MÉTODO DE MONITORAÇÃO DE RUÍDO NA VIZINHANÇA DE AEROPORTOS

Vinicius Tarouquella da Silva Rocha

Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/PEM, Laboratório de Acústica e Vibração / Grupo de Estudos em Ruído Aeroportuário.

Ana Paula Gama, Jules Slama, e Tarcilene Heleno

Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/PEM, Laboratório de Acústica e Vibração / Grupo de Estudos em Ruído Aeroportuário, Endereços de Email: anapgama@yahoo.com.br , julesslama@yahoo.com.br , tarcileneheleno@gmail.com

Patricia Figueira Lassance
Universidade Federal do Rio de Janeiro – Departamento de Urbanismo e Meio Ambiente/FAU/ Grupo de Estudos em Ruído Aeroportuário, Endereço de Email: pflassancesa@gmail.com

RESUMO

O monitoramento de ruído aeronáutico é uma atividade de grande relevância, pois consiste na determinação dos níveis de pressão sonora e na caracterização do impacto ambiental produzido pelas aeronaves no entorno de um aeroporto. Este trabalho propõe um método para detecção e caracterização dos eventos sonoros de origem aeronáutica que dispensa a utilização dos dados de radar para a identificação das aeronaves.

Este método é fundamental para o monitoramento de ruído aeroportuário, pois detecta a passagem da aeronave e permite realizar cálculos para determinação da contribuição sonora de cada aeronave.

Palavras chave: Ruído Aeronáutico, Monitoração de ruído, Detecção de eventos sonoros, Aeroportos.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico traz benefícios e malefícios à sociedade, inclusive com um aumento desordenado de ruídos. Há que se considerar que muitos destes ruídos são provenientes de zonas aeroportuárias, refletindo em uma necessidade imperiosa de se dispor de ferramentas para melhorar este perfil.

O Grupo de Estudos em Ruídos Aeroportuários (GERA) desenvolveu estudos de monitoração de ruído dentro dos quais é necessário identificar os eventos sonoros

associados à passagem de aeronaves em procedimentos de pouso ou decolagem. No Brasil, a identificação das aeronaves é realizada através de observação e anotações visuais. Este artigo apresenta a metodologia de detecção e identificação das aeronaves, adotado pelo GERA em suas campanhas de monitoração de ruído aeronáutico, desenvolvida com referência no trabalho de Nicolas Milhaud. O estudo de Milhaud consistiu na criação de um programa no Matlab, baseado na norma francesa AFNOR NF S31-190, utilizada nos aeroportos de Paris para a classificação automática dos ruídos aeronáuticos. Em virtude da inexistência de uma norma brasileira para a referida classificação, justifica-se a elaboração de um programa para esta finalidade.

A monitoração existe devido à necessidade de haver um controle e uma adequação do ruído a legislação e normas existentes. Neste trabalho é apresentada a norma brasileira NBR 10151 relativa aos limites de ruído na vizinhança de aeroportos de acordo com a Legislação Municipal, e posteriormente, a norma francesa NF S31-190 utilizada como base na elaboração programa Matlab de classificação automática.

2. NORMA ABNT NBR 10151

A NBR 10151 – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade, é a principal referência sobre ruído em comunidade no Brasil. Estabelece limites para os níveis de ruídos para diferentes tipos de áreas urbanas e rurais, totalizando seis áreas com usos e ocupações distintas.

Há de se ressaltar que ela considera os limites diurno (7h às 22h) e noturno (22 às 7h). Assim, são definidos os NCA - Níveis de Critério de Avaliação conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Tabela da norma NBR – 10.151

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

Se o nível critério de avaliação (NCA) for inferior ao LAeq correspondente ao ruído ambiente existente no local sem a atividade funcionando, no nosso caso, o pouso ou a decolagem, esse LAeq passa a ser considerado como o NCA.

Esta tabela apresenta os níveis de conforto acústico para ambientes externos. Para ambientes internos há uma diminuição de 10 dB(A) para janelas abertas e 15dB(A) para janelas fechadas, sendo utilizado como correção na sensibilidade.

3. NORMA NF S31-190

A NF S31-190 é a norma francesa que implanta uma metodologia para a classificação de um evento aeronáutico quantificando seu início e fim. A Tabela 2 a seguir, apresenta as etapas sucessivas para identificar e validar o ruído em um determinado ponto de medição.

Tabela 2: Tabela da norma NF S31-190

Aquisição	Conjunto de LAeq curtos (eventualmente conjuntos de espectros de 1/3 de oitava)
Detecção	Ruídos que excedem um limiar obtido estatisticamente LRA+X dB calculados ao longo de um período de tempo.
Classificação	Descrição de eventos aeronáuticos Critérios utilizados (configurável, dependendo da situação de medição: tipo de tráfego, ruído de fundo): - Duração mínima e máxima - Amplitude mínima - Inclinação (cálculo de inclinação média ao longo de um período de "x" segundos antes e depois do ponto em estudo)
Caracterização inicial da situação estudada	Método de caracterização Saída dos resultados da classificação automática: - Caracterização acústica - Tráfego aeronáutico
Supressão de eventos falsos e correção feita pelo algoritmo	Identificação definitiva, automática ou manual; Eliminação de eventos de ruído não correspondentes à passagem de um avião; Técnicas utilizadas: - Comparação com registros manuais no ponto de medição local - Dados do radar - Escuta dos registros de áudio - Análise dos dados espectrais - Experiência do Usuário
Caracterização definitiva da situação estudada	Método de caracterização Saída dos resultados da classificação validada: - Caracterização acústica - Tráfego aeronáutico

4. MONITORAÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS DE RUÍDO OBTIDOS:

Os sistemas de monitoramento podem ser úteis para diversas aplicações, abaixo estão listadas suas principais características:

- Registrar os eventos sonoros de origem aeronáuticos.
- Responder a toda demanda de informações com a possibilidade de reconstruir toda a atividade aeronáutica ao longo do tempo, ou procurar pela passagem de um avião em particular.
- Identificar desvios de trajetória. Essa capacidade de analisar cada evento é um meio adicional à disposição da Autoridade de Aviação Civil para sanção, se necessário, das empresas que não cumprem com os procedimentos.
- Atender às necessidades de estudos e análises.

Um Sistema de monitoramento de ruído em aeroportos é composto basicamente por três etapas: aquisição, tratamento e a consolidação de dados. Para que essas etapas sejam realizadas, há a necessidade de um conjunto de equipamentos. Entre eles, podemos destacar a Estação de monitoramento e o Medidor de Nível de Pressão Sonora.

Segundo a ACNUSA, autoridade francesa de controle de ruídos em aeroportos, a análise de uma situação de ruído tem as seguintes etapas:

- Análise do problema
- Definição do plano de medição;
- Escolha de pontos de medição, os intervalos de observação, de configuração, datas e horários apropriados para medições;
- Aquisição de dados de campo, incluindo uma avaliação das condições climáticas.

Todo esse processo de monitoração e escolha dos pontos é feito para a obtenção de dados que serão processados e utilizados para futuras identificações e classificações de eventos sonoros.

5. ETAPAS PARA A IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE EVENTOS SONOROS SEGUNDO A NORMA NF S31-190

5.1. Aquisição

A fim de se obter uma distribuição fina dos eventos acústicos durante o intervalo de observação, é realizada medições do LAeq continuamente durante este intervalo. O tempo de integração do LAeq para medição de eventos aeronáuticos é igual a 1 s. Para efeitos de validação de eventos classificados como “eventos aeronáuticos”, a aquisição pode ser acompanhada por uma marcação manual de sobrevoo (para o operador presente) ou gravação do sinal de áudio.

5.2. Detecção automática

A detecção consiste na análise dos eventos aeronáuticos estudados. A detecção automática se baseia na observação de um conjunto de LAeqs para 1s. Sempre que o nível de LAeq para 1s atual excede um limite, uma detecção é relatada. Para compensar variações das condições acústicas diárias, o limite é definido em relação a uma estatística obtida a partir do LAeq 1s calculada a partir de uma duração do evento anterior.

5.3. Classificação automática

A classificação automática é o processo de identificação de ocorrências de aeronaves entre todos os eventos medidos. É importante adotar uma precaução nesta fase de análise (antes da validação): As ocorrências aeronáuticas devem estar todas registradas. O próximo passo é validar os eventos que estão temporalmente definidos, destinando-se a rejeitar os eventos falsos.

Para cada ponto de medição, os períodos correspondentes de sobrevoos alegados são estabelecidos e ligados a dados acústicos. Este processo é chamado de classificação de eventos.

As medições são expressas em termos de valores associados com sucessivos períodos básicos. Por padrão, na ausência de fontes, períodos são classificados como "residuais". No caso geral, várias fontes podem agir, e o período de medição está associado com o conjunto de classificações correspondentes tanto a diferentes fontes, tanto como ruído residual.

A classificação associada com dados acústicos permite através do processamento de dados, o cálculo das medições das contribuições da fonte, descrição e energia de suas

aparências (sobrevoos), estatísticas e outros. Normalmente, apenas o sobrevoo de aeronaves (ocorrência) é classificado, o resto da medição é considerado ruído residual.

A classificação final de cada evento aeronáutico detectado pelo limiar acústico é realizada em seis etapas, como segue:

Etapa 1 - Rejeição de eventos muito curtos (por exemplo, veículos).

A duração da ocorrência (o número de LAeq 1s) deve ser superior a um mínimo. Esse mínimo é um parâmetro que depende da situação. Aconselha-se a medida de alguns eventos (sobrevoos) para estabelecer uma base da duração média. Se um evento é detectado muito curto, é rejeitado e o procedimento retorna ao estágio de detecção (limiar de observação).

Etapa 2 - Encontrar um nível máximo após a detecção.

A busca começa no momento da detecção pela determinação da inclinação média da curva de nível (definido como a inclinação da linha de regressão linear calculada com 2n + 1 amostras de um segundo). Considera-se que um máximo é atingido quando há uma mudança da inclinação média passando de sinal positivo para negativo ou vice versa.

Etapa 3 - Definir o tempo de início e término do evento acústico.

Para localizar o início, a inclinação média (definida como a inclinação da linha de regressão linear calculada com 2n + 1 amostras de um segundo) é verificada a partir do máximo volta no tempo. O momento do início do evento corresponde ao momento em que a inclinação muda de sinal (fim de um declínio anterior, o crescimento começa a soar um evento como esse). Da mesma forma, o fim do evento é determinado observando a inclinação média, após a máxima: o momento em que a inclinação muda de sinal (o início da recuperação após o evento) pode ser considerada como o fim do evento.

Etapa 4 - Verificação da ultrapassagem do período máximo.

Como na etapa um com a duração mínima, é também aconselhável determinar a duração máxima de uma medida preliminar. O evento acústico, cuja duração é muito longa (superior à máxima permitida) deve ser eliminado.

Etapa 5 – Verificação da dinâmica mínima

Como para o mínimo e o máximo, é aconselhável determinar o mínimo de eventos acústicos dinâmicos relevantes para uma medida preliminar. O evento cuja dinâmica (a diferença entre o valor máximo e o mínimo) é muito baixo pode ser eliminado.

Etapa 6 – Classificação

A classificação pode ser melhorada através da análise de dados avançados. Por exemplo, algoritmos apropriados podem ser aplicados para eliminar eventos cujos níveis de mudanças são muito abruptos em relação à situação acústica em questão, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros para classificação automática. Fonte: Norma Francesa NF S31-190

Limite de detecção	L_{A90} calculado sobre 300 s + 5dB
Número de amostra de análise (2n+1)	17
Duração mínima	20 s
Duração máxima	180 s
Dinâmica mínima	10 dB

6. VALIDAÇÃO DE OCORRÊNCIA DOS EVENTOS

6.1. Necessidade de validação

A metodologia descrita acima, com parâmetros bem escolhidos (o mínimo e o máximo) minimiza o potencial para a omissão de um evento acústico relevante. Entretanto, podem ocorrer eventos acústicos com uma duração, dinâmica, bem como a frequência de ocorrência semelhante aos eventos acústicos aeronáuticos. Um risco similar existe no caso de uma série de eventos acústicos curtos juntos.

Portanto, é recomendável, em uma situação acústica desconhecida, validar cada evento classificado.

6.2. Validação dos eventos detectados automaticamente

O processo de validação depende das condições de medição (relação sinal-ruído, o ruído, etc.) e meios de validação disponíveis. Em algumas configurações, o resultado da classificação automática de referência, como descrito acima pode ser aprovado sem modificação.

Outras situações de medição (baixo sinal-ruído, multiexposição, etc.) requerem ação corretiva para o resultado da classificação automática de referência. Estes devem incluir: A rejeição de eventos falsos; Modificação da classificação; A adição de eventos detectados (somente em casos excepcionais). Eles devem ser fundamentados e registrados no relatório de medição.

A utilização de dados adicionais para validar a classificação pode ser necessária, especialmente em situações que exigem a medição de vários caminhos sobre os resultados da classificação automática de referência. Dois tipos complementares de dados são considerados prioritários: as gravações de áudio e dados aeronáuticos (radar, listagem de movimentos de aeronaves).

Quando os dados de radar não estão disponíveis e as medições são realizadas sem a presença do operador, as gravações de áudio são obrigatórias. Em caso de dúvida, a repetição permite a identificação segura de sobrevoos pelo operador. Gravações de áudio devem pelo menos cobrir a duração dos eventos detectados pelo procedimento descrito neste documento. A sua duração deve ser suficiente para permitir a identificação. A largura de banda deve ser de pelo menos [100 Hz - 5 kHz].

Diante do método exposto, após a monitoração do ruído e o devido tratamento destes dados, faremos a classificação automática, que necessita de uma validação para a dada certificação de que são eventos sonoros aeronáuticos.

7. ESTUDOS DE CASO

7.1. Seleção dos pontos de medição

Considerando a observação dos seguintes critérios:

- Seleção de receptores críticos localizados na proximidade das rotas de pouso e decolagem e da área patrimonial do aeroporto;
- Facilidade de acesso para a realização das medições “in loco” durante todo o período de medição;
- Permissão para instalação dos equipamentos nos pontos de medição;
- Existência de condições mínimas de infraestrutura e segurança, para que fosse possível deixar o equipamento funcionando, de forma ininterrupta, por 24 horas.
- Preferencialmente locais com tráfego moderado de veículos.

7.2. Medição Sonora

As medições foram realizadas em dois aeroportos diferentes, sendo um no Aeroporto Internacional Afonso Pena, em Curitiba e no Aeroporto Internacional Pinto Martins, em Fortaleza, com duração de 24 horas, em pontos de cabeceira. No Aeroporto de Curitiba, foi selecionado um ponto e no Aeroporto de Fortaleza foram feitas medições em dois pontos de cabeceira. Neste estudo a ser abordado, foram selecionados períodos de 02 horas para análise.

Cada medidor foi configurado para registrar os níveis sonoros instantâneos, de forma ininterrupta - durante todo o processo de medição - a cada segundo. A partir desses dados é possível obter o LAeq e o LRA correspondentes a cada hora, o que corresponde, respectivamente, ao nível de ruído equivalente e ao nível de ruído ambiente.

7.3. Parâmetros considerados

Nível de Ruído no entorno do Aeroporto

O nível de ruído aeroportuário em dB(A) foi considerado como sendo o nível sonoro levantado durante todo o período de medição, inclusive, os períodos nos quais não houve passagem de aeronaves (de acordo com a Norma ABNT NBR10.151). Ele é o resultado da superposição do ruído proveniente das operações aeroportuárias, do ruído produzido pelas atividades humanas e de transporte terrestre na região.

Nível de Ruído das Aeronaves

Nível Sonoro Equivalente em dB(A) produzido exclusivamente pelo movimento das aeronaves nos aeroportos. Pode ser estimado a partir das emergências sonoras obtidas com base no programa do Nicolas, desenvolvido no Matlab de acordo com a Norma Francesa NF S31-190

Nível de Ruído Ambiente (LRA):

O nível de ruído ambiente em dB(A) foi considerado como sendo o nível sonoro equivalente levantado durante os períodos nos quais não houve passagem de aeronaves.

O nível de ruído ambiente é calculado como a diferença logarítmica entre o nível de ruído no entorno do aeroporto e o nível de ruído produzido exclusivamente pelas aeronaves.

8. CASO DO AEROPORTO DE CURITIBA

Em paralelo às medições, em horários determinados, foram utilizados os boletins das torres de controle de tráfego aéreo visando o levantamento do número de sobrevoos de aeronaves audíveis em determinado local.

Iniciando pela análise dos dados obtidos no ponto do Aeroporto Internacional Afonso Pena em Curitiba, a Escola Municipal Aníbal Ribeiro Leal, cuja medição ocorreu do período das 10:26 h do dia 25/10/2001 às 10:26 h do dia 26/10/2011. Para a análise foi escolhido o período de 8 às 10h. Como veremos na Figura 1 a seguir, observa-se que a primeira leitura dos dados mostra uma imagem bastante complexa em virtude dos diversos fatores envolvidos. De acordo com a NF S31-190, o início do tratamento dos dados se dá pela eliminação dos eventos curtos demais, inferiores a 20 segundos. No passo seguinte, são eliminados os eventos cujas inclinações não se enquadram na Norma. Após estes filtros, são desprezados os eventos longos demais, com duração superior a 180 segundos, também de acordo com a Norma. Na sequência, são eliminados os picos pequenos demais, quando passamos a ter dados mais fidedignos, quando se apresentam picos não superiores a 10 dB do ruído ambiente.

A figura 1 gerada pelo programa, ilustra com clareza as informações abordadas acima.

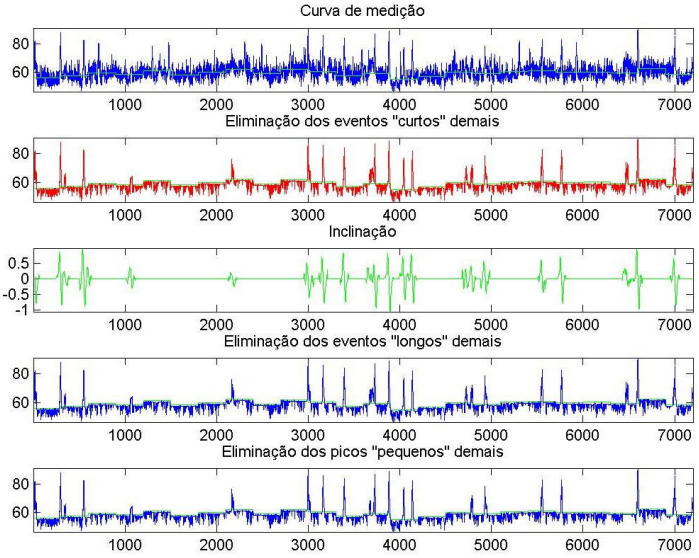


Figura 1: Etapas do tratamento dos dados para o estudo de caso do Aeroporto de Curitiba

O programa aplicado apontou para incidência de 20 possíveis eventos aeronáuticos, referentes a pousos e/ou decolagens de aeronaves. Para o ponto em questão, trata-se de pousos, em virtude da localização da cabeceira. Na etapa seguinte, estes pontos devem ser validados, conforme preconiza a Norma Francesa. Confrontando os resultados do programa com os dados obtidos pela torre, observamos que dos 25 pousos ocorridos no período, o programa apontou, de maneira precisa, 18 eventos aeronáuticos.

9. CASO DO AEROPORTO DE FORTALEZA

Quanto ao Aeroporto de Fortaleza, selecionamos ambos os pontos de cabeceira para medição. Os pontos escolhidos foram o Hospital São Vicente (pousos) e a Escola EMEIF (decolagens). A medição do primeiro ponto, o hospital, ocorreu no período das 12:00:01h do dia 15/03/2011 às 12:00:00h do dia 16/03/2011. Neste ponto, selecionamos dois períodos para análise, das 20 às 22 h. e das 23 à 1 h. Para o segundo ponto, a escola, a medição foi feita no período das 13:48:51h do dia 16/03/2011 às 13:48:50h do dia 17/03/2011. Selecionamos, também, dois períodos para análise, da 1 às 3 h e das 8 às 10 h.

Os resultados obtidos pelas análises serão apresentados em quatro itens classificados conforme abaixo e utilizando os mesmos procedimentos adotados na análise de Curitiba:

- Caso 1 : Período das 20 às 22 h, ponto Hospital
- Caso 2 : Período das 23 à 1h, ponto Hospital
- Caso 3 : Período de 1 às 3, ponto Escola
- Caso 4 : Período das 8 às 10h, ponto Escola

A figura 2 abaixo mostra os procedimentos recomendados pela NF S31-190 e executados pelo programa.

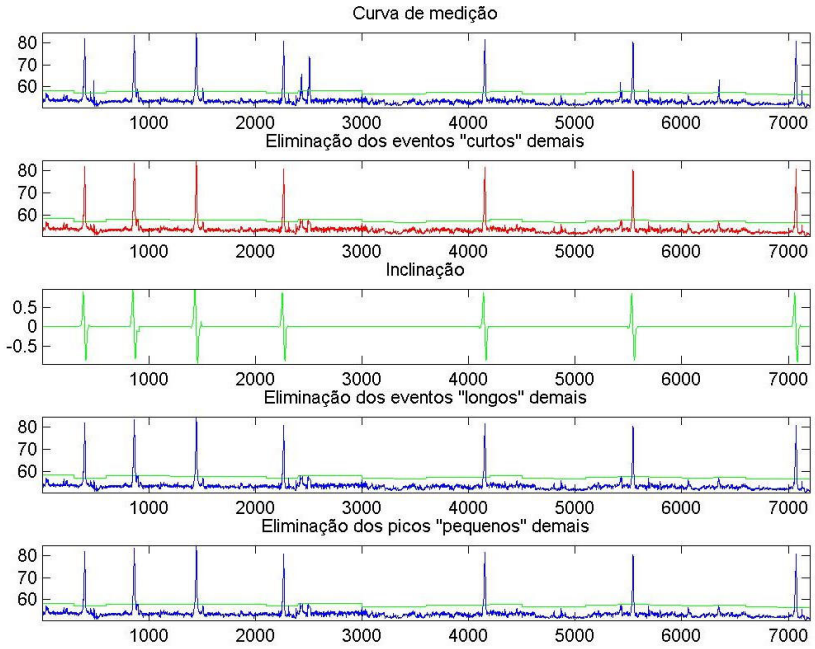


Figura 2: Etapas do tratamento de dados para o caso 1

Como resultado, obtivemos 7 possíveis eventos aeronáuticos, referentes a pousos e/ou decolagens de aeronaves. Para o ponto em questão, trata-se de pousos, em virtude da localização da cabeceira. Na etapa de validação, confrontando os resultados do programa com os dados obtidos pela torre, observamos que dos 8 pousos ocorridos no período, o programa apontou, de maneira precisa, os 7 eventos aeronáuticos sinalizados na figura.

Além do gráfico exposto, o programa gera uma planilha com resultados bem mapeados no tempo e um gráfico com um possível ruído ambiente. Observando este ruído ambiente, detectado pelo gráfico, de maneira minuciosa, é possível tentar captar o evento aeronáutico não apontado pelo programa e registrado pelo boletim da torre às 20h43 min.

Conforme mostra a figura 3, próximo ao horário apontado pela torre é bastante provável que o maior pico presente na figura seja oriundo do evento aeronáutico faltante.

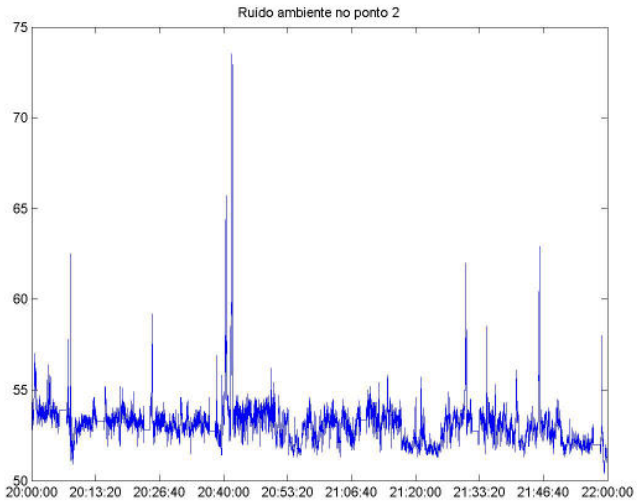


Figura 3: Gráfico com os danos rejeitados pelo programa

A figura 4 mostra os procedimentos recomendados pela Norma e executados pelo programa.

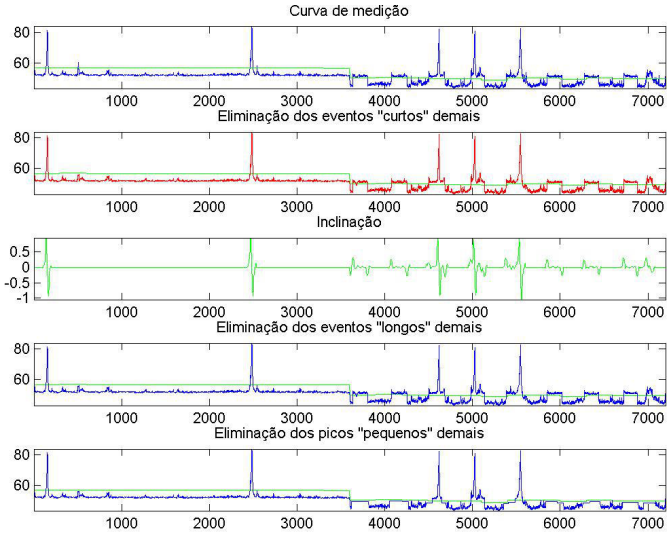


Figura 4: Etapas do tratamento de dados para o caso 2

Como resultado, obtivemos 6 possíveis eventos aeronáuticos, referentes a pousos e/ou decolagens de aeronaves. Para o ponto em questão, trata-se de pousos, tal como tratado no item a, em virtude de ser o mesmo ponto.

Na etapa de validação, confrontando os resultados do programa com os dados obtidos pela torre, observamos que dos 5 pousos ocorridos no período, o programa apontou, de maneira precisa, os 5 eventos aeronáuticos sinalizados na figura precedente. Da planilha de resultados gerada pelo programa, podemos perceber que os eventos 4 e 5 representam a mesma aeronave, visto que o horário de fim da aeronave 4 é o mesmo horário de início da aeronave 5, tal como ilustrado no fragmento a seguir, extraído da planilha de resultados. Fica constatado então que na realidade, trata-se de 5 pousos.

Tabela 4: Resultados dos eventos apontados para o caso 2. Fonte: Gerado pelo programa.

Aeronave número	Hora de início de passagem	Hora de Passagem com ruído máximo	Hora de fim de passagem
1	15/03/2011 23:01:45	15/03/2011 23:02:32	15/03/2011 23:03:10
2	15/03/2011 23:40:33	15/03/2011 23:41:23	15/03/2011 23:42:03
3	16/03/2011 00:15:39	16/03/2011 00:16:55	16/03/2011 00:17:28
4	16/03/2011 00:22:29	16/03/2011 00:23:44	16/03/2011 00:24:12
5	16/03/2011 00:24:12	16/03/2011 00:24:48	16/03/2011 00:25:54
6	16/03/2011 00:31:27	16/03/2011 00:32:24	16/03/2011 00:33:10

A figura 5 mostra os procedimentos recomendados pela NF S31-190 e executados pelo programa.

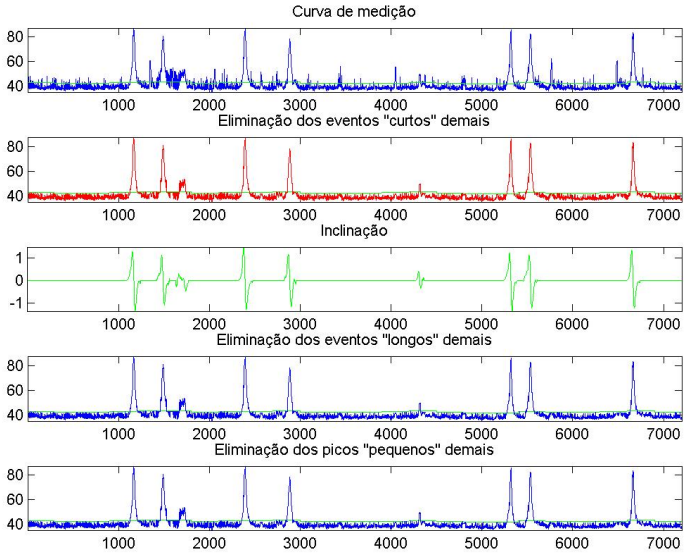


Figura 5: Etapas do tratamento de dados para o caso 3

Como resultado, obtivemos 9 possíveis eventos aeronáuticos, referentes a pousos e/ou decolagens de aeronaves. Para o ponto em questão, trata-se de decolagens, em virtude da localização da cabeceira.

Na etapa de validação, confrontando os resultados do programa com os dados obtidos pela torre, observamos que das 7 decolagens ocorridas no período, o programa apontou, de maneira precisa, os 7 eventos aeronáuticos sinalizados na figura 5.

Pelo gráfico gerado com os possíveis eventos aeronáuticos, podemos perceber que os dois eventos não identificados pela torre apresentam picos menores, ratificando como eventos não aeronáuticos.

A figura 6 ilustra, de maneira significativa, os resultados obtidos pelo programa.

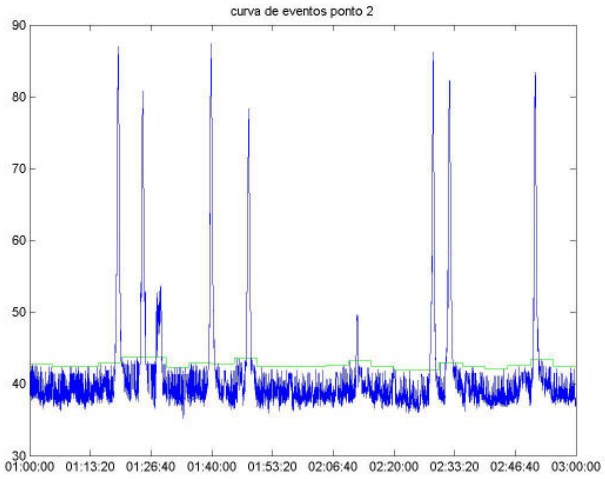


Figura 6: Gráfico com os possíveis eventos aeronáuticos para o caso 3

Conforme mostra a figura 6, próximo aos horários de 1h:27 min e 2h:10 min, os dois eventos registrados possuem picos de pouca dinâmica comparados as sete decolagens.

A figura 7 mostra os procedimentos recomendados pela Norma e executados pelo programa.

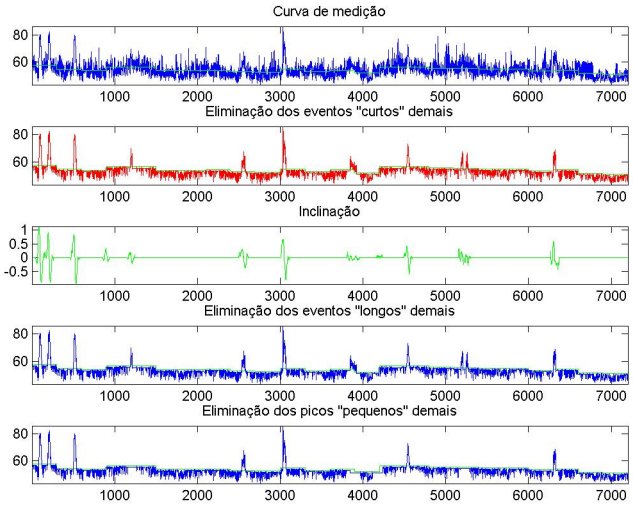


Figura 7: Etapas do tratamento de dados para o caso 4.

Como resultado, obtivemos 8 possíveis eventos aeronáuticos, referentes a pousos e/ou decolagens de aeronaves. Para o ponto em questão, trata-se de decolagens, em virtude de ser a mesma cabeceira do ponto “c”. Na etapa de validação, confrontando os resultados do programa com os dados obtidos pela torre, observamos que das 5 decolagens ocorridas no período, o programa apontou, de maneira precisa, os 5 eventos aeronáuticos sinalizados na figura. Pelo gráfico gerado com os possíveis eventos aeronáuticos, podemos perceber que um dos eventos é inexistente e os outros dois eventos não identificados pela torre apresentam picos menores, ratificando como eventos não aeronáuticos, com base nos dados do boletim.

A figura 8 ilustra, de maneira significativa, os resultados obtidos pelo programa.

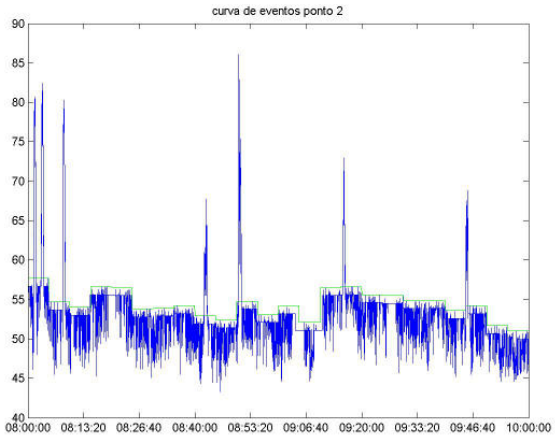


Figura 8: Gráfico com os possíveis eventos aeronáuticos para o caso 4

Conforme mostra a figura 8, próximo às 8h15min, apesar da sinalização do programa, na planilha de resultados de um evento aeronáutico, percebemos que o mesmo não existe. Nos horários de 8h42min e 9h45min, os dois eventos registrados formam picos um pouco menores, porém não podem ser considerados ruídos aeronáuticos, pois inexistem no boletim da torre.

10. RESULTADO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil vive um período de grandes transformações, que se reflete em vários segmentos de nossa sociedade. Assim, não há dúvidas a respeito de como a contínua expansão da atividade aeroportuária causa impacto direto nas comunidades do entorno e de como se faz necessária a adoção de medidas objetivando minimizá-la.

O ruído aeronáutico se caracteriza principalmente por níveis de ruído resultantes da movimentação das aeronaves, oriundos principalmente dos pousos e decolagens, podendo vir a afetar os habitantes e frequentadores das comunidades próximas aos aeroportos. Essa exposição aos ruídos indesejados pode ser causadora de problemas na qualidade de vida das pessoas, interferindo na comunicação, no descanso noturno, no rendimento escolar e até mesmo no desempenho profissional.

A proposta deste trabalho consistiu em apresentar novas soluções para a classificação automática na questão de monitoramento de ruídos aeroportuários. Seguindo a Norma Francesa NF S31-190 para a classificação automática, adaptamos o programa criado por MILHAUD, N.(2011) e testamos em situações diversas, o que nos permite fazer algumas considerações.

Na aplicação feita no ponto de Curitiba, o resultado apresentou um índice assertivo em torno de 72%, pois, das 25 aeronaves presentes no boletim da torre, o programa captou automaticamente e com precisão, 18 aeronaves. Creditamos os motivos do resultado apurado ter sido mais baixo que os outros dois pontos, que são a localização do ponto de medição da cabeceira e ao fato de haver alto ruído ambiente.

Quanto a aplicação feita nos pontos no Aeroporto de Fortaleza, os resultados obtidos foram bastante satisfatórios, apresentando um índice assertivo em torno de 85%. Estes resultados superiores ao Aeroporto de Curitiba se devem, muito provavelmente, em virtude de termos utilizado melhores pontos de medições, pois estavam bem

próximos e abaixo das rotas de pouso e decolagem das aeronaves, além de baixos ruídos ambientes.

Após os estudos, observamos que a aplicação da Norma Francesa aliada ao uso do programa é um instrumento importante para o auxílio na classificação de eventos aeronáuticos. Cabe ressaltar que esta Norma é feita para utilização em análises em pontos de cabeceira. É de grande valia a sua utilização, visto que o programa faz a filtragem inicial de maneira satisfatória, sendo necessária posterior validação dos eventos julgados pelo programa e daqueles não captados, os quais devem ser adicionados pelo operador a posteriori.

Urge sinalizar que, ao utilizar o programa, o papel do operador é facilitado, embora sua análise seja de fundamental importância no processo como um todo, pois este elemento deverá ter a percepção da melhor forma de correção dos eventos aeronáuticos apontados de forma incorreta pelo programa. A validação feita pelo operador deve ser baseada no boletim da torre, nos resultados e gráficos gerados pelo programa e ainda, nos dados iniciais da monitoração. Desta forma, todos os eventos aeronáuticos serão julgados e classificados, um a um, de forma plena.

11. REFERÊNCIAS

HELENO, T. A. **Processamento de sinal aplicado ao monitoramento de ruído aeronáutico.** 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do RJ. Rio de Janeiro: UFRJ, 2016.

HENRIQUES, P. A. B. **Detecção de Ruído Aeronáutico baseada na Norma NF S31-190.** 2012. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ, 2012.

MILHAUD, N. **Identificação De Aeronaves Na Medição De Ruído Aeroportuário.** 2011. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Génie Mécanique) - Conservatoire National des Arts et Métiers. Métiers, 2011.

ROCHA, V. T. S. **Identificação de aeronaves em monitoração de ruído aeronáutico.** 2012. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ, 2012.