



1

**FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS –
FATECS**

CURSO: ENGENHARIA CIVIL

JOÃO VICTOR MESQUITA DE SOUSA

MATRÍCULA: 2135645/0

**Avaliação do incômodo sonoro decorrente da exposição ao
ruído aeronáutico no entorno do Aeroporto de Goiânia**

Brasília
2018

JOÃO VICTOR MESQUITA DE SOUSA

Avaliação do incômodo sonoro decorrente da exposição ao ruído aeronáutico no entorno do Aeroporto de Goiânia

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como um dos requisitos para a conclusão do curso de Engenharia Civil do UniCEUB– Centro Universitário de Brasília.

Orientador: Prof. Dr. Edson Benício Carvalho Júnior.

Brasília
2018

JOÃO VICTOR MESQUITA DE SOUSA

Avaliação do incômodo sonoro decorrente da exposição ao ruído aeronáutico no entorno do Aeroporto de Goiânia

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como um dos requisitos para a conclusão do curso de Engenharia Civil do UniCEUB– Centro Universitário de Brasília.

Orientador

Banca Examinadora

Físico: Edson Benício Carvalho Júnior, D.Sc.
Orientador

Eng^o. Civil: Jairo Furtado Nogueira, M.Sc.
Examinador Interno

Eng^o. Civil: Jocinez Lima, M.Sc.
Examinador Interno

Brasília

2018

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo estimar o percentual de pessoas incomodadas com o ruído aeronáutico no Aeroporto Internacional do Goiás - Santa Genoveva (SBGO). Para tanto, foram identificados os bairros afetados pelo ruído das aeronaves em diferentes curvas de ruído, sendo os mais afetados, os bairros Goiânia II, Jardim Guanabara, Santa Genoveva, Santo Hilário e São Judas Tadeu. Para estimar a população exposta ao ruído aeroviário foram utilizadas as curvas de ruído, dados do Censo de 2010 e um software SIG. Obteve-se o valor aproximado de 45.960 pessoas que são afetadas pelo ruído proveniente das operações do SBGO. Com base nessas informações, fez-se uma avaliação do uso do solo em volta aeroporto. Foi constatado que as moradias do bairro Santa Genoveva inclusas na curva DNL 75, além de estarem em área não permitida (de acordo com os parâmetros da RBAC nº161), são as mais afetadas, sendo capazes, inclusive, de causar incômodo e danos à saúde dos moradores. Foram calculados o percentual e quantidade aproximada da população incomodada e altamente incomodada. O percentual de pessoas incomodadas foi de 30,1% na DNL 55; 42,1% na DNL 60, 55,1% na DNL 65; 67,5% na DNL 70; e 77,8% na DNL 75. Para a população altamente incomodada, obteve-se o percentual de 13,4%, 22,7%, 35,6%, 51,1% e 66,3% para as DNL 55, 60, 65, 70 e 75, respectivamente.

Palavras-chave: Ruído Aeronáutico, População exposta, Curvas de ruído, Mapa Acústico, Incômodo Sonoro.

ABSTRACT

The present work is intended to quantify an approximate number of people and the zones affected by the acoustic noise at the International Airport of Goiás - Santa Genoveva (SBGO). It was identified that the zones affected by aircraft noise in different noise, the worst ones being Goiânia II, Jardim Guanabara, Santa Genoveva, Santo Hilário and São Judas Tadeu. In order to estimate the amount of the population exposed to aeronautical noise, there were considered the noise curves, 2010 Census data and SIG software. The approximate value of people which were affected by the noise from SBGO operations was about 45.960. Based on the informations, it was made an assessment of the land around the airport. It was found that the dwellings of Santa Genoveva included in the DNL 75 curve, besides being in a dangerous zone (according to the RBAC no. 161 parameters), are the most affected, being able to creating discomfort and damages to the health of the residents. The percentage and approximate amount of the disturbed and highly disturbed population were calculated. The percentage of disturbed people was 30.1% in DNL 55; 42.1% in DNL 60; 55.1% in DNL 70; and 77.8% in DNL 75. About the highly disturbed population, the percentages were 13.4%, 22.7%, 35.6%, 51.1% and 66.3%, respectively, for the DNL's 55, 60, 65, 70 and 75.

Keywords: Aeronautical noise, Exposed population, Noise curves, Acoustic map, Sound nuisance.

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE TABELAS	9
1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO.....	12
2.1 Geral	12
2.2 Específico.....	12
3. AEROPORTOS	13
3.1 Mercado aeroportuário brasileiro	13
3.2 Principais aeroportos do país	14
3.3 Aeroporto Internacional de Santa Genoveva, Goiânia-Goiás.....	14
3.4 Impactos Ambientais	18
4. RUÍDO AERONÁUTICO	19
4.1 Curvas de Ruídos	21
4.2 Mapas Acústicos	22
4.3 Problemáticas do uso de áreas no entorno dos Aeroportos.....	22
5. LEGISLAÇÃO E NORMAS APLICADAS	24
5.1 RBAC N°161.....	24
5.2 Plano de Zoneamento de Ruído.....	26
5.3 Plano Básico de Zoneamento de Ruído	26
5.4 Plano Especifico de Zoneamento de Ruído	28
6. METODOLOGIA.....	30
6.1 Área de estudo.....	30
6.2 Mapas	30
6.3 População Exposta.....	30
6.4 Incômodo Sonoro.....	34
7. ANALISE DE RESULTADOS.....	36
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
8.1 CONSIDERAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS	41
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

LISTA DE SIGLAS

ABNT.....	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADC.....	Carta de Aeródromo
ANAC.....	Agência Nacional de Aviação Civil
CBA.....	Código Brasileiro de Aeronáutica
dB.....	Decibéis
DNL.....	Nível de Ruído Médio Dia-Noite
EPNL.....	Nível Efetivo de Ruído Percebido
GYN.....	Aeroporto Internacional Santa Genoveva
IATA.....	Associação Internacional de Transportes Aéreos
IBGE.....	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICAO.....	<i>International Civil Aviation Organization</i>
INFRAERO.....	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
OMS/OECD.....	<i>Organization for Economic Co-operation and Development</i>
PEZR.....	Plano Específico de Zoneamento de Ruído
PIB.....	Produto Interno Bruto
PZP.....	Planos de Zona de Proteção
PZR.....	Plano de Zoneamento de Ruído
RBAC.....	Regulamento Brasileiro de Aviação Civil
SBGO.....	Aeroporto Internacional Santa Genoveva

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - localização do Aeroporto no Brasil.....	17
Figura 2 - Localização do SBGO.....	17
Figura 3 - Representação da projeção das curvas de ruído.....	21
Figura 4 - Áreas e Curvas de Ruído de um PBZR	28
Figura 5 - Ruídos Aeroportuários	36
Figura 6 - Bairros Afetados.....	37
Figura 7 - DNLs e Bairros Afetados.....	38

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Aeroportos principais do Brasil por número de passageiros	14
Tabela 2 - Informações sobre o Aeroporto	15
Tabela 3 - Coordenadas de referência	16
Tabela 4 - Características da pista	16
Tabela 5 - Dados da Pista de Pousos e Decolagens	16
Tabela 6 - Histórico de Pousos e Decolagens (2015)	18
Tabela 7 – População exposta ao ruído aeronáutico, DNL 55.	32
Tabela 8 - População exposta ao ruído aeronáutico, DNL 60.	32
Tabela 9 - População exposta ao ruído aeronáutico, DNL 65.	33
Tabela 10 - População exposta ao ruído aeronáutico, DNL 70.	33
Tabela 11 - População exposta ao ruído aeronáutico, DNL 75.	33
Tabela 12 - Métodos para cálculo de I% e AI%	34
Tabela 13 - Porcentagem base de Incomodados e Altamente Incomodados ..	35
Tabela 14 - População incomodada e altamente incomodada em cada DNL ..	35
Tabela 15 - Resumo comparativo do uso do solo para o SBGO/GYN	39
Tabela 16 - Total população incomodada e altamente incomodada	39

1. INTRODUÇÃO

O transporte aéreo é extremamente importante para todo o processo de locomoção. Os aviões permitem o deslocamento de pessoas (seres vivos) e cargas (mercadorias) através de grandes distâncias (a nível continental). O tempo de viagem é consideravelmente menor, se comparado a de outros modais de transportes, e o deslocamento acontece com mais eficiência e segurança. Todavia, o transporte aéreo apresenta maior custo operacional do que os demais modais de transportes (ALVES, 2014).

O Brasil, nos últimos anos, vem crescendo cada vez mais, de modo que, com o desenvolvimento do país e o crescimento da população, faz-se necessário o aumento da mobilidade das populações, tanto interna quanto externa. Nesse contexto, o transporte aéreo apresenta enorme importância, tornando-se vital para a infraestrutura de transporte das cidades modernas, exercendo cada vez mais influência no zoneamento urbano segundo Stevens. (2010, *Apud* CARVALHO JR., 2015)

Essa eficiência é decorrente dos investimentos em pesquisa e do desenvolvimento de novas tecnologias aplicadas ao setor aéreo. Todo esse crescimento promoveu aeronaves maiores e que necessitam de mais força para sua decolagem e pouso. Desta forma, os prejuízos causados também são maiores. De acordo com SANTOS (2008), desde 1973 o Brasil se preocupa com o impacto ambiental causado pelas atividades aeroportuárias, e desde 1986, com a resolução nº1 do CONAMA, todos os projetos de implantação, manutenção, reforma, ampliação ou adequação de aeroportos foram obrigados a realizar estudos de impactos ambientais e realizar procedimentos de preservação ambiental.

De acordo com a linha do Desenvolvimento Sustentável, essa habitação no entorno do aeródromo merece atenção especial desde o ato de criação do empreendimento até expansões futuras, seja ela anterior à construção do aeroporto ou posterior (crescimento urbano no entorno). De acordo com o CBA, o uso e a ocupação do solo no sítio aeroportuário e no seu entorno é regido pela

legislação aeronáutica relativa à zona de proteção e ruído vigente. Uma vez que o Plano Diretor do aeroporto for incorporado pelo município, torna-se viável a aplicação dessa lei e minimizando o impacto sobre a população no entorno. (SANTOS, 2015)

Para que esse desenvolvimento do setor aéreo não ocorra de forma desordenada, tornando-se um problema de difícil solução, e que a qualidade de vida das pessoas seja mantida, é necessário observar o ruído aeroportuário gerado tanto pelas aeronaves quanto pela rotina dos aeroportos. Um dos principais impactos ambientais provocados pela atividade aeroportuária é o ruído proveniente dos equipamentos no pátio dos aeroportos e das operações de aeronaves, como os procedimentos de aproximação, pouso, decolagem, taxiamento e testes de motores. (INFRAERO, 2004)

O impacto associado ao funcionamento de um aeroporto afeta os moradores no seu entorno, tanto em curto prazo (como prejuízo na comunicação) quanto em longo prazo com consequências psicológicas (stress, perda na qualidade do sono, etc.). (SANTOS, 2015)

O principal efeito do ruído aeronáutico nas populações expostas é o incômodo sonoro, sendo este definido por VALLET (1983), como sendo “uma sensação perceptiva e afetiva negativa expressa pelas pessoas que escutam o ruído”, o incômodo é um dos critérios mais utilizados em pesquisas referente ao ruído (*Apud* BARRETO, 2015).

2. OBJETIVO

2.1 Geral

Estimar o percentual de pessoas afetadas pelo ruído aeronáutico em regiões próximas ao Aeroporto Internacional de Goiânia – Santa Genoveva.

2.2 Específico

Os objetivos específicos foram: simular curvas de ruído para o aeroporto de Goiânia; elaborar mapas de ruído e estimar o percentual da pessoas incomodadas e altamente incomodadas. Também foi classificado o uso do solo no entorno do Aeroporto de Goiânia, conforme recomendações do RBAC nº161/2013.

3. AEROPORTOS

A operação e construção de um aeroporto tem grande importância para o desenvolvimento regional e para a globalização. Com o desenvolvimento do país, e, conseqüentemente, dos estados, suas fronteiras são cada vez menos determinantes. As distâncias tornam-se menos limitativas, e, com isso, o relacionamento entre população e o fluxo da economia torna-se mais fácil e cada vez maior. (ANTUNES, 2007)

Economicamente falando, a construção de um aeroporto e suas operações posteriores, assim como de empreendimentos dentro do aeroporto (restaurantes e lojas de varejo), geram grande quantidade de empregos, aumentando o fluxo monetário e melhorando o PIB do Brasil. De acordo com a IATA, em uma pesquisa em 2014, a contribuição gerada por voos e operações aeroportuárias somou um valor de \$32.9 milhões ao PIB Brasileiro. (IATA, 2014)

3.1 Mercado aeroportuário brasileiro

O mercado brasileiro de aviação tem crescido exponencialmente. Só no primeiro semestre do ano de 2017, os aeroportos movimentaram 98,8 milhões de passageiros. Como exemplo do crescimento e expansão do mercado, o aumento de passageiros no mês de julho foi de 2,12%, comparado a julho de 2016. Dos 10 aeroportos mais movimentados do Brasil, 8 deles obtiveram um acréscimo na movimentação dos passageiros em 2016, tal qual Brasília - DF (obteve o aumento de 9,08%), Recife - PE (10,29%) e Confins - MG (7,47%). (Ministério dos transportes, portos e aviação, 2017)

Em relação aos voos, de acordo com o Ministério dos transportes, portos e aviação, declarou que 106 aeródromos começaram a receber voos regulares no ano de 2017, um pouco mais que no ano de 2016. A movimentação de cargas, no primeiro semestre do ano de 2017, cresceu 6,48% em relação ao ano de 2016, totalizando 526 mil toneladas.

3.2 Principais aeroportos do país

Os 5 aeroportos mais importantes do Brasil, em relação a quantidades de passageiros transportados no ano de 2016, estão apresentados na Tabela 1. Nesta, também está expressa a posição do Aeroporto de estudo (Santa Genoveva).

Tabela 1 - Aeroportos principais do Brasil por número de passageiros

POSIÇÃO	AEROPORTO	PASSAGEIROS	CIDADES	UF
1°	Aeroporto internacional de São Paulo-Guarulhos	36.596.326	São Paulo / Guarulhos	SP
2°	Aeroporto de São Paulo-Congonhas	20.816.957	São Paulo	SP
3°	Aeroporto Internacional Juscelino Kubitchek	17.947.153	Brasília	DF
4°	Aeroporto internacional Antônio Carlos Jobim-Galeão	16.103.011	Rio de Janeiro	RJ
5°	Aeroporto internacional Tancredo Neves	9.638.798	Belo Horizonte / Confins	MG
16°	Aeroporto Santa Genoveva	3.016.798	Goiânia	GO

Infraero (2017)

3.3 Aeroporto Internacional de Santa Genoveva, Goiânia-Goiás

Goiânia, conhecida por ser a capital mais arborizada do país, e detentora do título "Capital Verde do Brasil", atrai muitos visitantes (sejam eles moradores locais ou turistas de outras cidades) a procura de uma boa qualidade de vida. Para tanto, a existência do aeroporto é necessária a fim de facilitar a movimentação desses visitantes. Inaugurado em 5 de setembro de 1955, com objetivo de suprir as necessidades regionais, o Aeroporto Internacional de Santa

Genoveva localizado na cidade de Goiânia, é um dos mais movimentados do Centro-Oeste do Brasil e possui grande importância nas áreas comerciais, de turismo ecológico e de negócios, caracterizando-se como um polo integrador da região. (INFRAERO)

Tabela 2 - Informações sobre o Aeroporto

Sítio aeroportuário	3967 Milhões de M ²
Área do pátio das aeronaves	37445 M ²
Capacidade do estacionamento	971 vagas
Capacidade/ano do terminal de passageiros	6,3 milhões
Área do terminal de passageiros	34000 M ²
Estacionamento de Aeronaves	10 posições

Fonte: Infraero (2017)

Todos os aeroportos possuem nomenclaturas padrões, a fim de facilitar a obtenção de todo tipo de informações referentes a eles, além de diferenciá-los. Dessas nomenclaturas, as mais utilizadas são as siglas IATA, compostas por códigos de 3 letras e a ICAO (Organização da Aviação Civil Internacional) composta por códigos de 4 letras:

No caso do aeroporto em estudo, os códigos aeroportuários, do Aeroporto de Goiânia – Santa Genoveva:

- Sigla IATA (International Air Transport Association): GYN
- Sigla ICAO (International Civil Aviation Organization): SBGO

O Aeroporto situa-se na região norte da cidade, a 12 km de distância do centro e situa-se a uma altitude de 747m. O órgão responsável por sua administração é a Infraero, que recuperou a pista de pouso e ampliou o terminal de passageiros em 1981, 1994 e 2000. Atualmente, encontra-se em reforma para ampliar sua capacidade para 3,2 milhões de passageiros por ano até 2019,

já que desde o ano de 2012 as movimentações de passageiros ultrapassam os 3 milhões. (Infraero, 2017)

A Tabela 3 apresenta as coordenadas de referência global da posição do aeroporto em questão.

Tabela 3 - Coordenadas de referência

Latitude	16°37'47"S (-16.629722)
Longitude	49°13'36" W (- 49.226667)

Fonte: Carta ADC SBGO

Existe uma numeração RWY (Runway), para a diferenciação das direções das pistas. Esta é classificada pelo azimute magnético, entre 01 e 36, representando 360°, as Tabelas 4 e 5 apresentam as características da pista do SBGO.

Tabela 4 - Características da pista

Pistas	Dimensões	Tipo de superfície
14/32	2500m x 45m	Asfáltica

Fonte: Carta ADC SBGO

Tabela 5 - Dados da Pista de Pousos e Decolagens

Cabeceira	Altitude (m)	Latitude	Longitude
RWY 14	743,71m (2440 pés)	16° 37' 34" S	49° 13' 53" O
RWY 32	746,76 m (2450 pés)	16° 38' 15" S	49° 12' 40" O

Fonte: Carta ADC SBGO

Está representada na Figura 1 a posição do Aeroporto Internacional do Goiás, Santa Geneveva em relação ao território brasileiro, enquanto na Figura 2 sua posição em relação os bairros em suas imediações. A Tabela 6 consta da quantidade de pousos e decolagens no ano de 2015, no qual teve a movimentação de 3,3 milhões de passageiros.

Figura 1 - localização do Aeroporto no Brasil.



Fonte: Infraero

Figura 2 - Localização do SBGO.



Fonte: O Autor

Tabela 6 - Histórico de Pousos e Decolagens (2015)

Decolagens	Pousos	Total
32.858	32.872	65.730

Fonte: Infraero

3.4 Impactos Ambientais

As atividades provenientes da aviação civil trazem um grande impacto ao ambiente em sua proximidade, tanto no momento de sua construção, quanto nas operações diárias de decolagem, pouso, aproximação, taxiamento e teste dos motores das aeronaves. (SANTOS, 2015)

O principal problema ambiental causado pelas atividades aeroportuárias é o incômodo sonoro, seguido das emissões de gases resultantes da queima de combustível. Para a população, esses problemas tornam-se recorrentes devido à aproximação das mesmas aos aeroportos, visto que as regiões próximas são as mais afetadas, e, muitas vezes, não beneficiadas pelos serviços aeroportuários. (SANTOS, 2015)

Os prejuízos causados por esses impactos ambientais à saúde são preocupantes. A principal consequência da exposição excessiva aos ruídos aeronáuticos é a redução da capacidade auditiva, sendo este problema o primeiro a ser identificado, posteriormente. De acordo com um estudo da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2001), é possível observar um prejuízo ao desempenho cognitivo, desmotivação e distúrbios devido ao sono, acarretando um grande estresse à pessoa incomodada. (SANTOS, 2015)

4. RUÍDO AERONÁUTICO

O transporte aéreo tornou-se economicamente viável em virtude do aprimoramento da tecnologia das aeronaves a jato; aumento da capacidade das aeronaves e quantidade de voos. Com o desenvolvimento da aviação civil e o avanço da tecnologia, os motores utilizados pelos aviões reduziram o nível de ruído produzido. (BONATTO, 2013, *Apud* CARVALHO JR, 2015)

O constante avanço tecnológico acarretou um crescimento na movimentação do transporte aéreo (número de viagens). Tal crescimento foi acompanhado por reclamações sobre o ruído produzido pelas aeronaves. Dessa forma, o ruído proveniente de operações com aeronaves é uma forma de poluição sonora ambiental das mais expressivas. (GIRVIN, 2009, *Apud* CARVALHO JR, 2015)

De acordo com ELLER (2000), ruído é definido como sendo um som indesejável ou perturbador, isto é, um som que incomoda de alguma forma o bem-estar psicológico, podendo ainda, dependendo de sua intensidade, causar danos fisiológicos irreversíveis. (*Apud* NYKEL, 2009). Já por Bruel & Kjaer (2001, *Apud* NYKEL, 2006), ruído é definido como qualquer variação de pressão atmosférica que possa ser detectado pelas pessoas. O ruído aeronáutico por sua vez é todo ruído proveniente da operação das aeronaves ou dos equipamentos de apoio às aeronaves.

O ruído é frequentemente citado como o aspecto mais indesejável em relação à vida no meio urbano. O ruído aeronáutico, atrás somente do rodoviário, é o segundo tipo de ruído mais incômodo em relação à frequência e período de ocorrência em áreas urbanas, e nas áreas rurais, geralmente está em primeiro lugar. (SMITH, 2004 *Apud* MORO, 2016)

Segundo Long (2006, *Apud* MORO, 2016) o ruído de aeronaves é gerado primordialmente pela interação entre a alta velocidade dos gases (liberados pelas turbinas da aeronave) com a atmosfera. À medida que os gases se misturam com o ar circulante na atmosfera, ocorre certa turbulência, e dela

resultam grandes variações de pressão e temperatura, as quais se difundem como som.

De acordo com a ANAC, em 2016, os efeitos do ruído aeronáutico não são uniformes, e o incômodo causado por ele depende de vários fatores, alguns deles são: o tipo da aeronave que opera no aeroporto (diferentes motores, diferentes níveis de ruído), o número de voos, decolagens e aterrissagens, procedimentos operacionais (por exemplo, testes no motor da aeronave), a utilização e a localização das pistas, tanto como o horário de funcionamento do aeroporto, época do ano e condições meteorológicas.

Os jatos de uma aeronave produzem ruídos de características distintas, como a alta diretividade, que significa que o ruído é máximo num ângulo de 30° a 45° em relação ao eixo do jato das turbinas. Outra característica distintiva e importante é que uma operação de pouso de uma aeronave em um aeroporto produz um ruído (de alta frequência) mais elevado do que uma operação de decolagem, pois em frente às turbinas os componentes tonais de alta frequência do compressor são irradiados a partir da admissão. (SMITH, 2004 *Apud* MORO, 2016)

A mensuração do ruído aeronáutico é realizada em estações de monitoramento fixas, localizadas em postos ou prédios ao redor do aeródromo. Outro modo de se avaliar a exposição da comunidade ao ruído aeronáutico é através de simulação computacional, com programas específicos, os quais permitem gerar as Curvas de Contorno de Ruído do aeroporto em métricas acústicas especialmente usadas para se avaliar o ruído aeronáutico. (SMITH, 2004 *Apud* MORO, 2016)

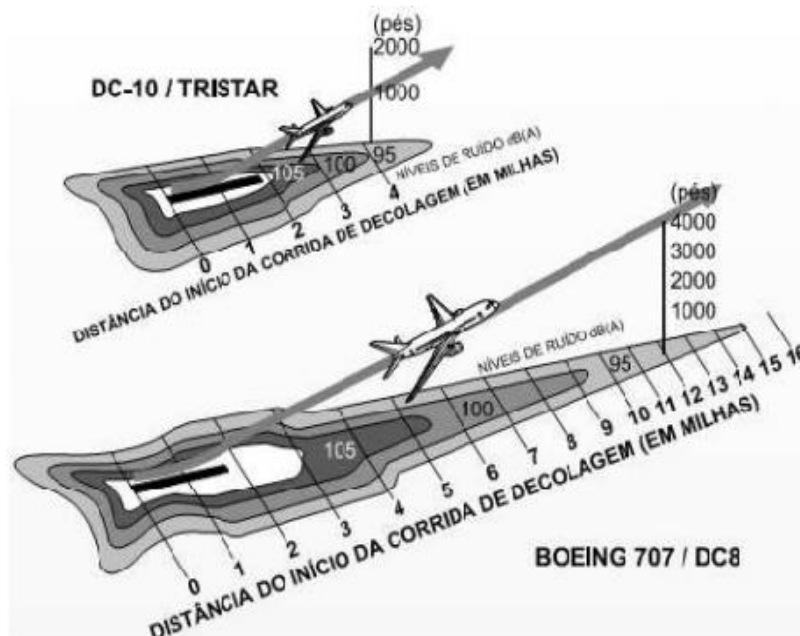
As diretrizes da Organização Mundial da Saúde juntamente com a Organization for Economic Co-operation and Development – OMS/OECD apontam que:

- Até 55 dB: é aceitável segundo a OMS (nas proximidades do aeroporto, e durante o dia);
- Entre 55 e 60 dB: início do incômodo;

- Entre 60 e 65 dB: o incômodo gerado tem um aumento considerável;
- Acima de 65 dB: possível ocorrência de sintomas e danos à saúde.

A Figura 3 mostra a diferença entre o ruído produzido por dois tipos de aeronaves distintas. É possível observar que nas proximidades do aeródromo, os níveis de ruído são bem elevados e, dependendo da aeronave, podem ultrapassar o aceitável pela OMS/OECD, em alguma imediação.

Figura 3 - Representação da projeção das curvas de ruído.



Fonte: (SCATOLINI, 2006 Apud BARRETO, 2015)

4.1 Curvas de Ruídos

Uma curva de ruído é uma área delimitada por linhas, de valor constante de exposição ao ruído aeronáutico, calculada normalmente por um período de tempo determinado, para uma frota de aeronaves em condições operacionais de rotina, e existentes no aeroporto ou aeródromo. De forma geral, as curvas de ruído são mapeadas a intervalos de ruídos, geralmente com variações de 5dB

para auxiliar na definição das zonas, mais ou menos impactadas/incomodadas no entorno do aeroporto. (VALIM, 2006 *Apud* NYKEL, 2009)

Através dessas curvas, pode-se avaliar a extensão do impacto sonoro produzido pelo aeroporto, além de analisar quantitativamente os efeitos de soluções especuladas. Assim, pode-se elaborar uma política de ocupação do solo, que harmonize a convivência entre o aeroporto e a comunidade próxima. (IAC, 1981 *Apud* NUNES, 2004)

Para avaliação destes ruídos, aqui no Brasil, é utilizada a métrica DNL (ou L_{DN} , *Day-Night Average Sound Level*, Nível de Ruído Médio Dia-Noite), que é uma média cumulativa da energia total do som, durante o período de 24h.

4.2 Mapas Acústicos

Mapa acústico (mapa de ruído ou carta acústica) são mapas para fins de avaliação global da exposição ao ruído em determinada zona, devido a uma fonte ou várias fontes de ruído. Para a elaboração dos mapas acústicos, devem ser considerados os seguintes aspectos: (Diretiva 2002/49/CE, 2002)

- Situação sonora existente, anterior ou prevista em função de um indicador de ruído;
- Ultrapassagem de um valor-limite;
- Número estimado de habitações, escolas e hospitais numa determinada zona que estão expostas a valores específicos de um dado indicador de ruído;
- Número estimado de pessoas localizadas numa zona exposta ao ruído.

4.3 Problemáticas do uso de áreas no entorno dos Aeroportos

Um aeroporto requer de cuidados e atenção dobrada para que se possa evitar ou diminuir os impactos negativos à população e ao meio ambiente. Esses cuidados, ao longo do tempo, em relação ao meio ambiente aeroportuário e seu entorno, têm sido cada vez mais intensificados a fim de minimizar esses impactos gerados. (NYKIEL, 2009)

É necessário que o aeroporto esteja integrado com a estrutura urbana e atendendo a demanda local ou regional. Entretanto, mesmo com o desenvolvimento aeroportuário, o aeroporto produz vários efeitos sobre o uso do solo em seu entorno e um dos principais efeitos negativos está relacionado ao problema da poluição sonora, gerada principalmente pela operação das aeronaves com motores à reação. O ruído aeronáutico é um dos impactos ambientais gerado por um aeroporto e que abrange uma área bem maior que a própria área patrimonial deste, afetando bastante a população residente em seu entorno. (NYKIEL, 2009)

Para minimizar os problemas causados pelo ruído aeronáutico, foram aprovados pelo Ministro da Aeronáutica a Portaria N° 1.141/GM5, de 8 de dezembro de 1987, que discorrem sobre as zonas de proteção e a aprovação dos Planos de Zoneamento de Ruído (PZR). (ANAC, 1987)

5. LEGISLAÇÃO E NORMAS APLICADAS

A ANAC, órgão responsável por gerenciar o espaço aéreo brasileiro e elaborar normas a respeito da aviação, estabelece, por meio do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC), a obrigação de todo aeródromo civil ou compartilhado a elaboração do Plano de Zoneamento de Ruído (PZR), entre várias outras atividades. (ANAC, 2016)

Além das normas da ANAC, existem basicamente duas normas redigidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que citam o ruído ambiental, voltadas ao conforto acústico da comunidade:

- NBR 10.151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento;
- NBR 10.152: Níveis de ruído para conforto acústico.

A norma NBR 10.151 de 2000 tem por objetivo fixar as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, independentemente da existência de reclamações. A norma especifica um método para medição de ruído, aplicação e correções (quando necessário), além de um método de avaliação que envolve as medições do nível de pressão sonora, em decibel (dB).

Em relação às normas que fazem referência ao ruído aeronáutico, existem atualmente duas que estão em vigor:

- NBR 11.415: Ruído Aeronáutico;
- NBR 12.314: Aeronáutica – Critérios de ruído para recintos internos nas edificações submetidas ao ruído aeronáutico.

5.1 RBAC N°161

Além dessas normas da ABNT mencionadas, existe os Regulamentos Brasileiros de Aviação Civil – RBAC, que têm por objetivo estabelecer regras acerca da aviação civil no Brasil. Existem várias RBAC, como por exemplo, a RBAC n°154 para projetos de aeródromos. Nesta encontram-se normas que

estabelecem as regras a serem adotadas nos projetos e construção de aeródromos públicos.

Essas normas são especificações de características físicas, configuração, material/equipamento, desempenho pessoal ou procedimentos, cuja aplicação uniforme é considerada necessária para a segurança operacional ou regularidade do transporte aéreo e, portanto, são de caráter obrigatório.

Outro exemplo é a RBAC nº161, que trata do controle do ruído no entorno do aeródromo e discorre os Planos de Zoneamento do Ruído, assim como uso do solo e relacionamento entre operador de aeródromo, órgãos locais e comunidades do entorno. Este regulamento estabelece, para os operadores de aeródromos, os requisitos para elaboração e aplicação do PZR e define critérios técnicos aplicáveis na análise de questões relacionadas ao ruído aeronáutico na aviação civil. (RBAC nº161, 2013).

O PZR é composto pelas Curvas de Ruído e pelas compatibilizações e incompatibilizações ao uso do solo estabelecidas para as áreas delimitadas por essas curvas. O PZR é dividido em dois tipos, o PBZR e o PEZR. (RBAC nº161, 2013)

O regulamento estabelece que, para os aeródromos que possuírem média anual de movimento de aeronaves dos últimos 3 anos superior a 7.000, deve ser aplicado um Plano Específico de Zoneamento de Ruído (PEZR), e inferiores a essa quantidade o PBZR.

A primeira delas, a norma NBR 11.415 de 1990, tem por objetivo definir os termos e as grandezas empregados na área de ruído aeronáutico. Não estabelece, portanto, nenhum limite de níveis de ruído aeronáutico. A norma NBR 12.314 de 1997 é semelhante à norma já citada NBR 10.152, com a diferença de ser específica ao ruído aeronáutico. Não há, contudo, nada que impeça a utilização da NBR 12.314 na avaliação de ruídos provenientes de outras fontes, como explica a própria norma. Existem ainda duas outras normas que dispõem sobre o ruído aeronáutico: a NBR 10.856: Determinação do nível efetivo de ruído percebido (EPNL) de sobrevoos de aeronaves – Procedimento

e a NBR 12.859: Avaliação do impacto sonoro gerado por operações aeronáuticas. Todavia, ambas se encontram canceladas. A norma NBR 10.856 desde maio de 2016, por conflitar com o regulamento técnico vigente do setor aeronáutico, entre eles o RBAC nº161. E a NBR 12.859 desde julho de 2016, pelo mesmo motivo, visto que é baseada na NBR 10.856. Desse modo, pelos motivos anteriormente expostos, é possível afirmar que a única norma técnica aplicável ao escopo do presente trabalho é a NBR 10.151.

5.2 Plano de Zoneamento de Ruído

Os PZR têm por objetivo gerenciar e controlar a ocupação dos arredores dos aeroportos, além de regular quais tipos de atividades podem ser executadas próximo aos aeroportos. Além disso, são instrumentos que em longo prazo viabilizam o uso do solo adequadamente nas áreas afetadas pelo ruído aeronáutico. Outro instrumento que restringe o uso e ocupação do solo no entorno do aeroporto está relacionado com as limitações da altura das edificações, definidas de forma a atender aos parâmetros de segurança nos procedimentos de pouso e decolagem, ou seja, próximo as cabeceiras da pista de decolagem e pouso, e próximo ao aeroporto, as edificações devem ser baixas, a evitar danos aos moradores e empecilhos nos movimentos das aeronaves, esses limites são definidos nos Planos de Zona de Proteção (PZP) também regulamentados pela Portaria N 1.141/GM5. (BRASIL, 1987 *Apud* NYKIEL, 2009)

5.3 Plano Básico de Zoneamento de Ruído

O Plano de Zoneamento de Ruído (PZR) é um documento normativo do Ministério da aeronáutica que estabelece restrições ao uso do solo, em 3 áreas (Áreas I, II e III), essas áreas são definidas pelas curvas de ruído 1 e 2. Uma vez que o incômodo relativo ao ruído aeronáutico está diretamente relacionado à distância da fonte emissora e à intensidade da emissão, são estabelecidas restrições ao uso do solo nas proximidades dos aeroportos (Áreas I e II), dependendo das atividades desenvolvidas. Na Área III, normalmente não são

registrados níveis de incômodos mais significativos e, portanto, não são estabelecidas restrições ao seu uso (IAC, 2004 *Apud* NYKIEL, 2009).

O PBZR é formado por três áreas delimitadas pelas curvas de ruído de 75 e 65 dB elaboradas a partir da pista do aeroporto e dos tipos de aeronaves que o movimentam. Caracterizado na Figura 4 um exemplo da construção de um PBZB, onde é mostrado também as áreas delimitadas das DNL correspondentes deste plano.

- Área I – Possui nível de ruído ambiente muito elevado ($DNL > 75$ dB). Exclui quase todas as atividades urbanas com exceção das atividades não sensíveis ao ruído como: extração e produção de recursos naturais, serviços de transporte, etc.
- Área II – Possui nível de ruído ambiente elevado ($75 \text{ dB} \geq DNL > 65\text{dB}$). Exclui apenas residências, escolas, hospitais e outras atividades consideradas muito sensíveis ao ruído, permitindo as demais;
- Área III – Possui nível de ruído máximo mais baixo ($DNL < 65$ dB). Permite todos os tipos de uso e ocupação do solo. As variáveis R1, R2, L1 e L2 são definidas como:

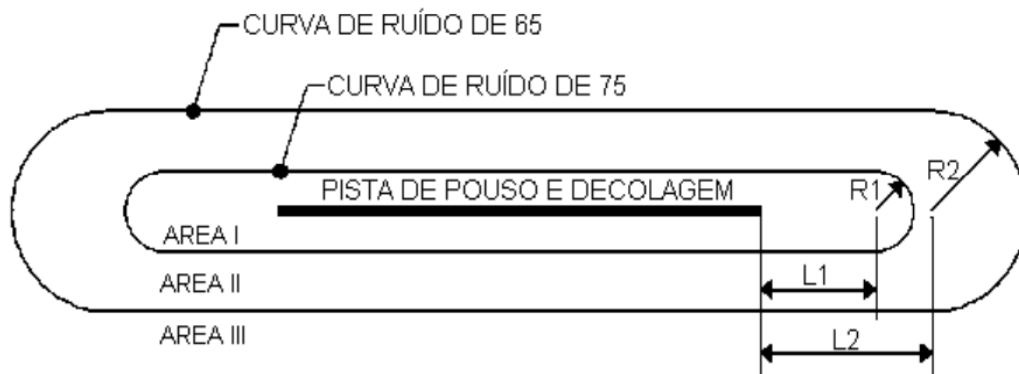
R1: Raio do semicírculo da curva de ruído de 75 com centro sobre o eixo da pista;

R2: Raio do semicírculo da curva de ruído de 65 com centro sobre o eixo da pista;

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

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

Figura 4 - Áreas e Curvas de Ruído de um PBZR



Fonte: RBAC nº161

5.4 Plano Específico de Zoneamento de Ruído

No Plano Específico de Zoneamento de Ruído para o PEZR, elaboram-se cinco curvas de ruído considerando as características de movimentação e de aeronaves operantes particulares de cada aeroporto. Os níveis sonoros das curvas de ruído na métrica DNL são de 85, 80, 75, 70 e 65 dB, cujas curvas de ruído devem ser calculadas por programa computacional que utilize metodologia matemática apropriada. (RBAC nº161, 2013)

Para elaborar as curvas de ruído do PEZR, devem ser consideradas as características físicas e operacionais do aeroporto. São tidas como características físicas do aeroporto, os seguintes itens: (RBAC nº161, 2013)

- Número de pistas existentes e planejadas;
- Dimensões das pistas existentes e planejadas;
- Coordenadas geográficas das cabeceiras das pistas existentes e planejadas;
- Elevação do aeroporto;
- Temperatura de referência do aeroporto;
- Coordenadas geográficas do ponto de teste de motores e orientação da aeronave.

Também devem ser consideradas as características operacionais do aeródromo, nelas devem incluir no mínimo: (RBAC nº161, 2013)

- Previsão do número de movimentos por cabeceira;
- Tipos de aeronaves que serão utilizadas na geração das curvas de ruído, incluindo os respectivos pesos de decolagem;
- Trajetória de pouso e decolagem;
- Previsão de movimentos por tipo de aeronave;
- Definição dos modelos das aeronaves envolvidas nos testes de motores sua orientação, horários, duração dos testes e frequência diária.

Na elaboração dos PEZR, as curvas de ruído variam de 5 em 5 dB para os níveis de 65 dB a 85 dB, e são obtidas interpolando os pontos de igual nível de ruído dia e noite, DNL. Para cálculo do DNL, é definido como período noturno aquele compreendido entre as 22 h e 7 h.

As curvas de ruído são linhas traçadas em um mapa, cada uma representando níveis iguais de exposição ao ruído. As cinco curvas de ruído que compõem o PEZR, são (RBAC nº 161, 2013):

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

6. METODOLOGIA

6.1 Área de estudo

Nesse estudo, foi escolhido o Aeroporto Santa Genoveva, em Goiânia – GO, que se localiza no bairro Santa Genoveva (16° 37' 47" S; 49° 13' 36" O) e faz limite com vários outros, como, por exemplo, Jardim Guanabara, Jardim São Judas Tadeu, Setor Jaó, Bairro Santo Hilário, Bairro Recanto das Minas Gerais e Bairro Maria Rosa, entre outros. A sigla ICAO para esse aeroporto é SBGO.

6.2 Mapas

As curvas de ruído foram geradas pelo *Software* INM 7.0d e os mapas foram elaborados com os softwares de Informação Geográfica (QGIS) 2.8.1 e ArcGIS 10.1, seguindo as diretrizes apresentadas pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), no documento “diretrizes para Elaboração de Mapas de Ruído” de 2011. Para a região do entorno do Aeroporto Internacional do Goiás, Santa Genoveva, utilizando a métrica DNL para quantificação e análise da intensidade correspondente que atinge a população exposta. Tais unidades de medida possuem índices limítrofes e classificatórios correlacionáveis aos parâmetros presentes na legislação brasileira, incluídas aqui, as NBR 10.151 e RBAC nº 161, já mencionados, sendo, este último, o balizador principal das classificações executadas, e de acordo com as capacidades do aeródromo, o plano seguido foi o PEZR.

6.3 População Exposta

Para a contabilidade do quantitativo de pessoas atingidas pelo ruído aeronáutico, no Aeroporto Internacional do Goiás, Santa Genoveva, foram utilizados:

- *Software* QGIS versão 2.18;

- Dados Geométricos das subseções estatísticas do setor censitário e informações para cada subseção estatística (Censo 2010, IBGE);
- *Software* INM 7.0d;
- *Software* ArcGIS 10.1;
- Dados Geométricos dos mapas acústicos para indicador de DNL;
- Manual descritivo do Censo 2010 do IBGE.

Fazendo uma sobreposição das curvas de ruído, com a camada de base censitária, no QGIS, são criados arquivos para cada curva de ruído com os valores da base de dados censitária, assim sendo possível calcular a população exposta ao ruído aeronáutico.

Para evitar a superestimação da população exposta, quando as curvas de ruído possuem tamanhos e formas diferentes, é necessário subtrair dos resultados obtidos o total da curva de maior valor (DNL 55). Neste caso, a contagem de habitações foi feita para cada setor, e posteriormente se multiplicando pelo valor médio de cada região do número de moradores por domicílio.

Os seguintes passos foram seguidos para obtenção da população exposta:

1. Foi feita a intersecção das curvas de ruído e da base censitária do IBGE (2010), obtendo um arquivo mostrando a identificação dos códigos censitários para cada curva de ruído;
2. Em posse da planilha censitária, foi calculada a população total de todos os setores, e esse valor foi de 138.501 pessoas;
3. Com o valor da população em cada setor e a total, subtraiu-se da população total o valor da população da DNL 55 (70.367), obtendo o valor de 61.134 pessoas. Fazendo a divisão do resultado da subtração com o total ($61.134 \div 138.501$), obtendo um percentual de 44,14%.

4. Com essa porcentagem de valor mais aproximado da população, fez-se a correção do valor da população total, para cada setor e DNL.
5. As curvas DNL 60, 65 e 70 são mais estreitas e assim não abrangem muito setores. Dessa forma, cada setor foi selecionado no QGIS no interior das curvas e feita a contagem de cada habitação. Esse número de habitações foi multiplicado pelo número médio de moradores por domicílio.
6. Assim, foi possível obter a população exposta e sua porcentagem em relação à população total do setor.
7. Os resultados obtidos estão expostos nas tabelas a seguir, e mostram o cálculo para obtenção do valor aproximado de pessoas expostas para cada DNL, assim sendo na DNL 55, 23,51%; DNL 60, 13,60%; DNL 65, 3,32%; DNL 70, 0,23%; DNL 75, 0,76%.

Tabela 7 – População exposta ao ruído aeronáutico, DNL 55.

DNL 55						
SETOR	Pop. Setor	MMPD	PT	PT-DNL55	PE	PE%
Conjunto Itatiaia	5903	3,25	4151	1832	1832	31,04%
Goiânia II	5765	3,42	4501	1986	1986	34,45%
Jaó	7028	3,31	1537	678	0	0,00%
Jardim Guanabara	32253	3,36	5925	2615	1142	3,54%
Santa Genoveva	6035	3,13	3830	1690	1690	28,00%
Santo Hilário	28143	3,43	26311	11611	11611	41,26%
São Judas Tadeu	10671	3,16	9604	4238	3175	29,75%
Vila Pedroso	22608	3,48	14508	6402	6402	28,32%
Total	118406		70367	31053	27838	23,51%

Fonte: O Autor

Tabela 8 - População exposta ao ruído aeronáutico, DNL 60.

DNL 60						
SETOR	Pop. Setor	MMPD	PT	PT-DNL55	PE	PE%
Conjunto Itatiaia	5903	3,1	875	386	56	0,95%
Goiânia II	5765	3,27	1713	756	78	1,35%
Jardim Guanabara	32253	3,39	5070	2237	958	2,97%

Santa Genoveva	6035	3,09	1952	861	382	6,33%
Santo Hilário	28143	3,45	21352	9423	9423	33,48%
São Judas Tadeu	10671	3,15	11053	4878	3830	35,89%
Vila Pedroso	22608	3,11	2642	1166	417	1,84%
Total	111378		44657	19707	15144	13,60%

Fonte: O Autor

Tabela 9 - População exposta ao ruído aeronáutico, DNL 65.

DNL 65						
SETOR	Pop. Setor	MMPD	PT	PT-DNL55	PE	PE%
Goiânia II	5765	3,26	1713	756	56	0,97%
Jardim Guanabara	32253	3,52	3345	1476	314	0,97%
Santa Genoveva	6035	3,09	1952	861	321	5,32%
Santo Hilário	28143	3,25	4612	2035	1089	3,87%
São Judas Tadeu	10671	3,12	6765	2985	974	9,13%
Total	82867		18387	8114	2754	3,32%

Fonte: O Autor

Tabela 10 - População exposta ao ruído aeronáutico, DNL 70.

DNL 70						
SETOR	Pop. Setor	MMPD	PT	PT-DNL55	PE	PE%
Jardim Guanabara	32253	3,33	1961	865	21	0,07%
Santa Genoveva	6035	3,25	1086	479	153	2,54%
Santo Hilário	28143	3,12	50	22	4	0,01%
São Judas Tadeu	10671	3,23	907	400	0	0,00%
Total	77102		4004	1767	178	0,23%

Fonte: O Autor

Tabela 11 - População exposta ao ruído aeronáutico, DNL 75.

DNL 75						
SETOR	Pop. Setor	MMPD	PT	PT-DNL55	PE	PE%
Santa Genoveva	6035	3,25	1086	479	46	0,76%
Total	6035		1086	479	46	0,76%

Fonte: O Autor

6.4 Incômodo Sonoro

De acordo com CARVALHO JR (2015), pesquisadores do *The Netherlands Organisation for Applied Scientific Research Prevention and Health in the Netherlands (TNO)*, trabalharam fortemente na última década do século XX, para compilar informações provenientes de pesquisas relacionadas ao incômodo sonoro sentido pelas comunidades expostas ao ruído ambiente.

Os resultados dessa pesquisa, foram as formulas onde se pode calcular a porcentagem e um número aproximado de pessoas incomodadas (I%) e altamente incomodada (AI%), com o tempo, foram criados vários métodos para esse cálculo, mas o método seguido no Brasil e em outros países, está representado na tabela 12.

Tabela 12 - Métodos para cálculo de I% e AI%

América do Norte e Europa	
Schultz (1978) ^a	$%AI = 0,8553 \times DNL - 0,0401 \times DNL^2 + 0,00047 \times DNL^3$
Fidel <i>et al.</i> (1991) ^a	$%AI = 78,9181 \times DNL - 3,2645 \times DNL^2 + 0,0360 \times DNL^3$
Finegold <i>et al.</i> (1992 <i>apud</i> FICON, 1992) ^a	$%AI = \frac{100}{1 + e^{(11,13-0,141DNL)}}$
Europa	
CE (2002) ^b	$%I = 1,460 \times 10^{-5} (DNL - 37)^3 + 1,511 \times 10^{-2} (DNL - 37)^2 + 1,346(DNL - 37)$ $%AI = -1,395 \times 10^{-4} (DNL - 42)^3 + 4,081 \times 10^{-2} (DNL - 42)^2 + 0,342(DNL - 42)$
Suíça (2001) ^c	$%I = \frac{100}{1 + e^{(6,03-0,10DNL)}} \quad e \quad %AI = \frac{100}{1 + e^{(6,93-0,10DNL)}}$
Suíça (2003) ^c	$%I = \frac{100}{1 + e^{(4,54-0,07DNL)}} \quad e \quad %AI = \frac{100}{1 + e^{(5,29-0,07DNL)}}$
Ásia	
Japão (2012) ^d	$%AI = 0,105 \times (DNL)^2 - 10,103 \times DNL + 263,31$
China (2012) ^e	$%AI = 0,072 \times (DNL)^2 - 5,036 \times DNL + 83,810$
Método Utilizado	
Brasil (2015) ^f	$%I = \frac{100}{1 + e^{(6,617-0,105DNL)}} \quad e \quad %AI = \frac{100}{1 + e^{(8,845-0,127DNL)}}$

Fonte: CARVALHO JR (2015)

Nesse estudo foi utilizada a equação elaborada para o Brasil. Assim foi confeccionada a Tabela 13, onde se aplicou as DNLs nas formulas de I (%) e AI (%).

Tabela 13 - Porcentagem base de Incomodados e Altamente Incomodados

DNL	I(%)	AI(%)
55	30,11	13,47
60	42,14	22,71
65	55,18	35,66
70	67,55	51,12
75	77,87	66,37

Fonte: O Autor

Com esses valores, ao se multiplicar esse valor, com o da população exposta, temos um valor aproximado da população que está exposta e se sente incomodada e da altamente incomodada.

Tabela 14 - População incomodada e altamente incomodada em cada DNL

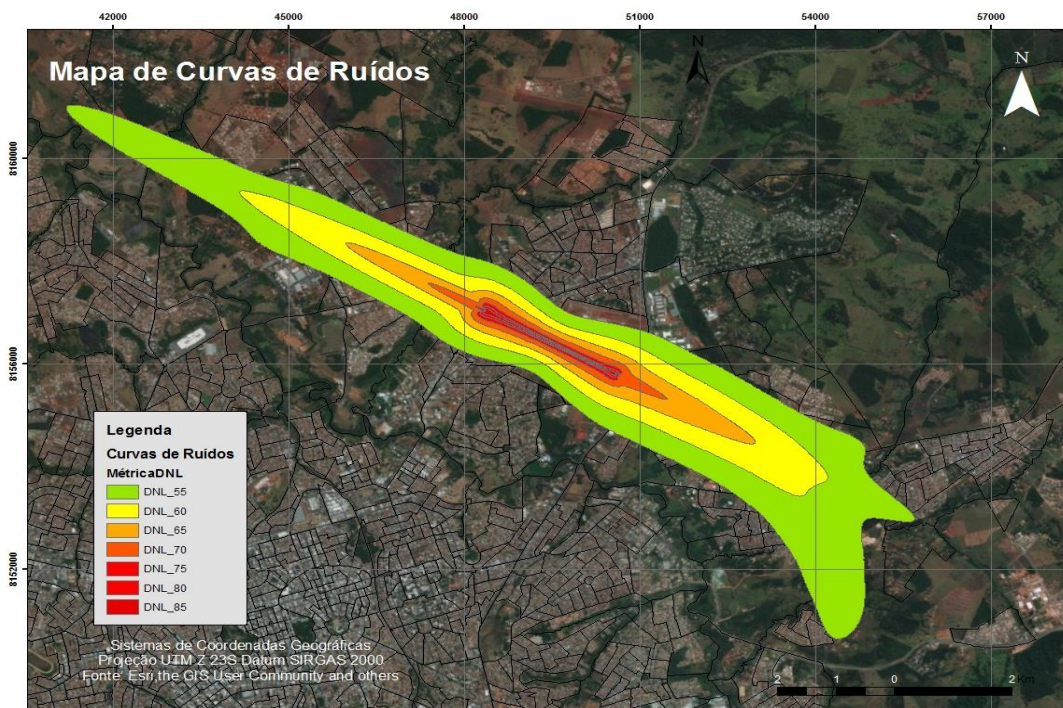
DNL	I(%)	AI(%)	Pop. Exp	Pop. I	Pop. AI
55	30,11	13,47	27838	8382	3750
60	42,14	22,71	15144	6382	3439
65	55,18	35,66	2754	1520	982
70	67,55	51,12	178	120	91
75	77,87	66,37	46	36	31
Total			45960	16440	8292

Fonte: O Autor

7. ANALISE DE RESULTADOS

As áreas expostas ao ruído aeronáutico proveniente do Aeroporto Internacional Santa Genoveva foram definidas levando-se em conta as DNL, partindo da curva de valor de 55 dB. Observam-se as DNL do SBGO, que variam de 5 em 5 dB seguindo-se o empregado na RBAC nº161, no Plano Especifico de Zoneamento de Ruído. Segue-se esse plano devido a capacidade operacional do SBGO, que deve ser composto por 5 curvas que vão de $65 < \text{DNL} \leq 85$ (DNL 65, 70, 75, 80 e 85), assim desprezando-se as curvas de 55 e 60, desse estudo.

Figura 5 - Ruídos Aeroportuários



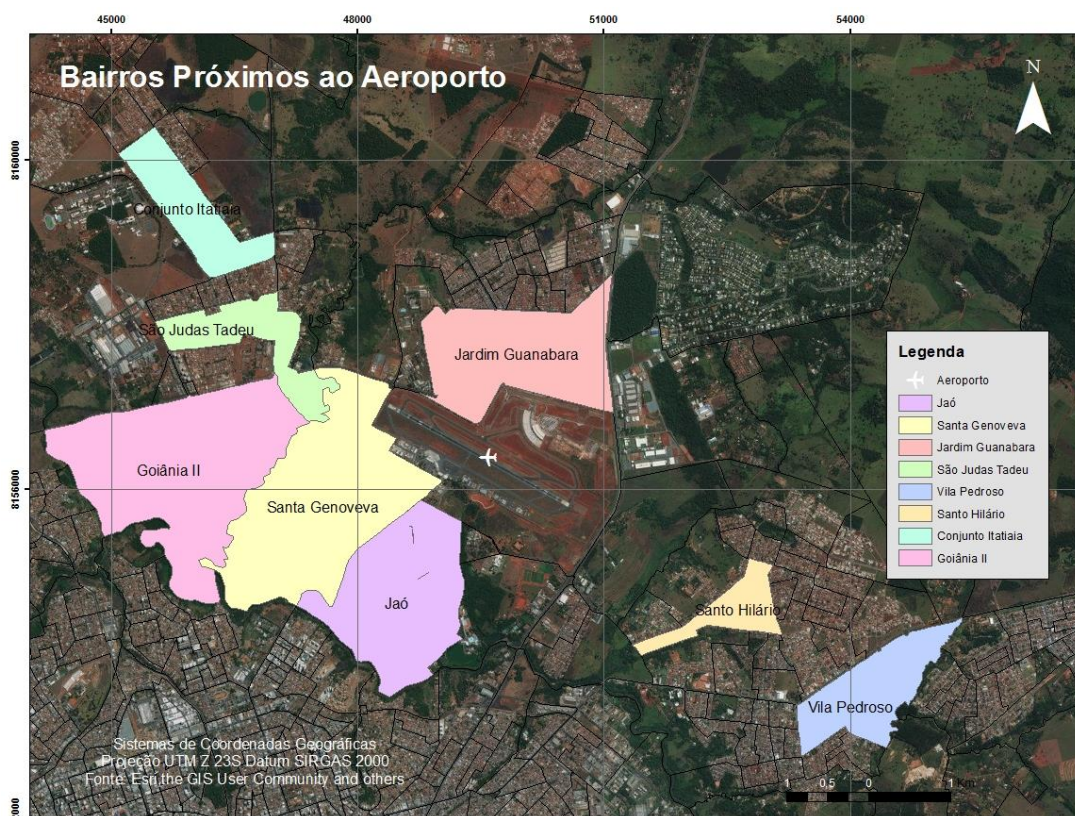
Fonte: O Autor

A Figura 5 mostra as curvas de ruído DNL 55 até 85 ($55 < \text{DNL} \leq 85$) e, analisando o mapa, é possível visualizar um grande adensamento populacional no interior das curvas compreendidas nos limites $50 < \text{DNL} \leq 65$, já que possuem dimensões maiores. Cabe destacar que nesse mapa acústico, apesar das curvas

DNL 50, 55, 60 não serem exigidas para a elaboração do PEZR, vários estudos recentes mostraram que as pessoas nessas regiões são afetadas e se sentem incomodadas, principalmente na DNL 60.

Com o auxílio dos mapas, foi possível definir quais os bairros expostos ao ruído aeronáutico gerado pelo SBGO. Foi constatado que os bairros Goiânia II, Jardim Guanabara, Santa Geneveva, Santo Hilário e São Judas Tadeu (estes representados na Figura 6), são incomodados com o ruído aeronáutico.

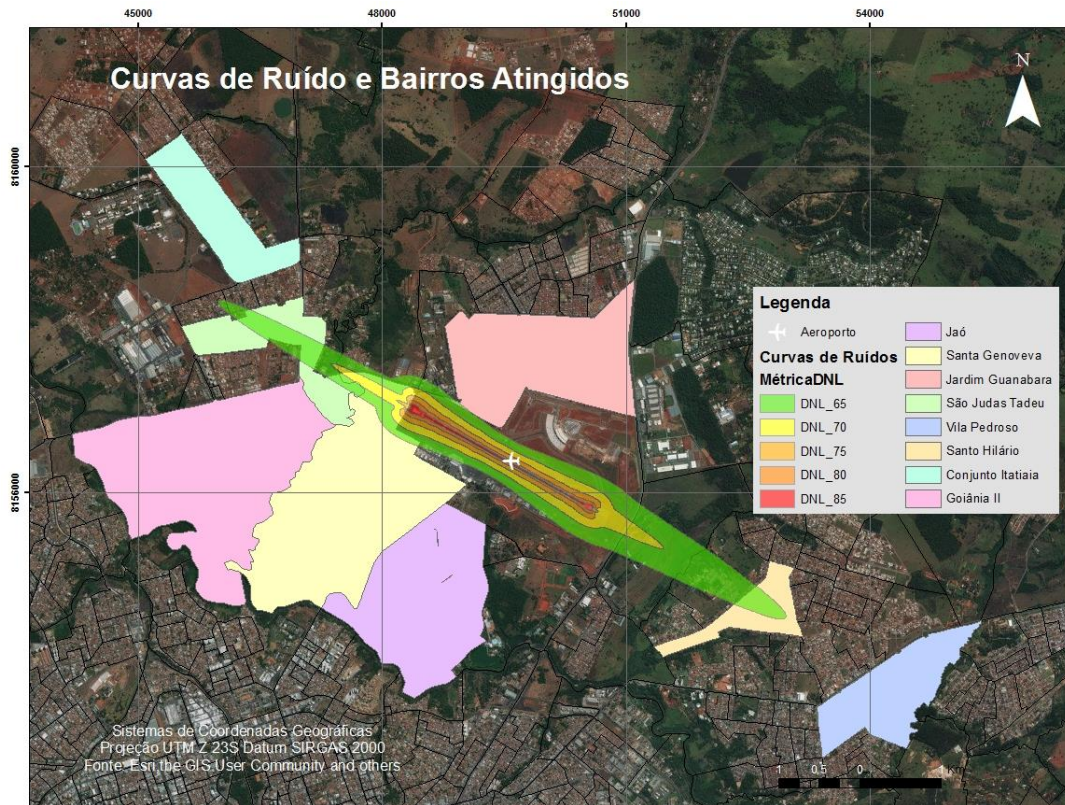
Figura 6 - Bairros Afetados.



Fonte: O Autor

Sobrepondo-se as curvas de ruído sobre os bairros, é possível ver os bairros afetados e quais DNL estão afetando o bairro, apresentado na Figura 7, as curvas e os bairros.

Figura 7 - DNLs e Bairros Afetados



Fonte: O Autor

O cálculo da população exposta constatou que aproximadamente 138.501 pessoas estão nos bairros dentro das DNL de 55 a DNL 75, e destas, aproximadamente 45.960 pessoas estão expostas ao ruído aeronáutico.

Em relação ao uso do solo nas intermediações do aeroporto, a tabela 15 apresenta as ocupações existentes em cada DNL que segue o referido na RBAC nº161, para o que é permitido se existir em cada DNL, e o que não é permitido se ter nessa DNL.

Tabela 15 - Resumo comparativo do uso do solo para o SBGO/GYN

DNL	Usos permitidos - RBAC nº161/2013	Ocupação existente compatível	Ocupação existente incompatível
55 e 60	Usos residencial, público, comercial, industrial e recreacional	Todos os usos	Nenhum uso
65	Usos residencial, público, comercial, industrial e recreacional	Residências, alojamentos temporários, estabelecimentos educacionais e religiosos e área de parque	Nenhum uso
70	Usos residencial, público, comercial, industrial e recreacional	Residências, lojas comerciais, pequenas indústrias de produção e área de parque	Nenhum uso
75	Uso público, comercial, e industrial	Lojas comerciais e pequenas indústrias de produção	Residências
80 e 85	Uso público e industrial	Sem ocupação	Sem ocupação

Fonte: Infraero

Como base nos resultados obtidos na tabela 12, após se fazer a soma da população que se sente incomodada e da que se sente altamente incomodada, no total de 45.960 pessoas expostas, 16.440 se sentem incomodadas e 8.292 se sentem altamente incomodadas, como mostrado na tabela 16.

Tabela 16 - Total população incomodada e altamente incomodada

	Pop. Exp	Pop. I	Pop. AI
	27838	8382	3750
	15144	6382	3439
	2754	1520	982
	178	120	91
	46	36	31
TOTAL	45960	16440	8292

Fonte: O autor

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise acústica efetuada para o Aeroporto Santa Genoveva, foi possível identificar comunidades nas imediações do aeroporto no interior das curvas de ruído, destacando-se as regiões próximas às cabeceiras, sujeitas a maiores níveis sonoros e, por consequência, possíveis danos à saúde desses moradores e agentes ativos no levantamento de queixas e ações contra o operador do aeródromo.

Dessa forma, observou-se, para o ruído médio diário, uma interferência mais grave para as DNL 65, 70 e 75. Para tais intensidades, o nível de incômodo pode ser elevado, com possíveis impactos na saúde e no bem-estar da população afetada. Além disso, tal situação se agrava com a inadequada ocupação observada dos lotes lindeiros ao aeroporto, principalmente nos bairros Santa Genoveva, Santo Hilário, Jardim São Judas Tadeu e Jardim Guanabara, principalmente no primeiro, onde se localiza o aeroporto. Exatamente para esse bairro, alerta-se para o uso incompatível das áreas próximas ao Aeroporto Santa Genoveva.

De acordo com algumas pesquisas, como na tese de CARVALHO JR (2015), em alguns casos, o ruído aeronáutico é o ruído que mais incomoda, desta forma seus efeitos devem ser estudados, já que no caso do SBGO, aproximadamente 45.960 pessoas são afetadas pelo ruído aeronáutico em suas imediações.

Nesse trabalho, foi possível quantificar um valor aproximado da população que se sente incomodada e altamente incomodada com o ruído acústico, em cada DNL, desta forma fica mais fácil identificar as aéreas onde as pessoas são mais afetadas com o ruído aeronáutico.

8.1 CONSIDERAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Com posse de todos esses dados, é possível fazer vários estudos para mitigação do dano acústico aeroportuário, como por exemplo a realocação da população mais afetada; adequação da área do sítio aeroportuário a área que está sendo afetada, tendo por base os mapas acústicos; aconselhar e auxiliar as pessoas das áreas mais afetadas pelo ruído aeronáutico, a construção ou reforço de isolamento acústico em suas residências; entre outros estudos para redução do impacto sonoro decorrente das atividades aeroportuárias.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, E. B. **Quantificação do incômodo gerado pelo ruído aeronáutico por meio de modelos dose-resposta** – Universidade de Brasília – UNB, 2015.

Agência Nacional de Aviação Civil. RBAC nº161: **Planos de Zoneamento de Ruído de aeródromos – PZR, 2013.**

Agência Nacional de Aviação Civil. 2015. **Dados Estatísticos** - Base de dados subdividida por ano: 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12.314: Aeronáutica – Critérios de ruído para recintos internos nas edificações submetidas ao ruído aeronáutico.** Rio de Janeiro, 1997.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 11.415: Ruído Aeronáutico.** Rio de Janeiro, 1993.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2000.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.152: Níveis de ruído para conforto acústico.** Rio de Janeiro, 1987.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR 12.859: Avaliação do Impacto Sonoro Gerado por Operações Aeronáuticas.** Rio de Janeiro, 1995.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.856: Determinação do Nível Efetivo de Ruído Percebido (EPNL) de Sobrevoos de Aeronaves.** Rio de Janeiro, 1989.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.368: Ruído gerado por aeronaves - monitoração.** Rio de Janeiro, 2000.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.151 - Avaliação do ruído em Áreas Habitadas, visando o conforto da comunidade.** Rio de Janeiro, 2012.

INFRAERO. **Aeroporto Internacional de Goiânia – Santa Genoveva – História.** (Disponível em: <http://www4.infraero.gov.br/aeroportos/aeroporto-de-goiania-santa-genoveva/>)

ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil. (Disponível em: <http://www.anac.gov.br/>)

SLAMA, J. G., **Apostila de Curso de Ruído Aeroportuário.** COPPE/ Universidade Federal do Rio de Janeiro.

IATA. **A Importância do Transporte Aéreo.** (Disponível em: <https://www.iata.org/policy/Documents/benefits-of-aviation-brazil-2017-portuguese.pdf>)

SANTOS, V. R., **Impactos Ambiental na Implementação de Aeroportos.** Universidade de Passo Fundo, 2015.

Secretaria Nacional da Aviação Civil - Ministério dos Transportes, Portos e Aviação civil - **Movimentação dos Aeroportos Brasileiros no Primeiro Semestre de 2017**

ALVES, Claudio Jorge Pinto. **Transporte Aéreo e Aeroportos,** ITA 2004.

SANTOS, Vanessa Rita. **Impacto Ambiental na Implantação de Aeroportos.** UFSC, 2008.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Censo, 2010.**

MORO, Priscila Maria Machado Dal. **Determinação da População exposta ao Ruído Aeronáutico nas Proximidades do Aeroporto Internacional Hercílio Luz, Florianópolis/SC.** UFSC, 2016.

NYKIEL, Thiago. **Análise do Impacto do Ruído Aeronáutico em 36 Aeroportos Brasileiros.** ITA, 2009.

NUNES, Maria Fernanda de Oliveira. **Percepção do Ruído Aeronáutico em escolas da Zona I do PEZR do Aeroporto Internacional Salgado Filho.**

SOUZA, ALVESE e OKAZUKA. **Calculo da População Exposta Pelo Ruído Aeronáutico no Entorno do Aeroporto de Goiânia.** UCB, 2017.

SMOZINSKI, Felipe Vivian. **Análise das normas que avaliam o Ruído Aeronáutico no Brasil.** UCB – Universidade Católica de Brasília, 2011.

CARVALHO JR, Edson Benício. **Avaliação do Incômodo Sonoro Devido a Exposição ao Ruído Aeronáutico no entorno do Aeroporto de Brasília.** Pluris, 2016.

APA, Agencia Portuguesa do Ambiente, 2011. **Diretrizes para Elaboração de Mapas de Ruído.**

Parlamento Europeu e do Conselho. **Avaliação e Gestão do ruído Ambiente.** DIRECTIVA 2002/49/CE.