteção de inundações.

. Determinação do nível de avaliação do impacto

Há três níveis de impactos, segundo o projeto fica localizado fora, perto ou dentro de uma área inundável.

No primeiro caso, não se espera impactos adversos; no segundo caso, o desenvolvimento do Aeroporto e consequente alteração das características hidrológicas, podem ter um impacto adverso sobre enchentes a jusante, e finalmente quando o projeto é localizado dentro da área inundável é necessário uma avaliação completa do perigo de inundações.

. Análise do impacto

. Metodologia

Definir se há necessidade de avaliar este impacto.

Em caso afirmativo :

- . escolher o método de avaliação, se diretamente ou empregan

FIGURA 35. ESQUEMA DO PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO DO PERIGO DE INUNDAÇÕES

do uma agência externa.

- . definir : a inundação que tem uma magnitude que pode ser igualada ou excedida, em média, uma vez cada 100 anos; a zona em perigo de inundação e o curso seguido pela enchente ; inundações maiores ou menores que a inundação base, segundo seja apropriado.
- . avaliar os efeitos sociais benéficos e adversos assim como os efeitos econômicos e ambientais do desenvolvimento proposto em uma área inundável.
- . selecionar as inundações a serem usadas como informação mínima.
- . definir o ponto mais baixo de entrada das estruturas a se construir na área.
- . reunir dados suplementares para um plano de emergência.
- . considerar os efeitos dos esquemas de proteção contra inundações sobre a redução do perigo das mesmas.
- . determinar os efeitos, da construção do Aeroporto ou medidas de controle. sobre elevação da frequência de inundações.
- . decidir se o uso proposto é conveniente à localização proposta, e se for assim, indicar sob que condições.

. Impactos a curto e longo prazo

A perda a longo termo será uma possível mudança nas características hidrológicas da área e isto pode incrementar a frequência das inundações. O projeto pode utilizar a capacidade útil adicional de armazenamento impedindo desenvolvimentos futuros nessa área.

O ganho ambiental a curto prazo será o desenvolvimento coordenado do Aeroporto dentro dos planos de uso do solo na área inundável.

- . Avaliação e/ou comparação com leis, padrões ou procedimentos existentes

A avaliação do perigo associado ao desenvolvimento do projeto em uma área inundável mostrará, na proporção possível, se o uso de tal terra é econômico e não perigoso.

Em adição, o projeto deve mostrar que concorda com os programas de proteção de inundações estabelecidos pelas autoridades Estaduais ou locais.

3.2.4.7. TERRAS ALAGADAS E ZONAS COSTEIRAS

As terras alagadas são definidas como terras baixas cobertas com água superficial e algumas vezes águas temporárias ou intermitentes. Elas incluem, mas não estão limitadas a pântanos, lamaçais, brejões, brejos, poças d'água, alagadiços, transbordamento de rios, terrenos de marés, tanto como áreas de estuários e lagos superficiais e represas com vegetação emergente.

Áreas cobertas com água por um curto tempo onde não é afetada a umidade do solo e vegetação, não são incluídas na definição; não são também as águas permanentes de rios, reservatórios e lagos profundos.

As terras alagadas são sistemas ecológicos valiosos. Elas servem para acumular, converter, armazenar e abastecer nutrientes básicos, fornecem habitat essencial para muitas classes de pássaros, animais e peixes. Em adição elas servem para regular o fluxo de águas e limpá-las de contaminantes. Finalmente, as terras alagadas fornecem uma estabilização contra as águas de tormentas e ajudam a reduzir inundações.

Zona costeira é aquela que se estende terra dentro suficientemente longe para controlar os usos da praia que podem ter um impacto direto e significativo sobre as águas costeiras. Se o projeto é localizado nesta zona, estão

der o reconhecimento do lugar através da vizinhança do projeto para identificar os recursos principais ou outros componentes do plano diretor.

O procedimento de análise do impacto é esquematisado na Figura 36.

. Definição das condições existentes

Com base na análise da informação obtida na avaliação dos usos da terra, descrever as condições existentes dentro das áreas de terras alagadas e da zona costeira.

A descrição das terras alagadas incluirá informações sobre localização, tipo, tamanho, vida silvestre associada e, aspectos hidrológicos.

A descrição da zona costeira incluirá discussão de sua localização e extensão, características principais naturais e antropogênicas e resumo do programa diretor da zona.

. Determinação do nível de avaliação do impacto

Se as terras alagadas são impactadas, a análise necessária será similar ao nível mais detalhado de investigação indicado para a avaliação da vegetação e vida silvestre.

O nível de investigação referente ao impacto nas zonas costeiras, depende da proximidade do projeto a uma zona costeira. Se o projeto não está fisicamente dentro da zona costeira mas sua localização é tal que alguns dos impactos podem envolver recursos costeiros, é necessário discutir aqueles impactos.

. Análise do impacto

. Metodologia

O procedimento de avaliação para as terras alagadas será similar aos métodos esboçados na análise da vegetação e vida silvestre.

Se as terras alagadas são impactadas, a informação

FIGURA 36. ESQUEMA DO PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DO IMPACTO SOBRE TERRAS ALAGADAS E ZONAS COSTEIRAS

será fornecida considerando aspectos tais como : remoção de habitat, deslocamento de vida silvestre, efeitos sobre a procriação e aninhamento da vida silvestre, degradação potencial na qualidade das águas, impactos hidrológicos e qualquer problema potencial como ruído, sobrevôos ou atividades da construção.

. Impactos a curto e longo prazo

Os impactos a longo prazo podem incluir :

- . interrupção ecológica da área de estuários, pântanos, etc.
- . alteração das áreas de procriação, alimentação e aninhamento de espécies animais.
- . impactos sobre assoreamento e sedimentação
- . incremento nos níveis de poluição em ar e ruído
- . desenvolvimento de atividades e/ou serviços secundários (induzidos)
- . impactos hidrológicos superficiais e subterrâneas

Como impactos a curto prazo temos as atividades da construção e a ruptura local produzida.

. Medidas para minimizar o impacto

Entre as medidas recomendáveis para atenuar o impacto temos :

- . localização dos Aeroportos em níveis superiores a áreas alagadas
- . zonas estabilizadoras ao redor de Aeroportos em áreas costeiras.
- . despejos de superfícies do Aeroporto a serem coletados e tratados antes da descarga.
- . desenvolvimento de planos de uso compatível da terra
- . modificação de características operacionais para reduzir o ruído de sobrevôo.

3.2.4.8. QUALIDADE DO AR

Há seis fontes principais de poluição associadas com a fase operacional de qualquer Aeroporto:

- . escape dos motores dos aviões
- . emissões dos veículos de serviço em terra
- . tráfego de acesso ao Aeroporto
- . teste de motores e facilidades de manutenção
- . plantas de ar condicionado (quando não elétricos) ou aquecimento se necessário
- . sistema de armazenamento e manipulação do combustível

Para a avaliação é necessário conhecer : os padrões de emissão, regulamentos existentes e propostos, resultados de monitoramento, inventários de emissões e dados meteorológicos. Estas informações podem incluir a localização e taxas de emissão das fontes estacionárias, as concentrações de poluentes existentes na vizinhança do Aeroporto, e a frequência de ocorrência de inversões para condições médias e sazonais. Os dados meteorológicos podem incluir : velocidade e direção dos ventos, chuvas, temperatura e frequência dos ventos.

Estas são as informações básicas, necessárias para rodar a maioria dos programas de modelos de dispersão de poluentes no ar.

O procedimento de análise do impacto é esquematizado na Figura 37.

- . Definição das condições existentes

A qualidade do ar existente é determinada através da avaliação dos seguintes itens :

- . se aplicável, características operacionais e emissões do Aeroporto existente.
- . controles estaduais e locais
- . dados de classificação regional

FIGURA 37. ESQUEMA DO PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DO IMPACTO NA QUALIDADE DO AR

- . meteorologia e topografia local
- . dados de monitoramento efetuados
- . fontes estacionárias e móveis, em um raio de 3 milhas do Aeroporto (para Aeroportos grandes em áreas metropolitanas).

Além disto, deve estudar-se a topografia da área, meteorologia regional e climatologia local, porque estes fatores afetam a dispersão potencial dos poluentes no ar.

- . Nível de avaliação do impacto

A análise da qualidade do ar envolve :

- . a determinação de um inventário da poluição
- . a determinação das concentrações de poluentes, e uma ;
- . discussão da coerência com os padrões de qualidade do ar e planos de ação para implementá-los.

Para calcular as concentrações de poluentes em Aeroportos pequenos pode usar-se o "modelo caixa", se o projeto não fica dentro de uma área para a qual há um Programa especial de Controle da Qualidade do Ar.

Análise mais detalhada é necessária quando estes Aeroportos ficam dentro de áreas sujeitas a controle ou para qualquer Aeroporto metropolitano. Esta análise envolve o uso de técnicas seletivas baseadas sobre fontes linha, áreas e/ou ponto.

As técnicas seletivas são usadas para prever níveis aproximados, compará-los com padrões, e determinar se é necessário um estudo adicional.

Especificamente esta técnica aperfeiçoa ou fornece o seguinte :

- . estabelece concentrações de referência ("background") se não são aplicáveis os dados de monitoramento.
- . define o incremento, nas concentrações, devido a ação proposta.

- . determina os níveis de poluição total resultantes na vizinhança do Aeroporto.

- . compara a concentração total com os padrões aplicáveis.

Diferentes técnicas seletivas devem ser utilizadas para cada tipo de fonte de poluição : fontes linha (aviões), fontes área (estacionamentos) e fontes ponto (plantas de energia).

Para grandes Aeroportos com múltiplas pistas e muitos tipos de aviões é recomendável usar técnicas que possuam modelos, para computação dos dados.

Para Aeroportos pequenos com só uma pista, os modelos de emissão e dispersão para fontes linha e área podem desenvolver-se usando calculadoras manuais.

Para a análise de grandes Aeroportos controvertidos em sua natureza e que estão localizados em áreas onde existem planos de controle da qualidade do ar, é recomendável usar o medelo "Airport Vicinity Air Pollution" (AVAP).

- . Análise do impacto

- . Metodologia

Deve-se avaliar todos os poluentes gerados pelo Aeroporto em uma área aproximada de 3 milhas de raio do Aeroporto e considerar as cargas de poluição na área, com e sem projeto.

Na coletânea de tabelas são fornecidas as taxas de emissão para todos os tipos de aviões durante o ciclo aterragem - decolagem (LTo) e para os veículos de serviço em terra.

Em razão dos muitos métodos existentes para fazer esta avaliação e da complexidade da mesma, nesta seção somente apresentamos as metodologias básicas para avaliação da qualidade do ar, indicando quando devem usar-se e os dados de entrada que são necessários.

Os modelos podem solicitar-se à "U.S. Environmental Protection Agency" (EPA) e são referenciados em nossa bibliografia.

. Modelo Caixa⁴¹ ("Box Model")

Para usar-se em pequenos Aeroportos dentro de áreas sem planos de controle.

Os resultados deste modelo serão habilitados quando comparados diretamente com os padrões de qualidade do ar porque os resultados são muito mais baixos que os esperados na prática porém, este modelo pode ser usado como indicador das facilidades gerais de aviação.

Este método de cálculo usa, como parâmetro básico para as estimativas, as emissões geradas em uma operação aterragem-decolagem (LTo).

As dimensões da caixa são associadas com a descida do avião desde 1100 metros acima da pista, na aproximação, e até alcançar outra vez os 1100 metros de altitude na partida. É assumido que as emissões totais são dispersadas uniformemente através da caixa.

Os dados necessários incluem : o número e tipo da caixa para cada avião e a concentração das emissões por ciclo do avião.

Processo Seletivo

A meta das técnicas seletivas é, detectar as concentrações mais altas que espera-se ocorram no Aeroporto e sua vizinhança, e decidir se são necessários estudos adicionais da poluição do ar para a ação proposta.

Existem diferentes técnicas seletivas para cada tipo de fonte de poluição.

As técnicas referenciadas somente analisam CO, particulados e SO₂.

Até agora não há técnicas aceitáveis para calcular a dispersão dos poluentes HC e NO_x por sua instabilidade química.

As técnicas seletivas comparam as concentrações existentes de poluentes com os padrões de qualidade do ar.

Na execução desta tarefa, as possíveis concentrações da ação proposta são acrescentada às concentrações existentes. Para estabelecer as concentrações existentes usar os resultados de monitoramento aplicáveis, porém, na maioria dos casos, deve preparar-se um programa especial de monitoramento.

Se propõe o uso das seguintes técnicas modelo no processo seletivo :

- . para fontes linha, ao redor das pistas : Modelo de dispersão³³ usando as equações "Puff Modeling" derivadas da teoria de dispersão gaussiana. Este modelo estabelece as máximas concentrações de poluentes que podem aparecer pela atividade dos aviões nas pistas ; também pode analisar as condições do vento paralelo às pistas que podem criar as maiores concentrações dentro do Aeroporto.
- . para fontes área : dentro do Aeroporto (estacionamento) pode usar-se o "Modelo Hanna"³³.
- . fontes estacionárias modelo : podem usar-se as equações Gaussianas de distribuição da pluma em cálculos a mão ou com modelos para computador. Os modelos para computador aplicáveis são o "PTM TP"²⁹, para uma análise através de 24 horas e o modelo "CDM"²⁷ para durações maiores.
- . técnicas seletivas para fontes indiretas : são utilizadas conforme fornecidas pela "U.S. Environmental Protection Agency"²³.

Cálculos manuais

A informação base é similar à necessária para os modelos em computador. O cálculo será feito para cada fonte (Ver Cap. II) em pontos receptores pre-estabelecidos a várias distâncias do projeto.

Modelos para computador

Estes modelos podem ser solicitados a seus autores, e somente serão usados quando as técnicas seletivas indicam violação potencial dos padrões.

Para todos os modelos são necessários os mesmos dados básicos :

- . dados meteorológicos : velocidade do vento, direção e frequência de ocorrência.
- . informação da fonte : taxa de emissão e tipo de poluição , localização da fonte. Esta informação pode incluir :
 - . Para o avião
 - . tipo e composição da frota
 - . total de operações diárias e pico horário, tempos de taxejamento
 - . Para o tráfego superficial :
 - . volume diário e pico horário, velocidades,
 - . tipo de veículos, percentagem de caminhões, localização dos estacionamentos e pontos de entrada/saída..

Entre os modelos disponíveis temos :

- . "Airport Vicinity Air Pollution Model"²². Seu uso é recomendável somente para projetos controvertidos que necessitam uma análise muito detalhada. Ele dá concentrações totais existentes a várias distâncias do Aeroporto, com as quais se pode fazer um ploteamento dos níveis. Este modelo precisa de mais dados e é o mais complicado de rodar.
- . "Climatological Dispersion Model", (CDM)²⁷. Calcula a longo prazo concentrações das emissões fontes área, para todos os

poluentes.

- . "PTMAX Model"²⁹ : calcula a curto prazo a concentração máxima produzida por uma fonte ponto.
- . "PTDIS Model"²⁹ : calcular para curto prazo as concentrações a sotavento de uma fonte ponto, a distâncias especificadas.
- . "PTMTP Model"²⁹ : calcula a curto prazo as concentrações de poluentes em múltiplos receptores resultantes de múltiplas fontes ponto.
- . Modelos "HIWAY e California Line Source"²⁸ os quais calculam concentrações de poluentes na vizinhança de estradas.

Indiferentemente das técnicas ou modelos usados, é necessário determinar as piores condições de dispersão para a área; para obter sua probabilidade de ocorrência devem ser analisados os dados meteorológicos.

É necessário apresentar os resultados, da análise de qualidade do ar, na forma tabular; a tabela inventário de emissões será preparada para as condições existentes e futuras.

Do mesmo modo a tabela de dispersão terá os níveis de emissão para o lugar de maior concentração e para as áreas sensíveis adjacentes.

. Impactos a curto e longo prazo

Os impactos a curto prazo são consequência das operações da construção. Os veículos da construção incrementam temporariamente as fontes de poluição da área, mas tal incremento é desprezível e não será calculado. Porém, devem tomar-se medidas para limitar a quantidade de poeira criado nas estradas adjacentes pela operação dos equipamentos de construção. Qualquer operação de queima associada com limpeza da terra somente será efetuada durante condições meteorológicas favoráveis e em concordância com os regulamentos

locais.

Os impactos a longo prazo podem envolver incremento nas concentrações sobre e fora das áreas sensíveis, incremento de cargas poluentes nas estradas adjacentes ou mudanças na qualidade regional do ar.

- . Avaliação e comparação com leis, padrões e procedimentos existentes

Os resultados obtidos devem ser comparados aos padrões de qualidade do ar. Estes padrões são fornecidos na coletânea de tabelas.

- . Medidas para atenuar o impacto

Se os critérios de qualidade para uma e oito horas são sobrepassados deve fazer-se uma pesquisa no "lay-out" do Aeroporto e na atividade operacional diária para determinar possíveis mudanças, na localização da fonte e movimentos, que poderiam resultar em concentrações acumulativas mais baixas. Se possível incorporar mudanças, tais como, mudança da configuração dos estacionamento e pontos entrada/saída e revisar a sistemática de taxejamento.

3.2.4.9. IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DIRETOS

Os impactos diretos se diferenciam dos induzidos por serem mais rápidos e fáceis de predizer e quantificar uma vez que estão confinados a uma área geográfica precisa e ocorrem num lapso especificado de tempo, ao contrário dos impactos indiretos que envolvem estimativas do que poderia acontecer em um período indeterminado.

Os impactos socioeconômicos incluem as seguintes áreas :

- . realocização de residências e/ou negócios
- . alterações nos padrões de transporte o que pode limitar

temporária ou permanentemente os acessos tradicionais da comunidade.

. melhoras, no transporte nas rodovias, necessárias devido ao desenvolvimento do projeto.

. perda ou degradação de parques, áreas de lazer, escolas e outras facilidades ou amenidades que contribuem à qualidade de vida na comunidade.

. os impactos econômicos associados com os empregos criados para a construção e operação das facilidades, e os impostos e rendas públicas geradas pelas operações e facilidades.

. uso de serviços públicos ou desenvolvimento de facilidades no lugar, para abastecimento de água e disposição de esgotos e resíduos sólidos.

A Figura 38 indica os passos envolvidos no procedimento da análise.

. Definição das condições existentes

. para obter o perfil da área afetada correlacionar e interpretar os dados obtidos na avaliação inicial e no reconhecimento do lugar.

. delinear a vizinhança e suas características socioeconômicas, divertimentos, estabilidade, etc, usar como base os dados de censos e planejamento.

. identificar as comunidades coesivas dentro da área do projeto, em termos de tamanho da população, amenidades públicas e privadas, padrões de transporte, etc.

. discussões com as Companhias de Aviação para fornecer diretamente dados sobre empregos, esquemas de salários, impostos públicos e bens e serviços a serem comprados para facilitar as operações.

. Nível de avaliação do impacto

A classificação dos níveis de avaliação para fa

FIGURA 38. ESQUEMA DO PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DO IMPACTO SOCIOECONÔMICO DIRETO.

pactos socioeconômicos é difícil devido aos numerosos fatores, amplas categorias e combinação de variáveis. Por isso, em vez de classificar níveis gerais, consideramos quatro áreas específicas as quais geralmente cobrem o espectro total dos impactos socioeconômicos diretos. Estas áreas são :

. relocação, - econômicas, - necessidade de serviços públicos, - transporte.

. Análise do impacto

. Metodologia

. Para impactos na relocação

A extensão da análise depende da magnitude da relocação.

Se só serão adquiridas poucas residências: identificar as propriedades e discutir a utilidade da reposição das vivendas dentro da área, em termos gerais.

Se um grande número de residências serão adquiridas deve delinear-se um plano detalhado da relocação ; podendo empregar-se o método demanda - abastecimento, apresentando a continuação, para avaliar o impacto sobre as famílias individuais deslocadas e sobre toda a comunidade.

. Identificação da demanda

A demanda é baseada na quantidade e características socioeconômicas das famílias deslocadas.

O grau do impacto relaciona-se à habilidade de abastecer a demanda de hospedagem.

O primeiro passo na análise é quantificar a demanda. O número de residências a ser adquirido é determinado sobrepondo os limites do projeto sobre os mapas existentes das propriedades, com reconhecimento no campo para verificar e refinar esses dados.

A informação específica deve incluir :

- . número de vivendas tomadas
- . número de pessoas deslocadas
- . tamanho da família, idades, renda , origem étnica
- . tipo e custo (próprio e alugado) da estrutura deslocada
- . número de casas, próprias e alugadas, deslocadas
- . características da vizinhança

As determinantes sociais da demanda incluem origem étnica, raça, idade e tamanho da família.

A origem étnica é crítica quando:

- . as casas a serem deslocadas estão dentro de uma vizinhança de reconhecida homogeneidade étnica ou
- . as casas dadas em substituição estão localizadas dentro uma vizinhança étnica estabelecida.

A raça é uma consideração crítica quando grandes números de um grupo minoritário são encaminhados a vizinhanças altamente segregacionistas.

Deve dar-se especial consideração ao deslocamento de pessoas idosas, Os anciãos em geral vivem de rendas fixas e um incremento pequeno nos custos de vida pode restringir severamente suas oportunidades sociais.

O tamanho da família é uma determinante importante da demanda, ela dita o tamanho da vivenda e a necessidade para proximidade a escolas.

A etnicidade, idade, raça e tamanho da família podem ser aproximadas, para propósitos de estudo ambiental, de fontes secundárias tais como censos de população. Porém, previamente à relocalização deve obter-se informação específica para por levantamento.

As determinantes econômicas da demanda incluem renda, tempo de ida e volta ao trabalho, renda mensal para pessoas deslocadas como locatários, e valor imparcial no mer

cado do lugar atual de residência para os proprietários deslocados.

. Identificação do abastecimento

O abastecimento é determinado pela possibilidade de vivendas substitutivas comparáveis, numa comunidade adjacente ou próxima.

Dados de censos e informação de agências de plane^jjamento regional e/ou municipal são melhores fontes de informação secundária na seleção das vizinhanças mais apropriadas para a realocização.

. Avaliação da demanda - abastecimento

Usando a informação acima é possível avaliar a habilidade da comunidade para absorver deslocamento de pessoas em concordância com as leis. Onde o abastecimento corresponde ou é maior que a demanda, o impacto é confinado a um deslocamento individual. Deve anotar-se que o custo da casa substitutiva disponível será pelo menos igual ao custo daquela deslocada.

. Impactos econômicos

A análise tentará quantificar os impactos econômicos associados com ações de desenvolvimento de Aeroporto. Estes impactos resultam de três fontes principais a saber : empregos para a construção e operação, compra de bens e serviços, geração de taxas.

. Empregos : quantificar o total de emprego e salários sobre uma base anual, durante as fases de construção e operação.

. Compra de bens e serviços : estimar a soma que será paga pela construção, com uma aproximação de despesas antecipadas na região,

quantificar aproximadamente a soma necessária para acondicio

namento do local e facilidades para as operações do Aeroporto,
to,

estimar da análise econômica dos responsáveis, as compras
anuais para serviços, incluindo alimentos,
usar estatísticas das empresas aéreas para estimar a quantidade
de gastos, na região, para serviços e abastecimento.

. Gerador de taxas : estimar as folhas de pagamento anuais,
rendimentos públicos do Aeroporto, concessões de venda, etc.,
os tributos públicos estaduais e da municipalidade.

Para propósitos comparativos mostrar a quantidade de taxas
existentes na área sem o desenvolvimento do Aeroporto.

. Necessidade de Serviços Públicos

Considerar as seguintes áreas :

. Água potável :

definir as necessidades do projeto e o uso existente, se aplicável. Avaliar a eficácia do sistema municipal para abastecer esta necessidade, e, se o abastecimento municipal não é eficiente, avaliar o abastecimento sub-superficial.

. Esgoto :

definir a quantidade de esgotos gerado pelo projeto e avaliar a capacidade dos sistemas municipais ou dos sistemas do lugar para manipular os volumes projetados. Esboçar qualquer modificação proposta nos sistemas existentes.

. Resíduos sólidos :

baseando-se em dados históricos ou em facilidades existentes ou similares, definir o volume de resíduos sólidos a ser gerado pelo projeto.

avaliar as facilidades de disposição, no lugar ou fora dele,
e a capacidade para manipulação deste volume.

. Transportes :

identificar as melhoras no sistema de transporte pelas rodos

vias, realocações etc, associadas com o desenvolvimento da ação proposta.

avaliar os impactos potenciais associados com alterações nos modelos de transporte os quais podem limitar temporária ou permanentemente os acessos tradicionais da comunidade, e os impactos associados com volumes adicionais de tráfego na área do projeto, tais como ruído, qualidade do ar, segurança etc.

. Impactos a curto e longo prazo

Os impactos adversos a curto prazo são limitados a incômodos passageiros resultantes da construção do projeto. Isto pode incluir dificuldade temporária ou perdas econômicas resultantes de desvios de tráfego, acesso a edifícios , etc.

Os benefícios ganhos a curto prazo são também associados com o período de construção e incluem : emprego de trabalhadores na construção, benefícios econômicos na forma de salários, e a compra dos materiais de construção.

Os impactos a longo prazo incluem fatores como : realocação de famílias e indivíduos, distúrbios por incrementos no ruído e/ou mudanças nos padrões de circulação interna; deslocamento do comércio causando seu fechamento pela perda de patrocínio resultante da realocação distante, a uso de facilidades municipais para serviços públicos, reduzindo o abastecimento útil para outros desenvolvimentos futuros.

Os impactos positivos diretos incluem incremento de empregos associados com as operações do Aeroporto, expansão do serviço aéreo à região, conseqüentemente estímulo da economia pública e privada e incremento dos impostos públicos para a municipalidade e o estado.

Considera-se como conflito, qualquer desbalancea

mento entre demanda e abastecimento de casas, o qual torna penoso o deslocamento de indivíduos e famílias ou causa fricção dentro da comunidade.

- . Avaliação e comparação com leis, padrões e procedimentos existentes

Os projetos envolvendo a aquisição de propriedades e a realocação de famílias e indivíduos devem concordar com as leis vigentes. Verificar a factibilidade de adquirir as propriedades necessárias e providenciar as propriedades que as substituirão.

Onde é necessário aquisição de casas, dentro do possível, cumprir-se com o seguinte:

- . fazer um plano da realocação
- . entregar, pelo menos com 90 dias de antecedência, uma comunicação escrita às pessoas deslocadas informando-as da necessidade de realocação.
- . fazer os pagamentos compensatórios às pessoas deslocadas de uma maneira clara, justa e equitativa.
- . ter um número adequado de vivendas substitutivas decentes, seguras, sanitariamente adequadas, e dentro das condições financeiras das pessoas deslocadas.

- . Medidas para atenuar o impacto

As medidas de melhoramento podem efetuar-se dos seguintes modos :

- . compra de propriedades existentes que reúnem condições decentes, seguras e sanitárias.
- . compra de propriedades existentes que inicialmente não reúnem os requisitos para substituir as vivendas deslocadas , e depois condicioná-las até que cumpram com todos os requisitos.
- . compra de edifícios residenciais e construção de novos edifícios em concordância com os requisitos de segurança, decen

cia e sanitárias, e com os códigos estaduais ou locais para residências.

Também podem considerar-se as seguintes medidas de melhoria :

- . manter modelos de tráfego para os veículos a motor e pedestres, tanto como as alterações factíveis nas rotas de voo para reduzir a exposição ao ruído ou aumentar a segurança.

- . as medidas para atenuar o impacto na demanda dos serviços públicos incluem a avaliação de sistemas alternativos no lugar, capazes de abastecer o serviço necessário, ou faseamento dos componentes do projeto, até que seja ampliado o serviço adequado.

- . onde os conflitos são irreconciliáveis são necessárias soluções alternativas, incluindo modificações no desenho do projeto, lay-out, etc., ou, se necessário uma reavaliação do lugar selecionado.

3.2.4.10. IMPACTOS INDUZIDOS (SECUNDÁRIOS)

Os impactos induzidos associados com o desenvolvimento produzido pelo Aeroporto podem incluir efeitos econômicos e no uso do solo, impacto adicional sobre o ambiente natural e demandas sobre os serviços públicos.

O procedimento de análise do impacto é esquematizado na Figura 39.

Para determinar a capacidade do projeto em beneficiar ou estimular a economia privada ou pública, considerar:

- . número de empregos necessários para suportar as operações do Aeroporto.
- . incremento na demanda de vivandas
- . número de novos serviços necessários para suportar o incremento do tráfego de passageiros e/ou incremento nos impostos

FIGURA 39. ESQUEMA DO PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DOS IMPACTOS INDUZIDOS

resultante do desenvolvimento industrial e comercial fora do lugar.

Como dados base para o estudo pode considerar-se :

- . padrões históricos de desenvolvimento do uso do solo.
- . padrões projetados de população.
- . empregos e desenvolvimento industrial e comercial
- . perfis industriais e comerciais existentes e planejados , perfil de empregos existentes.
- . informação sobre pressões de desenvolvimento e mudanças potenciais no zoneamento dos distritos.

. Determinação das condições existentes

Para identificar as condições existentes usar mapas e estudos econômicos.

Prestar atenção especial às características das áreas comercial/industrial/empregos e considerações sociais, tais como, instituições principais, áreas de lazer ou lugares históricos que podem elevar o comércio da região ou melhorar a qualidade de vida.

. Determinação do nível de avaliação do impacto

Devido a sua natureza diversa, os impactos secundários ou induzidos são difíceis de estabelecer. Frequentemente são demasiado dependentes de uma sequência de ações assumidas, as quais podem ser aceleradas, interrompidas ou não ocorrer.

De acordo com isto só existem duas possibilidades: o desenvolvimento da ação induzirá ou não induzirá desenvolvimento fora do lugar.

Se o desenvolvimento induzido é provável, discutir os impactos induzidos de modo qualitativo e objetivo evitando os aspectos especulativos.

. Análise do impacto

. Metodologia

Existem programas modelo dinâmicos para prever os impactos econômicos na região, mas, os custos associados com a coleta de dados, programação, e natureza altamente especulativa destas predições desencoraja o seu uso.

Por esta razão são aceitas suposições antecipadas de mudanças, baseadas na continuação de uma tendência em desenvolvimento e crescimento regional.

Para definir os impactos potenciais e conflitos, considerar as seguintes ações induzidas pelo desenvolvimento do projeto :

- . alterações, desejáveis ou indesejáveis, em usos do solo.
- . crescimento do setor econômico privado e público.
- . crescimento da população e qualquer alteração resultante em padrões demográficos, em termos de compatibilidade com os usos da terra.
- . alterações na demanda de serviços públicos em termos de habilidade da comunidade para financiar a expansão a uma taxa que possa acomodar-se ao crescimento, sem degradação ambiental ou diminuição das amenidades.
- . alterações do ambiente natural.

. Identificação de impactos a curto e longo prazo

Geralmente os impactos induzidos ocorrem a longo termo, porém, a curto prazo o projeto pode produzir impactos secundários sobre a economia durante o período da construção.

Dependendo do alcance do projeto, podem resultar consequências secundárias das seguintes alterações a longo prazo :

- . incremento de empregos, induzido pela expansão das atividades do Aeroporto o que agirá como um multiplicador positivo sobre a economia pública e privada.

. novas rodovias e melhora nas facilidades pode induzir de desenvolvimento em torno do Aeroporto. Isto representa um in pacto positivo a longo prazo se é compatível com os planos do uso do solo.

. o desenvolvimento compatível com as operações do Aeroporto é, em sua maioria, de natureza comercial/industrial. Estes tipos de desenvolvimento criam empregos adicionais estimulan do o setor privado da economia e gerando taxas apropriadas de ingressos/impostos para o setor público. Consequentemente o desenvolvimento induzido em torno produzirá oportunada des e melhoras econômicas.

. a ampliação ou novos serviços comerciais de transporte ex pandirá diretamente a mobilidade e oportunidades sociais pa ra serviços na área de residentes.

. Avaliação e comparação com leis, e procedimentos existentes

Com base na metodologia sugerida previamente é possível fazer a hipótese de se o projeto induzirá ou não de desenvolvimento congruente com as metas e objetivos do planejamen to.

Qualquer variação com estas metas ou padrões plane jados do uso do solo deve considerar-se inicialmente co mo impacto adverso.

. Medidas para atenuar o impacto

Os melhores métodos para garantir benefícios positi vos a longo prazo são a promulgação de leis de zoneamento com execução do planejamento do uso do solo e objetivos do desenvolvimento.

No estágio de planejamento do Aeroporto, contempla as possíveis consequências induzidas por ele e coordenar com as autoridades regionais o crescimento construtivo da área.

Um plano coordenado terá em consideração os seguintes fatores:

- . expansão programada das facilidades e serviços públicos para atender o incremento da população, assim como, o desenvolvimento induzidos pelo projeto.
- . revisão dos planos de uso do solo para otimizar o desenvolvimento induzido.

No caso que os impactos induzidos pelo projeto representem alterações adversas irreversíveis ou conflitos irreconciliáveis com os planos de desenvolvimento procurar soluções alternativas ; estas podem incluir :

- . seleção de novos lugares
- . incorporação de faseamento no desenvolvimento do projeto para absorver o impacto dos incrementos.

Para atenuar os impactos sobre o ambiente natural deve agir-se em coordenação com as agências governamentais responsáveis por tais ações.

3.2.4.11. LUGARES HISTÓRICOS E ARQUEOLÓGICOS

Os recursos históricos são limitados e não renováveis, como por exemplo, lugares, edifícios e estruturas que tem associação significativa com eventos históricos, arquitetônicos ou culturais, pessoas ou movimentos sociais.

Os recursos arqueológicos são objetos ou áreas feitas ou modificadas pelo homem e que contem informação sobre o passado do homem. É uma gravação na terra do passado da atividade humana e, como tal, é um recurso não renovável. A importância de um lugar arqueológico é dependente da classe de atividade humana que houve e como o lugar foi ocupado.

A localização e tamanho da maioria dos recursos arqueológicos geralmente não são conhecidos até o período de construção. Por isto, alguns artefatos podem ser destruídos

pois estão mascarados.

O planejamento, nos estágios iniciais do desenvolvimento do projeto permitirá seguir um programa sistemático de identificação, avaliação e preservação dos recursos arqueológicos.

. Nível de avaliação do impacto

Se, através da análise do uso do solo e contatos com os organismos responsáveis, são identificados estes lugares na vizinhança do projeto, os impactos potenciais serão avaliados segundo os critérios técnicos existentes e considerando os efeitos adversos.

Os efeitos adversos podem incluir, mas não estão limitados a :

- . destruição ou alteração da propriedade
- . isolamento de, ou alteração do ambiente circundante.
- . introdução de elementos visuais, audíveis ou atmosféricos que estão fora do caráter do lugar.
- . transferência ou venda de uma propriedade Federal sem as condições adequadas ou restrições considerando preservação, manutenção e/ou uso.
- . descuido do lugar originando sua deterioração ou destruição.

. Análise do impacto

. Metodologia

Quando necessário, os levantamentos arqueológicos no lugar, serão desenvolvidos por um arqueólogo, usando técnicas especializadas para escavar, etiquetar e identificar qualquer artefato que seja encontrado.

Tomar medidas, durante as operações de construção, para permitir coordenação com a pesquisa feita pelos arqueólogos.

Quando há razão para supor que estes recursos culturais possam existir e serem destruídos pelo projeto ou, onde ainda não foram efetuados levantamentos, é necessário realizar levantamentos preliminares para localizar estes recursos.

. Medidas para atenuar o impacto

Estas medidas geralmente incluem consulta aos organismos especializados e submissão aos procedimentos previamente estabelecidos.

3.2.4.12. DESENVOLVIMENTO DOS RECURSOS NATURAIS E ABASTECIMENTO DE ENERGIA

O alcance do projeto determina o impacto sobre o abastecimento de energia/recursos naturais dos seguintes modos :

- . demandas adicionais sobre a energia local para operações suporte (iluminação, aquecimento, ar condicionado).
- . demanda adicional sobre o inventário nacional de combustíveis resultante das operações de construção, expansão do tráfego aéreo, expansão do tráfego veicular, passageiros, carga e veículos de serviço em terra.
- . redução dos recursos naturais causada pela ocupação do lugar e uso do terreno para propósitos do Aeroporto.

A extensão do projeto é importante, desde que isto afeta não somente a demanda, mas também o uso eficiente do abastecimento útil.

Reconhecer o lugar é necessário somente quando o projeto está situado em uma área de valor potencial como recurso de energia ou se o projeto tem necessidade não usual de recursos minerais.

No caso improvável que pudesse ocorrer um potencial

conflito, será necessário um amplo monitoramento de campo para verificar as condições sub-superficiais.

Definição das condições existentes

Quando o Aeroporto já existe, deve-se avaliar suas necessidades totais de energia. Esta estimativa pode incluir:

- . necessidades de energia no lugar
- . combustível consumido pelas operações diárias dos aviões, incluindo decolagem, aterragem, taxiamento e circulação
- . combustível consumido pelos veículos de serviço e manutenção (baseado numa média das operações diárias)

combustível consumido por veículo de tráfego médio diário veicular usando o Aeroporto, baseados nos limites da área geral de serviço.

O consumo total destes fatores indicará as condições existentes, e pode ser calculado em termos de média diária ou uso anual.

. Nível de avaliação do impacto

A determinação de limites e níveis subsequentes de pesquisa é mais difícil de realizar que em qualquer dos impactos já apresentados. Isto é devido ao fato de que não há critérios ou leis que possam ajudar no estabelecimento dos pontos onde é necessário uma melhor avaliação do impacto, porém, pode-se considerar o seguinte :

- . para projetos envolvendo modificações que não incrementam significativamente as operações de aviões ou mudam a função básica do Aeroporto, o incremento nas necessidades de energia total será mínimo.
- . para projetos envolvendo expansão de grandes Aeroportos comerciais, a quantidade de energia empregada é muito maior que no caso prévio. Consequentemente deve avaliar-se o consumo médio diário de combustível antes e depois da conclusão do

projeto .

O consumo depois da conclusão do projeto refletirá o efeito da modificação proposta.

. quando da implantação de novos Aeroportos, as novas necessidades de energia podem precisar uma porção maior de recursos locais. Porém, neste caso, o emprego antecipado será considerado com respeito ao seguinte :

. a nova ação pode justificar-se pela mobilidade da atividade de de aviões (e recursos) de outros lugares a um lugar central.

. a introdução do serviço numa área nova, fornece viajantes ou bens com acesso mais direto, afetando conseqüentemente os níveis de outros tipos de energia necessários nas viagens e transporte.

. deve dar-se especial consideração aos lugares onde o desenvolvimento para uso do Aeroporto pode limitar a extração e produção de recursos naturais ou onde o projeto tem uma única necessidade de materiais de construção (areia, cascalho, etc).

. Análise do impacto

. Metodologia

. Calcular as necessidades de abastecimento de energia e consumo de combustível resultantes do desenvolvimento do projeto.

. Quando é envolvida uma facilidade existente, comparar o incremento resultante do projeto às condições existentes e somá-las para indicar a necessidade total.

. Expressar em termos de percentagem qualquer incremento sobre o consumo existente. Isto fornece uma estimativa do impacto do projeto sobre o abastecimento de energia.

. Na discussão do abastecimento de energia incluir, quando

aplicável, as seguintes ações :

- . otimização das operações do Aeroporto para melhor eficiência no uso de combustível.

- . no caso das facilidades avaliar a sua eficiência

- . utilização do transporte em massa dentro e fora do lugar

- . incremento da eficiência devido à configuração das pistas paralelas e aumento da capacidade (resultante em diminuição da espera ou demora).

- . Implicações considerando abastecimento de energia para lugares alternativos (distância à área de serviço, acessos, etc.).

- . Dos estudos preliminares de engenharia pode obter-se : as pistas e seu comprimento, "lay-out" das entradas/saídas, o estacionamento, fontes de energia no lugar, comunicações, iluminação e outros sistemas operacionais, capacidades de armazenamento de combustível e sistemas de transmissão.

- . O plano diretor geralmente tem a informação necessária sobre operações existentes e estimativa anual dos vôos, passageiros, padrões de embarque/desembarque e melhoras nas rotas e vias externas.

- . Impactos a longo e curto prazo

O impacto a curto prazo é limitado ao consumo de combustível durante o período de construção.

Impactos a longo prazo incluem diminuição em vários recursos de energia como resultante de operações do projeto.

Os Aeroportos dentro de áreas urbanas, assim como as facilidades gerais de aviação além das objeções por razões ambientais, podem também estar sujeitos a objeção por utilização imprudente do recurso energia.

- . Medidas para atenuar o impacto

- . Seleção do sistema de energia mais eficiente para todos os aspectos do projeto
- . Estabelecimento de programas de ação de administração da energia
- . Desenho do campo aéreo e o sistema total de circulação de tráfego para diminuir o consumo de combustível por limitação das distâncias de taxiamento e tempos de espera
- . Provisão de transporte em massa e/ou serviço ao lugar.

3.2.4.13. IMPACTOS DA CONSTRUÇÃO

São causados por e limitadas, ao período de construção. Consequentemente eles são em natureza de curto prazo, terminando com a conclusão das operações de construção ou restauração.

Estes impactos, assim como as medidas de melhoria são consideradas dentro da análise de cada categoria de impacto, porém, consideramos conveniente que dentro do estudo do impacto ambiental se apresente esta seção separada com o resumo de todos os impactos da construção identificados nas diferentes áreas, pois isto permitirá ter uma visão global dos impactos causados pela construção, auxiliando consequentemente na avaliação geral.

Esta seção será preparada depois das outras estiverem prontas, extraíndo de cada área os pontos específicos sobre impactos da construção.

3.2.4.14. EMISSIONES DE LUZ

O desenvolvimento do Aeroporto inclui instalações para facilidades e outras fontes de emissões de luz, tais como, a iluminação necessária para propósitos de segurança, obstrução dos espaços livres e guia navegacional, o qual pode

criar incômodos entre as pessoas na vizinhança da instalação.

. Determinação das condições existentes

Com base na revisão dos planos e reconhecimento do lugar, descrever as fontes de luz existentes, identificando qualquer problema de incômodo gerado pela luz, assim como, as medidas presentes de atenuação.

. Nível de avaliação do impacto

O fator determinante em avaliar as emissões de luz não é a existência de componentes de iluminação dentro do projeto, senão propriamente a existência de qualquer problema de incômodo na comunidade circundante.

Consequentemente o impacto potencial é determinado por avaliação dos componentes de iluminação do projeto em termos do ambiente adjacente.

. Análise do impacto

. Metodologia

Na documentação dos impactos de iluminação descrever : os sistemas de luz e seu propósito, instalação, ângulo do raio de luz e medidas, intensidade, cor e qualquer outra característica pertinente,

Descrever também a situação das pessoas que poderiam ser incomodadas pela instalação e operação do sistema de iluminação, assim como, as medidas para diminuir qualquer incômodo e seu relativo grau de sucesso.

. Impactos a curto e longo prazo

O principal impacto a longo prazo associado com os componentes de iluminação é o incômodo fora do lugar ou possível perigo às pessoas morando ou dirigindo na vizinhança do Aeroporto.

. Medidas para atenuar o impacto

As medidas recomendadas para atenuar os impactos

de iluminação incluem :

- . proteção angular das luzes de cobrimento
- . disposição alternada das fontes de iluminação coerentes às necessidades operacionais.

3.2.4.15. GLEBAS DE TERRA CULTIVADA DE ALTO VALOR

Terras cultivadas de alto valor são aquelas terras cujo valor deriva-se de suas vantagens gerais como terra de produção devido às condições do solo e água e aquelas cujo valor deriva de suas vantagens particulares para o desenvolvimento e cultivo de produtos especiais. Em adição, a preservação de glebas de terra cultivadas em geral pode fornecer alguns benefícios de espaço aberto, qualidade estética, habitat de vida silvestre, e em alguns casos oportunidades de recreação.

- . Definição das condições existentes

Com base na avaliação do uso solo, descrever as glebas de terra cultivada nas vizinhanças do Aeroporto. Esta descrição incluirá informação sobre as características que contribuem a sua classificação como de alto valor.

- . Nível de avaliação do impacto

Se da análise do projeto do Aeroporto determina-se que ele ou seus impactos induzidos podem afetar físicamente as glebas de terra cultivada, a análise ambiental deve refletir consultas e discutir a extensão dos impactos adicionais usando resultados do uso da solo e/ou pesquisas do impacto induzido.

- . Análise do impacto

- . Metodologia

No processo de planejamento de um Aeroporto devem fazer-se esforços para garantir que as glebas de terra culti

vada não sejam convertidas irreversivelmente a outros usos, a menos que outros interesses nacionais anulem a importância da sua preservação ou, caso contrário, excedam em peso ou valor os benefícios ambientais derivados de sua proteção.

Porém, quando a construção do Aeroporto é proposta nestas áreas, a avaliação do impacto deve envolver o inventário total das glebas de terra cultivada, para determininar a quantidade de terra a ser afetada e o impacto social ou econômico daquela perda sobre a comunidade local.

A análise refletirá considerações das medidas de atenuação e os resultados de consultas com as agências apropriadas.

Onde não são identificados impactos diretos sobre estas terras, mas existe o potencial para impactos induzidos pelo uso do solo fora do Aeroporto, a análise deve considerarar a possível localização das mudanças do uso da terra,

. Impactos a curto e longo prazo

Como efeitos a curto prazo temos o impacto produzido por atividades diretas da construção ou a conversão imediata para uso do Aeroporto das glebas de terra cultivada.

Os efeitos a longo prazo podem incluir o impacto sobre a produtividade na agricultura da região e efeitos das mudanças induzidas, no uso da terra, sobre os interesses locais da agricultura e serviço da comunidade.

. Medidas para atenuar o impacto

As medidas recomendadas incluem :

. localização do lugar ou reconfiguração para evitar tais terras

. considerar as glebas de terra cultivada, em desenvolvimento 200 compatível com planos de uso do solo.

3.2.5. COERÊNCIA ENTRE AS AVALIAÇÕES DOS IMPACTOS PRODUZIDOS
PELA INSTALAÇÃO DE UM AEROPORTO

IMPACTO SOBRE	ESTÁ RELACIONADO DIRETAMENTE AO IMPACTO EM											
	VEGETAÇÃO E VIDA SILVESTRE	QUALIDADE DA ÁGUA	HIDROLOGIA	PERIGO DE INUNDAÇÕES	TERRAS ALAGADAS E ZONAS COSTEIRAS	RUÍDO	USOS DO SOLO	IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DIRETOS	IMPACTOS INDUZIDOS	QUALIDADE DO AR	LUGARES HISTÓRICOS E ARQUEOLÓGICOS	DESENV. DOS REC. NAT. E ABAST. DE ENERGIA
VEGETAÇÃO E VIDA SILVESTRE	X	X			X		X					
QUALIDADE DA ÁGUA	X	X	X		X		X					
HIDROLOGIA	X	X	X		X		X		X			
PERIGO DE INUNDAÇÕES			X	X								
TERRAS ALAGADAS E ZONAS COSTEIRAS	X	X	X				X		X			
RUÍDO						X	X	X	X			
USOS DO SOLO						X	X	X	X			
IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DIRETOS		X				X	X	X	X			
IMPACTOS INDUZIDOS							X	X	X			
QUALIDADE DO AR						X	X			X		
LUGARES HISTÓRICOS E ARQUEOLÓGICOS						X	X			X	X	
DESENV. DOS REC. NAT. E ABASTEC. DE ENERGIA						X				X		X
TERRAS CULTIVADAS DE ALTO VALOR							X	X	X			

3.2.6. GRÁFICOS E DOCUMENTAÇÃO SUPORTE QUE PODEM ANEXAR-SE
(SE APLICÁVEL) AO RELATÓRIO DA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS

. Geral

. Esquema do Aeroporto, existente ou planejado, indicando o desenvolvimento proposto.

. Mapas da vizinhança do Aeroporto com informações referentes a : localização e orientação das pistas, usos do solo atuais e futuros, áreas sensíveis ao ruído, propriedades a serem adquiridas, zoneamento e/ou outros controles do uso do solo, e os contornos do ruído.

. . Documentação técnica para ajudar ao avaliador em sua decisão.

. Relatórios sobre publicações controversiais importantes.

. Ruído

. Informação técnica que permita realizar um exame independente de análise do ruído.

. Explicação detalhada dos "Descritores do Ruído" para que os leitores leigos possam fazer sua própria análise.

. Informação sobre a resposta subjetiva do público ao ruído dos aviões; dependendo da extensão do impacto e grau de interesse, referenciar ou incluir noções sobre "Impacto do ruído nas pessoas" (ver Cap. II).

. Detalhes dos dados operacionais usados como base.

. Se possível, projetar os contornos de ruído sobre uma fotografia aérea base, com a qual os pontos de referência atuais poderão ser identificados.

. Usos do Solo

. Dentro dos contornos de ruído indicar usos do

solo e áreas sensíveis.

- . Identificar residências e negócios a ser relocalizados.

- . Se forem impactadas áreas de lazer, parques públicos, refúgios de vida silvestre e aquática, apresentar um gráfico mostrando a área afetada em relação ao projeto ; incluir também os resultados de qualquer estudo especial e/ou inventário da área.

- . Atestado da autoridade responsável indicando que o projeto está de acordo com os planos aprovados do uso do solo e regulamentos de zoneamento.

- . Cartas compromisso, dos governos locais vizinhos, de que o zoneamento necessário será promulgado.

- . Cartas compromisso dos governos locais afetados garantindo que serão estabelecidos controles aceitáveis do uso do solo em tempo razoável.

. Vegetação e Vida Silvestre

- . Em um gráfico mostrar os habitats existentes dentro e nas zonas adjacentes à área do Aeroporto, identificando cada tipo de habitat na legenda da figura.

- . Quando um habitat grande ou único é perturbado, fornecer listas separadas de espécies para mamíferos, pássaros, répteis, anfíbios e peixes. As listas serão dadas na forma tabular com a seguinte informação : nome científico, nome comum, indicando-se as espécies listadas que estão em perigo ou ameaçadas e se o uso do lugar é frequente, infrequente, raro ou migratório.

. Qualidade da água

- . Quando é executado monitoramento como parte do estudo, em uma figura, mostrar a localização das estações de amostragem em relação ao lugar do projeto.

. Referir os critérios de qualidade estaduais e locais, e, quando aplicável, anexar os dados do monitoramento nas múltiplas estações de amostragem.

. Hidrologia

. Nas avaliações mais detalhadas apresentar um esboço das áreas de drenagem existentes. Em adição, indicar, para cada área de drenagem afetada pelo projeto e alternativas, os picos das correntes (passadas e existentes) para várias frequências de chuvas.

. Perigos de inundações

. Tabela mostrando dados históricos de inundações, categorias, elevações, etc., para a área do projeto.

. Foto aérea ou plano topográfico delineando a planície, níveis máximos dos corpos d'água, e área de drenagem.

. Qualidade do ar

. Posição das fontes estacionárias próximas das estações de monitoramento.

. Resumo dos ventos (rosa dos ventos)

. Pontos de maior concentração de poluentes

. Descrição técnica dos modelos usados na análise e dados do monitoramento.

. Impactos Socioeconômicos Diretos

. Gráfico dos edifícios a serem demolidos

. Tabelas mostrando o deslocamento necessário de proprietários e locatários, assim como, as viviendas disponíveis para compra ou aluguel.

. Quadros projetados em intervalos de 5 anos para as áreas de abastecimento de água, esgotos e geração de resíduos sólidos. Se os sistemas locais forem empregados indicar sua localização.

. Um quadro com o sistema de transporte adjacente, existente e/ou proposto, o qual é importante para avaliar os impactos relacionados a transporte/estradas de rodagem.

. Impactos Induzidos

. Citar as fontes base para as suposições do desenvolvimento induzido.

. Quando as projeções são baseadas em experiências sobre áreas similares de estudo anexar a bibliografia da literatura pesquisada.

. Lugares históricos e/ou arqueológicos

. Gráfico com a localização destes lugares em relação ao projeto.

. Fotografias dos prédios ou lugares

. Gráfico mostrando o impacto do projeto sobre estes lugares.

. Emissões de luz

. Descrição técnica das características do sistema de iluminação.

. Onde for identificado incômodo, potencial, mostrar em uma figura a localização do lugar, das luzes ou sistemas de iluminação e das áreas onde as pessoas podem ser incomodadas.

. Terras cultivadas de alto valor

. Ilustrar os limites do projeto em relação as terras cultivadas consideradas como de alto valor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. ARNESEN, G.- Aircraft noise measurement, evaluation and control. Copenhagen, Brüel & Kjaer, 1965 (Technical review, 4)
02. BARON, R.A.- The tyranny of noise. New York, St Martin Press, 1970
03. BOGDAN, L. et al.- Analysis of aircraft exhaust emission measurements. Buffalo, Cornell Aeronautical Laboratory, 1971. (Report No NA-5007 - K-1)
04. BOLT, BERANEK & NEWMAN Inc.- Land use planning relating to aircraft noise. USA, 1964. (Noise Studies Airport FAA)
05. BRUEL & KJAER. Sistem development.- Airport noise monitoring systems. Naerum, Denmark, s.d.
06. CARLSON, H.W & MAGLIERI, D.J.- Review of sonic-boom: generation theory and prediction methods. J. Acoust. Soc. Amer., 51: 675-685, 1972
07. CIRILLO, R. & WOLSKO, T.- Handbook of air pollutant emissions from transportation systems. (Springfield ?) Ill., Argonne National Laboratory Center for Environmental Studies, 1974
08. GALLOWAY, W.J. et al.- Noise exposure forecasts: evolution, evaluation extension and land use interpretations. Washington, D.C., Department of Transportation/Federal Aviation Administration, 1970
09. GREAT BRITAIN. Department of Trade and Industry. Control Office of Information.- Action against aircraft noise. London, Clifford Tames Printing, 1973
10. KRYTER, K.D.- The effects of noise on man. New York Academic Press, 1970

11. LOPEZ - PEDRAZA, F.- Aeropuertos. 3a ed. Madrid, Ed. Pa
raninfo, 1970
12. MARYLAND DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. State Aviation
Administration.- Selection of aircraft noise analysis
method and exposure limits. Annapolis, Md., 1979
13. ORGANIZACION DE AVIACION CIVIL INTERNACIONAL.- Ruido de
las aeronaves, anexo 16 al Convenio sobre Aviación
Civil Internacional. 3a. ed., Quebec, 1978
14. PLATT, M., et al.- The potential impact of aircraft emis
sions on air quality. Cambridge, Mass., Northern Re
search and Engineering Corp., 1971. (Report No 1167-
1)
15. REGIONAL PLANNING COMMISSION, Cleveland, Ohio. Survey
results, Cleveland - Hopkins airport access study.
Cleveland, Ohio, 1970. (NTIS No. PB 195045)
16. RELATÓRIO da Comissão Especial designada pelo Conselho
Deliberativo do Instituto de Engenharia para opinar
sobre a localização do novo Aeroporto Metropolitano
de São Paulo. Engenharia, Instituto de Engenharia.
(404): 10-42, 1978
17. REPLACING the Everglades jetport : an executive summary.
(Tallahassee ?), Flo., The Dade County Aviation Depart
ment, 1977
18. SECRETARIA DOS TRANSPORTES. Departamento Aeroviário do
Estado de São Paulo.- Aeroporto Metropolitano de São
Paulo : relatório preliminar. 2a. ed. São Paulo,
1977.
19. TRANSPORTATION SYSTEMS CENTER.- Airport noise prediction
model (MOD 7). Cambridge, Mass., 1975
20. TRAMPE, J.- The Application of the Brüel & Kjaer measu
ring systems to acoustic noise measurements. 2nd. ed.

Naerum, Denmark, 1975

21. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.- Aircraft noise certification rule for supersonic civil aircraft: project report. Washington, D.C., 1975
22. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.- Airport vicinity air pollution study. (Raleigh ?) N.C., 1973. (FAA-RD-73-113, DOT)
23. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.- Guidelines for air quality maintenance planning and analysis. (Raleigh?) N.C., s.d. v.9
24. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.- Information on levels of environmental noise requisite to protect public health and welfare with an adequate margin of safety. Washington, D.C., 1974. (EPA-550/9-74-004)
25. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.- Minimum altitudes for noise abatement: project report. Washington, D.C. 1974
26. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.- Review and analysis of present and planned FAA noise regulatory actions and their consequences regarding aircraft and airport operations. Washington, D.C., 1973. (Aircraft /Airport Noise Study Report n°. NTID 73.6)
27. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.- User's guide for climatological dispersion model. (Raleigh ?) N.C. , 1973
28. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.- User's guide for HIWAY, a highway air pollution model. (Raleigh ?) N. C., 1975. (EPA-650/4-74-008)
29. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Division of Meteorology. Computer Techniques Group.- User's guides to the interactive versions of three point sources dis

ersion programs. (Raleigh ?), N.C., 1973

30. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Office of Air Quality Planning and Standards.- An air pollution impact methodology for airports : phase I. (Raleigh ?), N.C. 1973. (Publication n° APTD-1470)
31. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Office of Air Quality Planning and Standards.- An evaluation of strategies for airport air pollution control. (Raleigh?) N.C., 1975. (Publication n° EPA-450/3-75-052)
32. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Office of Air Quality Planning and Standards.- Compilation of air pollutant emission factors. (Raleigh ?), N.C., 1975
33. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Office of Air Programs.- Workbook of atmospheric dispersion estimates (Raleigh ?), N.C., 1975
34. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Office of Noise Abatement and Control.- Airport noise abatement planning. Washington, D.C., 1977
35. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Office of Noise Abatement and Control.- Calculation of day-night levels (Ldn) resulting from Civil aircraft operations. Washington, D.C., 1977. (EPA-550/9-77-450)
36. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Office of Noise Abatement and Control.- National measure of aircraft noise impact through the year 2000. Washington, D.C. 1975.
37. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Office of Noise Abatement and Control.- Noise measurement of Concorde 02 approach and takeoff at Dallas - Ft Worth and Dulles International Airports. Washington, D.C. 1974. (Report n°. 550/9-75-093)

38. U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Federal Aviation Administration.- Aviation noise abatement policy. Washington, D.C., 1976
39. U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Federal Aviation Administration.- Developing noise exposure contours for general aviation airports. Washington, D.C., 1975
40. U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Federal Aviation Administration.- Environmental assesment of airport development: final report. Washington, D.C., 1977. (Report n^o FAA-AP-77-1, DOT-FA-75W-3703)
41. U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Federal Aviation Administration.- Environmental assesment of airport development actions: appendix volume. Washington, D.C. , 1977. (Report n^o FAA-AP-77-1A, DOT-FA-75W-3703)
42. U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Federal Aviation Administration.- FAA Integrated noise model user's guide. Washington, D.C., 1976.
43. U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Federal Aviation Administration.- Policies and procedures for considering environmental impacts. Washington, D.C., 1977.

ANEXO I

METODOLOGIA DE CÁLCULO DO NÍVEL DIUTURNO DE RUÍDO (Ldn)³⁵

O nível diuturno (Ldn) é uma medida do ruído ambiental em uma localização prescrita sobre um período de 24 horas, e pode ser medido ou calculado de vários modos.

Se o ruído é calculado continuamente, os níveis de ruído existentes no período de 24 horas podem ser somados sobre uma energia base (adicionando 10 dB aos níveis noturnos).

A metodologia fornecida neste anexo, para calcular os valores Ldn devido a operações do Aeroporto, considera as contribuições de ruído de cada operação significativa dos aviões (decolagens e pousos) ocorrendo sobre um período de 24 horas.

Para fornecer uma base sistemática para os cálculos as intrusões de ruído dos aviões são classificadas por tipo de avião e tipo de operações.

I.1. NÍVEL DE EXPOSIÇÃO SONORA (SEL)

A contribuição em exposição ao ruído de cada operação de avião é descrita em termos de nível de exposição sonora (SEL).

O SEL é o nível sonoro em dBA integrado sobre o evento inteiro produtor do ruído e normalizado à duração referencial de 1 segundo.

I.2. Ldn PARCIAL

O Ldn para uma classe de avião e modo de operação através de uma rota de voo é chamado "Ldn parcial".

Para a classe de avião "i" e modo operacional "j" o Ldn parcial (i,j) é dado por :

$$Ldn(i,j) = SEL(i,j) + 10 \log (N_D |i,j| + 10 N_N |i,j| - 49,4) \quad (1)$$

onde:

N_D = Nº de operações diurnas (07:00 h a 22:00h)

N_N = Nº de operações noturnas (22:00 h a 07:00 h)

O SEL (i,j) é dependente do tipo de avião, sua potência e a distância do avião ao observador. O seguinte termo da equação envolve o número de operações para o tipo de avião dado e modo de operação. O último termo, a constante - 49,4, reflete a normalização do Ldn ao período de 24 horas ($49,4 = 10 \log (\text{Nº de segundos em 24 horas}) = 10 \lg 86.400$)

Para facilitar o cálculo a equação (1) pode ser escrita como :

$$Ldn(i,j) = SEL(i,j) - K(i,j)$$

onde:

$$K = 49,4 - 10 \log (N_D |i,j| + 10 N_N |i,j|)$$

I.3. Ldn TOTAL

Para obter o Ldn total para as operações de aviões somar todos os Ldn parciais. Matematicamente isto pode expressar-se como segue :

$$Ldn = 10 \log E_i E_j 10 \frac{Ldn(i,j)}{10}$$

No Aeroporto ou perto dele, as contribuições dos aviões ao Ldn geralmente são muito maiores que as de qualquer outra fonte, conseqüentemente o Ldn total devido a aviões será igual ao Ldn total para o lugar.

A distâncias maiores do Aeroporto, ou perto de

outras fontes principais de ruído, os valores Ldn resultantes dos aviões podem não descrever completamente a exposição ao ruído do local. Em tais situações, deve considerar-se o ruído de outras fontes para determinar o Ldn total para aquele local.

I.4. SUMÁRIO DE CÁLCULO DO NÍVEL DIUTURNO (Ldn)

Os passos principais para determinar o Ldn a uma dada posição perto do Aeroporto são os seguintes :

- . obter informação operacional de entrada
 - . tipo de avião
 - . modo de operação : decolagem ou pouso
 - . número de operações para os períodos diurno (N_D) e noturno (N_N).
 - . localizar a rota de voo na terra (projeção vertical da rota de voo)
- . de um mapa da rota de voo, obter as distâncias D_1 e D_2 (ver Figuras F1, F2 e F3.)
- . Selecionar a carta de ruído apropriada segundo :
 - . tipo de avião
 - . modo de operação
 - . distância D_1
- . da carta de ruído, determine o nível de exposição sonora (SEL) entrando à carta usando as distâncias D_1 e D_2
- . Obter o valor "K" para o número de operações diurnas (N_D) e noturnas (N_N), usando a Figura F4.
- . Subtrair : "K" de SEL para obter o valor parcial de Ldn.
- . repetir todos os passos anteriores para cada tipo de avião e modo de operação que poderia contribuir à exposição do ruído nessa parcela de terra. Assim, para cada tipo de avião i, e modo de operação j, deve-se obter o correspondente $Ldn_{(i,j)}$.

. somar os valores $Ldn_{(i,j)}$ usando a tabela (A-1) ou a Figura F5 para obter o Ldn total para operações de aviões.

Na coleta de dados, prévia ao cálculo do Ldn , deve-se determinar o seguinte :

- . o lay-out físico das pistas do Aeroporto e a longitude das pistas para as rotas de vôo de referência;
- . a localização das principais rotas de vôo projetadas sobre a terra e as distâncias D_1 e D_2 (ver Figuras F1, F2 e F3).
- . os tipos de avião produzindo as intrusões de ruído. Por conveniência os aviões são classificados em ordem a sua rudosidade e características operacionais. Na tabela A-2, apresenta-se a classificação usada.
- . o modo de operação (decolagem ou pouso) para o avião produzindo a intrusão de ruído.
- . o número de operações por período diurno e noturno, para cada classe de avião e modo de operação.
- . a utilização das rotas de vôo; esta utilização é definida como a proporção de operações em cada direção através da rota de vôo.

A direção da decolagem na pista pode mudar durante diferentes períodos do dia ou ano devido à mudança na direção do vento ou necessidades de tráfego. Algumas vezes a mesma rota de vôo será usada por aviões decolando e por aviões pousando.

. e finalmente determinar se está usando-se algum procedimento especial, para abatimento do ruído, na decolagem ou pouso.

I.5. EXEMPLO: DE COMBINAÇÃO DE NÍVEIS SONOROS POR " SOMA DE DECIBEIS".

Quando é necessário somar vários valores de Ldn (dB) devem usar-se os critérios da tabela A-1 ou a Figura F5. Os valores serão somados dois a um tempo, começando com os

níveis mais baixos e continuando com o procedimento de adição de dois a um tempo até ter um único valor.

Como ilustração apresenta-se a soma dos seguintes cinco níveis usando a parte A da tabela A-1.

I.6. CARTAS SEL DE RUÍDO

As curvas SEL fornecidas neste anexo foram desenvolvidas³⁵ de dois tipos básicos de informação :

- . curvas do nível de ruído mostrando a variação dos valores SEL como função da distância ao avião, a condições conhecidas de velocidade do vento e potência do avião.

- . perfis de decolagem e pouso para cada avião mostrando a altura do avião acima do solo em função da distância desde o começo da corrida de decolagem (ou limite para o pouso).

No cálculo destas curvas assumiu-se absorção do ruído pelo ar para as condições atmosféricas de um dia padrão (segundo ICAO).

Existem três tipos de cartas SEL de ruído para a decolagem, segundo considerem o procedimento padrão ATA (Air Transport Association) ou os procedimentos de decolagem segundo a FAR 36 ou Northwest Orient AL.

Para o pouso existem dois tipos de cartas, segundo a aproximação seja feita em um ou dois segmentos. No primeiro caso, para os cálculos básicos considerou-se um declive de planeio de 3º para todos os turbojatos e grandes aviões a hélice (propeller), e 4 1/2º para os aviões pequenos.

No segundo caso, o avião começa sua aproximação sobre um declive de planeio de 6º e, a duas milhas náuticas do limite para o pouso muda a 3º.

Neste anexo são incluídas as cartas SEL de ruído para a decolagem segundo o procedimento ATA e para aproximação em um segmento para os aviões mais frequentemente usados no transporte comercial.

As cartas SEL para os outros procedimentos de decolagem e aproximação podem encontrar-se na referência 35.

Finalmente, apresentamos as Figuras F6 e F7 que permitiram calcular a distância D_1 equivalente (a 3º) quando o avião utiliza na descida um declive de planeio diferente a 3º. Este critério é considerado somente quando efetua-se uma análise detalhada do ruído.

FIGURA 5-1. SITUAÇÃO BASE PARA CÁLCULO DO L_{dn} DEVIDO A AVIÕES

FIGURA F2. DEFINIÇÃO DAS DISTÂNCIAS D_1 E D_2 PARA A
DECOLAGEM DE UM AVIÃO

FONTE: U.S. EPA (35)

FIGURA F3. DEFINIÇÃO DAS DISTÂNCIAS D_1 E D_2 PARA A
APROXIMAÇÃO DE UM AVIÃO

FONTE: U.S. EPA (35)

Nº DE DECOLAGENS OU POUSOS NOTURNOS

FIGURA F4. CARTA PARA DETERMINAR O AJUSTE "K" PARA O Nº DE OPERAÇÕES NOS PERÍODOS DIURNO E NOTURNO

FONTE:
U.S. EPA (35)

AB

TABELA A1. REGRAS PARA COMBINAR NÍVEIS SONOROS POR "SOMA DE DECIBEIS"

A.- PARA NÍVEIS DE RUÍDO CONHECIDOS OU DESEJANDO UMA EXATIDÃO DE ± 1 dB	
QUANDO DOIS VALORES EM dB DIFIEREM EM	SOMAR A SEGUINTE QUANTIDADE AO NÍVEL MAIS ALTO
0 ou 1 dB	3 dB
2 ou 3 dB	2 dB
4 a 9 dB	1 dB
10 dB ou mais	0 dB
B.- PARA NÍVEIS DE RUÍDO CONHECIDOS OU DESEJANDO UMA EXATIDÃO DE ± 1/2 dB	
QUANDO DOIS VALORES EM dB DIFIEREM EM	SOMAR A SEGUINTE QUANTIDADE AO NÍVEL MAIS ALTO
0 ou 1/2 dB	3 dB
1 ou 1 1/2 dB	2 1/2 dB
2 a 3 dB	2 dB
3 1/2 a 4 1/2 dB	1 1/2 dB
5 a 7 dB	1 dB
7 1/2 a 12 dB	1/2 dB
13 dB ou mais	0 dB

(PARA MAIOR EXATIDÃO, REFERIR-SE À FIGURA F5)

FONTE: U.S. EPA (35)

FIGURA F5. CARTA PARA COMBINAR OS NÍVEIS SONOROS POR "SOMA DE DECIBEIS"

FONTE: U.S. EPA (35)

TABELA A2. TIPOS DE AVIÕES CLASSIFICADOS SEGUNDO SUA RUIDO
SIDADE APROXIMADA, E DADOS SEL.

TIPO DE AVIÃO	AVIÃO TÍPICO	DECOLAGEM(°) SEL A 15.000 PÉS DO COMEÇO DA DECOLAGEM dB	POUSO(°) SEL A 6.000 PÉS DO LIMITE DE POUSO dB.
-TURBOVENTILADOR 4 MOT. HBPR	747	111,5	108,3
-TURBOVENTILADOR 4 MOT. LBPR	707-DC8	110,9	106,4
-TURBOVENTILADOR 4 MOT. LBPR (QN)	707 (QN) DC8 (QN)	109,7	97,2
-TURBOVENTILADOR 3 MOT. LBPR	727	109,6	101,1
-TURBOVENTILADOR 3 MOT. LBPR (QN)	727 (QN)	109,3	96,1
-TURBOVENTILADOR 4 MOT. HBPR (QN)	747 (QN)	108,6	103,1
-JATO EXECUTIVO 2 MOT. (TURBOJA TO/TURBOVENTILA DOR)	JETSTAR I LEARJET 23-25 LEARJET 35-36 JETSTAR II	104,9	101,3
-TURBOVENTILADOR 2 MOT. LBPR	737 DC9	101,9	94,3
-TURBOVENTILADOR 2 MOT. LBPR (QN)	737 (QN) DC9 (QN)	101,9	93,1
-TURBOVENTILADOR 3 MOT. HBPR	L-1011 DC-10	101,8	98,8
-AVIÃO A PISTÃO 4 MOT.	DC-4 DC-6	98,8	90,3
-TURBOHÉLICE 4 MOT.	ELECTRA	97,8	92,1
-TURBOHÉLICE 2 MOT. (G.A.(°))	TWIN OTTER KING AIR TURBO-COMMAN DER	93,5	92,4
-AVIÃO A PISTÃO GRANDE-2MOT.G.A.	DC-3	92,5	87,3
-AVIÃO A PISTÃO PEQ. 2 MOT. G.A.	CESSNA 310- 401	83,2	80,5
-TURBOVENTILADOR PEQ. 2 MOT. G.A.	CESSNA CITA TION	81,4	80,3
-AVIÃO A PISTÃO 1 MOTOR. G.A.(°)	CESSNA 150- 210 PIPER CHER. 140-235	81,8	72,9

(°) PROCEDIMENTO DE DECOLAGEM ATA, A PESO MÁXIMO

(°) 3º DE DECLIVE DE PLANEIO

(°) AVIAÇÃO GERAL

FONTE: U.S. EPA (35)

CARTAS SEL DE RUÍDO
(Para aviões da tabela A2)

AS CARTAS FORAM DESENVOLVIDAS NAS SEGUINTE CONDIÇÕES:

- ABSORÇÃO DO RUÍDO PELO AR PARA CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS DO DIA PADRÃO (ICAO)
- NA DECOLAGEM : PROCEDIMENTO PADRÃO ATA
- NO POUSO : DECLIVE DE PLANEIO DE 3º PARA TODOS OS JATOS E AVIÕES A PISTÃO GRANDES, E 4,5º PARA AVIÕES PEQUENOS.

L en dB

SEL en dB

SEL en dB

SEL en dB

SEL em dB

SEL em dB

SEL em dB

SEL em dB

L em dB

SEL em dB

SEL em dB

SEL em dB

L en d3

SEL en d3

en d3

SEL en d3

SEL em dB

SEL em dB

SEL em dB

SEL em dB

SEL em dB

SEL em dB

SEL em dB

SEL em dB

SEL em a3

SEL em a9

SEL em a8

SEL em a3

SEL em dB

SEL em dB

SEL em dB

SEL em dB

SEL em d0

SEL em d0

SEL em d0

SEL em d0

SEL em 43

SEL em 48

SEL em 43

SEL em 48

L em dB

SEL em dB

SEL em dB

SEL em dB

SEL em dB

120

115

110

105

100

95

90

85

80

75

70

SEL em dB

120

115

110

105

100

95

90

85

80

75

70

SEL em dB

120

115

110

105

100

95

90

85

80

75

70

SEL em dB

120

115

110

105

100

95

90

85

80

75

70

SEL CM 49

SCL en dB

SLC 4-4?

SEL 67 43

SEL PM dB

FIGURA F6. D_1 EQUIVALENTE PARA APROXIMAÇÃO NÃO PADRÃO

Fonte: U.S. EPA (35)

FIGURA F7. NOMOGRAMA PARA ENCONTRAR A D_1 EQUIVALENTE (A 3°)
PARA DIFERENTES DECLIVES DE PLANEIO

ANEXO II

TERMINOLOGIA COMPLEMENTAR

<u>Termo inglês</u>	<u>Termo empregado no trabalho</u>
. landing	pouso ou aterragem
. takeoff	decolagem
. climbout	subida
. approach	aproximação
. touchdown	toque em terra
. taxi	taxi (taxiamento)
. idle	marcha lenta
. taxi-in	taxiamento de chegada
. taxi-out	taxiamento de saída
. idle-in	marcha lenta (chegada)
. idle-out	marcha lenta (saída)
. flight path	rota de voo
. glide slope	declive de planeio
. landing run	corrida de aterragem ou pouso
. takeoff run	corrida de decolagem
. emplaning passenger rate	taxa de embarque de passageiros
. deplaning passenger rate	taxa de desembarque de passageiros
. flyover	sobrevoo
. turbojet	turbojato
. turbofan	turboventilador
. liftoff	despegar
. wide-body jets	grandes jatos
. cruise power setting	potência de cruzeiro
. approach power setting	potência de aproximação
. medium range jets	jatos de alcance médio
. stol aircraft	aeronave de decolagem vertical

. air carrier	transporte aéreo comercial
. freight forwarders	pessoal de recebimento
. lift trucks	guindastes
. turbine engine run-ups	testes de turbinas
. shut down	desligado
. modeling	modelagem
. run at idle power	acionado em marcha lenta
. cruise power setting	potência de cruzeiro
. touch down and roll out	toque no solo e afastamento
. approach power setting	potência de aproximação
. low bypass ratio (LBPR)	baixa taxa de "bypass"
. high bypass ratio (HBPR)	alta taxa de "bypass"
. jet multiengine	jato de várias turbinas
. perceived noise level(PNL)	nível de ruído percebido (PNL)
. efective perceived noise level (EPNL)	nível efetivo de ruído <u>percebi</u> do (EPNL)
. composite noise rating(CNR)	taxa composta de ruído (CNR)
. noise exposure forecast (NEF)	índice de exposição ao ruído (NEF)
. equal noisiness contours	isocontornos de ruidosidade
. day-night levels (Ldn)	índice diuturno de ruído (Ldn)
. noise number index (NNI)	número índice de ruído (NNI)
. isopsophic index (N)	índice isotrófico de ruído (N)
. total noise load (B)	carga total de ruído (B)
. mean annoyance level (Q)	nível médio de incômodos (Q)
. noisiness index (NI)	índice de ruidosidade (NI)
. Weighted noise exposure level (WECPNL)	nível ponderado de <u>exposição</u> ao ruído (WECPNL)
. nacelle	bôjo
. landing fees	tampas de aterragem
. departure flight tracks	rotas especiais de subida

. rescheduling	mudança de horário
. wind rose	anemograma
. annual average aircraft mix	média anual da composição <u>quali</u> tativa da frota aérea
. thrust reversal	reversão das turbinas
. gate occupancy time	tempo de ocupação do terminal
. wetlands	terras alagadas
, sound	som
. tone	tom
. noise	ruído, barulho
. noise pollution	poluição sonora
. sound intensity	intensidade sonora
. one octave band	banda de uma oitava
. annoyance, nuisance	incômodo
. noiseness	incômodo causado por ruído
. loudness	audibilidade