CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES PARA A ABORDAGEM DO RUÍDO AEROPORTUÁRIO DO SBBH/PLU EM VIZINHANÇA LINDEIRA

Samantha Campos Paiva Barrozo (1), Eleonora Sad de Assis (2), Victor Mourthé Valadares (3)
(1) graduanda em Arquitetura e Urbanismo, samanthac@ugmg.br, Labcon DTAU / EAD/ UFMG
(2, 3) Doutores, Arquitetos-Urbanistas, eleonorasad@yahoo.com.br / vmares.bhz@gmail.com, Labcon DTAU / EAD/ UFMG, Rua Paraíba 697, CEP 30134-141 Sala 319 telefone: (31) 3409 8823

RESUMO
Níveis excessivos de pressão sonora decorrentes das operações em aeroportos centrais, exercem um impacto significativo na saúde e no bem-estar dos residentes em áreas vizinhas aos sítios aeroportuários. Este artigo apresenta considerações preliminares sobre o impacto sonoro causado pelo Aeroporto Carlos Drummond de Andrade/Pampulha (SBBH/PLU), situado em Belo Horizonte, Brasil, em uma área urbana mista, predominantemente residencial. O método de pesquisa envolveu um levantamento dos incômodos relatados pelos residentes, seguido por uma investigação sobre repercussões da expansão urbana rumo à proximidade das operações do SBBH/PLU. Para isto, a área de estudo foi delimitada por meio da estimativa de curvas de exposição ao ruído aeroportuário, por meio da aplicação de dois métodos geométricos simplificados, um deles do Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano (HUD) dos Estados Unidos da América, e outro do Departamento de Aviação Civil (DAC) do Brasil. Observou-se uma descompasso entre o planejamento urbano municipal, os planos de zoneamento de ruído e a ocupação real do território, o que resultou em incômodos que vem sendo relatado pelos moradores. Adicionalmente, o estudo identificou as fontes sonoras e os potenciais receptores sensíveis ao ruído das aeronaves dentro da área de estudo delimitada.

Palavras-chave: curvas de ruído, ruído aeronáutico, poluição sonora, Aeroporto da Pampulha

ABSTRACT
Excessive sound pressure levels resulting from operations a central airports have a significant impact on the health and well-being of residents in areas adjacent to airport sites. This article presents preliminary considerations on the sound impact caused by Carlos Drummond de Andrade/Pampulha Airport (SBBH/PLU), located in Belo Horizonte, Brazil, in a predominantly residential, mixed urban area. The research method involved a survey of the annoyances reported by residents, followed by an investigation into the repercussions of urban expansion towards the proximity of SBBH/PLU operations. For this, a study area was delimited by estimating exposure curves to airport noise, through the application of two simplified geometric methods, one of them from the Department of Housing and Urban Development (HUD) of the United States of America, and another from the Civil Aviation Department (DAC) of Brazil. There is a mismatch between municipal urban planning, noise zoning plans and the actual occupation of the territory, which has resulted in the inconveniences that have been reported by residents. In addition, the study identified sound sources and receivers sensitive to aircraft noise within the delimited study area.

Keywords: noise forecast curves, aircraft noise, noise pollution, Pampulha Airport.

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de transporte são essenciais para o desenvolvimento e a manutenção das dinâmicas urbanas, de forma a impulsionar o setor econômico e a promover o direito de ir e vir, conforme previsto pelo Estatuto das Cidades, que prioriza pela integração dos modais e pela velocidade das conexões (BRASIL, 2001). Todavia, quando os impactos decorrentes das atividades relacionadas aos sistemas de transporte são subdimensionadas no planejamento urbano, conflitos podem ser desencadeados em função da incompatibilidade dos usos do solo, o que resulta em prejuízos sociais, ambientais e econômicos (UECNA, 2022). No caso dos aeroportos urbanos, o descompasso entre a expansão urbana e o desenvolvimento das atividades aeroportuárias contribuiu para que as populações lindeiras aos sítios aeroportuários estivessem sujeitas a níveis excessivos de ruído, bem como à poluição atmosférica, e aos riscos de acidentes em áreas urbanas adensadas (UECNA, 2022).

O ruído de aeronaves é classificado como intermitente, pois é caracterizado por ciclos recorrentes de elevação e redução repentina dos níveis de pressão sonora nos ambientes, e na presença de componentes tonais, passa a ser percebido com mais incômodo quando comparado às outras fontes de ruído (BISTAFA, 2006). Deste modo, a quantificação do incômodo ocasionado pelo ruído de aeronaves é complexa, uma vez que além dos fatores acústicos, tais como os níveis de pressão sonora e os espectros de frequência, envolve as variáveis não-acústicas, como os fatores culturais e socioeconômicos (BISTAFA, 2006).

Não obstante, para além dos fatores subjetivos, a Organização Mundial da Saúde (OMS) reconhece os prejuízos do ruído excessivo para a saúde e o bem-estar das populações, e reitera que a poluição sonora, sobretudo nos grandes centros urbanos, configura-se como um problema de saúde pública global (WHO, 2018). Neste contexto, a OMS avalia que a exposição média ao ruído aeronáutico deveria ser inferior a 45 dB[1], , no período diurno, e inferior a 40 dB[1], no período noturno. A partir da compilação de estudos de casos, a OMS destacou que níveis sonoros entre 40 dB[1] e 60 dB[11] seriam suficientes para provocar distúrbios na capacidade de leitura, o que resultaria em prejuízos para a formação de memória a longo prazo (WHO, 2018).

De maneira análoga, Roca-Barceló *et al* (2021) investigaram a associação entre os níveis de ruído das aeronaves e o risco de mortalidade por doenças cardiovasculares, a partir de uma amostra populacional residente em áreas lindeiras ao Aeroporto de São Paulo/Congonhas (SBSP/CGH). Os autores perceberam que 60% da amostra populacional foi exposta a níveis de ruído aeronáutico superiores a 50 dB[1], enquanto 4,5% foi exposta a níveis acima de 65 dB[1]. Ainda, constatou-se uma pequena dose-resposta para os riscos de mortalidade cardiovascular e coronária, porém não foram registradas informações consistentes em relação aos riscos de mortalidade por acidente vascular cerebral (ROCA-BARCELÓ *el al*, 2021).

No final da década de 1970, foram desenvolvidos métodos para a delimitação de áreas urbanas passíveis à exposição do ruído de aeronaves (BISTAFA, 2006). No contexto nacional, a Portaria n°1.141/GM5, de 8 de dezembro de 1987, estabeleceu parâmetros para a delimitação de duas curvas de ruído (CR) sem referência explícita a níveis de pressão sonora, orientando que tipos de usos do solo seriam admitidos ou evitados em áreas abrangidas por essas curvas (DAC, 1987).Posteriormente, o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil n°161, de 28 de setembro de 2011, determinou a obrigatoriedade do Plano de Zoneamento de Ruído (PZR) para todos os aeródromos públicos, e atribuiu valores as curvas de ruído, adotando-se como métrica o Nível Médio Sonoro Dia-Noite (DNL ou L_{dn}). Em função do número de operações de aeronaves, referente aos últimos três anos, o PZR é classificado como Plano Básico de Zoneamento de Ruído (PBZR) ou como Plano Específico de Zoneamento de Ruído (PEZR) (ANAC, 2011).

O PBZR adotou os valores de 75 dB[1] e 65 dB[1] para as curvas de ruído CR1 e CR2, respectivamente, enquanto que para o PEZR determinou-se cinco curvas de ruído, delimitadas por método computacional, atribuídas aos valores de 65 dB[1], 70 dB[1], 75 dB[1], 80 dB[1] e 85 dB[1]. Em ambos os planos, os usos do solo anteriormente proibidos pela Portaria n°1.141/GM5 foram admitidos, desde que estratégias para a redução do ruído (RR) excedente sejam aplicadas às edificações. (ANAC, 2011). Contudo, essa admissão não é conveniente, pois desloca o ônus do controle de ruído ao receptor, o que contraria a ordem sequencial nas estratégias de controle de ruído e vibrações: inicialmente definir um plano de controle sobre as fontes, seguido daquele de controle da transmissão através da configuração citadina-edilícia do desenho urbano, e na sequência, aplicar o plano no controle no receptor por meio do isolamento e absorção sonora (MAEKAWA, RINDEL e LORD, 2019).

Com base nas relações entre aeroportos urbanos e suas vizinhanças, este artigo investiga os incômodos enfrentados pela população adjacente ao Aeroporto Carlos Drummond de Andrade/Pampulha (SBBH/PLU). As considerações preliminares foram fundamentadas no Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à

[1] Valores ponderados na frequência na curva "A".

Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais (EA/UFMG). O aeroporto está localizado na regional administrativa da Pampulha, no município de Belo Horizonte, a aproximadamente 7,5 km da regional centro-sul e a 40 km do Aeroporto Internacional de Confins (SBCF/CNF) conforme a Figura 1. A pista principal do SBBH/PLU destacado na Figura 2, possui dimensões de 2364x45 m, e há 28 hangares distribuídos nos pátios norte e sul (CPC, 2021).

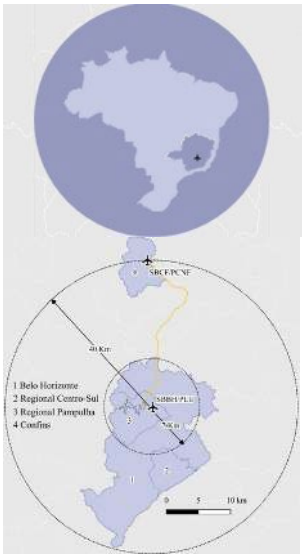

Figura 1-Situação do SBBH / PLU. Fonte: IBGE, 2010.



Figura 2 - Situação local do SBBH/PLU. Fonte: PBH, 2021. Adaptado pelos autores, 2023.

No que tange aos limites de níveis de pressão sonora para ruído proveniente de transportes, a NBR 16.425, Parte 1 (ABNT, 2016), no geral, não os especifica. Na sua Parte 2, (ABNT, 2020), esta norma, no caso de ruído de aeronaves no ar, não apresenta objetivamente limites, embora oriente a proposição de limites ao poder público, e sugira avaliação por estimativa de incômodo sonoro baseado em relações de exposição-sonora, com base no L_{dn} e nível de tolerância da comunidade (L_{ct}). Por outro lado, é possível uma avaliação inexplícita por meio da comparação do L_{dn} aeronáutico com uma estimativa de L_{dn} a partir dos limites legais e/ou normativos aplicáveis. Já para o caso de aeronaves no solo (taxiamento, atividades de verificação, revisão e manutenção de aeronaves, realizadas em hangares e pátios), estas devem ser avaliadas pela NBR 10.151 (ABNT, 2019) segundo essa segunda parte da norma. Neste sentido, no caso das áreas mistas, predominantemente residenciais, como é o caso do SBBH/PLU, os limites de níveis de pressão sonora (RL_{Aeq}) são de 55 dB[1] para o período diurno, e de 50 dB[1] para o período noturno (ABNT, 2019) equivalendo a L_{dn} de 54dB[1].

No âmbito do Estado de Minas Gerais, a Lei n°7.302/1978 (ALMG, 1978), e a Lei n°10.100/1990 (ALMG, 1990), caracterizam como poluição sonora o menor valor aferido ou estimado entre o ruído ambiente acrescido de 10 dB (subcritério devido ao ruído ambiente) e o limite de nível sonoro máximo, fixado em 70 dB[1] para o período diurno, e em 60 dB[1] para o noturno (compreendido entre 22h e 6h) (VALADARES, 2020).

De maneira similar, no contexto do município de Belo Horizonte, a Lei n°9.505/2008 (BELO HORIZONTE, 2008), estipula o subcritério de ruído residual, medido ou estimado desconsiderando-se o ruído do tráfego, e o subcritério devido ao período do dia, definindo-se como limites de níveis sonoros para "as áreas residenciais, escolas, creches, bibliotecas públicas e similares", os valores de 55 dB[1] para o período diurno, 50 dB[1] para o período vespertino, e 45 dB para o período noturno (BELO HORIZONTE, 2008). A partir da comparação entre o subcritério de ruído residual e o subcritério devido ao período do dia, adota-se como critério de avaliação o menor valor medido ou estimado (VALADARES, 2020).

2. OBJETIVO

O objetivo principal deste artigo foi desenvolver uma avaliação preliminar das repercussões da proximidade de áreas urbanas perante as operações do SBBH/PLU.

3. MÉTODO

Em termos gerais, feito um estudo do histórico do desenvolvimento do SBBH/PLU, da expansão urbana e das regulamentações para o controle do ruído aeronáutico. Além disso, buscou-se identificar as fontes sonoras e os

potenciais receptores sensíveis na área de estudo. Como etapas dessa investigação, foram levantados os incômodos vivenciados pela polução lindeira ao sítio do SBBH/PLU. Em seguida, buscou-se compreender a interrelação do processo de expansão urbana na regional Pampulha e o histórico de desenvolvimento do SBBH/PLU. Além disso, como ferramentas de estudo, empregou-se dois métodos geométricos simplificados, com o intuito de estimar as áreas críticas à exposição do ruído de aeronaves, assim como os potenciais receptores sensíveis. O primeiro método, elaborado pelo Departamento de Desenvolvimento Urbano e Habitacional dos Estados Unidos (*U.S Department of Housing and Urban Development – HUD)*, no final da década de 1970, estipulava os contornos NEF-30 e NEF-40 ao redor da pista de aeródrmos. De maneira similar, o segundo método, elaborado pelo extinto Departamento de Aviação Civil (DAC), no final da década de 1980, e adaptado para o PBZR, pela Agência Nacional da Aviação Civil (ANAC), estipulava as curvas de ruído C-1 e C-2. A partir dos contornos desses dois métodos, foram estimadas e comparadas as áreas sujeitas à excessiva exposição sonora, verificando a compatibilidade de usos do solo nelas conforme preconizados pelos referidos métodos, identificando potenciais receptores sensíveis, relacionados com o zoneamento urbano vigente.

3.1 Mobilização social, o desenvolvimento aeroportuário e a expansão urbana

Para reconhecer o incômodo provocado pelo ruído de aeronaves do ponto de vista da população, foram coletados relatos do movimento social Pampulha Viva, mediante presença na primeira e a segunda reunião da Comissão de Gerenciamento do Ruído Aeronáutico (CGRA) do SBBH/PLU, ocorridas em novembro de 2022 e maio de 2023. Complementarmente foi consultado o histórico de reclamações, demandas e proposições dos moradores, mediante as atas de audiências públicas. Por fim, foram consideradas as relações entre o histórico da expansão urbana na regional Pampulha e o processo de implantação e desenvolvimento aeroporto.

3.2 Estimativa das áreas potencialmente críticas ao ruído de aeronaves

O método *Noise Exposure Forecast* (Nível de Ruído Previsto, NEF) estabeleceu o traçado geométrico simplificado para as áreas do território passíveis à elevação repentina de 30 dB (NEF-30) e 40 dB (NEF-40), em decorrência das atividades de aterrissagem e decolagem de aeronaves. Estes contornos foram determinados em função do número efetivo de voos (N_f), e cada voo foi considerado um evento isolado. Para efeito de cálculo, foram aplicadas correções devido a caracterização de tons puros, assim como ponderações em função do tempo de exposição ao ruído (REYNOLDS, 1981). Deste modo, o N_f é determinado através da Equação 1:

$$N_f = N_d + 16{,}7 * N_n \qquad \text{Equação (1)}$$

onde:
N_d: número de voos diurnos (período das 7h às 22h);
N_n: número de voos noturnos (período das 22h às 7h);
16,7: fator de ponderação da exposição de 9h noturnas, em base de 10/1, com a exposição de 15h diurnas.

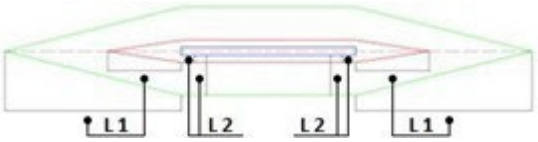

Figura 3 - Esquema das distâncias para o traçado dos contornos NEF-30 e NEF-40. Fonte: Adaptado de REYNOLDS, 1981.

Tabela 1 – Distâncias as NEF-30 e NEF-40.

Número efetivo de operações	NEF-30		NEF-40	
	L1 (Km)	L2 (Km)	L1 (Km)	L2 (Km)
0-50	0,30	1,61	-	-
51-500	0,80	4,82	0,3	1,61
501-1300	2,41	9,65	0,61	4,02
> 1300	3,22	16,09	0,91	6,44

Fonte: REYNOLDS, 1981

A partir da determinação do N_f, o método estipulou as distâncias L1 (distância horizontal, medida sobre o prolongamento do eixo da pista até as cabeceiras) e L2 (distância horizontal, medida das cabeceiras ao prolongamento do eixo central da pista) (REYNOLDS, 1981). As distâncias utilizadas para a determinação dos contornos NEF foram apresentadas na Figura 4 e na Tabela 1 (REYNOLDS, 1981).

A Tabela 2 apresenta o grau de aceitabilidade do ruído aeronáutico em função da distância entre a fonte sonora e os receptores. Dessa forma, as edificações localizadas no interior da área de abrangência do contorno NEF-40 estão sujeitas a níveis de exposição sonora superiores às edificações localizadas no interior do contorno NEF-30. Segundo o critério de permissividade de usos do solo, formulados pelo HUD, o ruído aeronáutico foi considerado inaceitável entre a pista e o contorno NEF-40, e normalmente inaceitável entre os contornos NE-30 e NEF- 40 (REYNOLDS, 1981).

Tabela 2 – Grau de aceitabilidade da exposição ao ruído aeronáutico conforme o HUD. Fonte: Adaptado de REYNOLDS, 1981.

Distância do local a ser avaliado até o centro da pista	Grau de aceitabilidade
Fora do contorno NEF-30, a uma distância maior ou igual a distância entre ocontorno NEF-30 e NEF-40	Expressamente aceitável
Fora do contorno NEF-30, a uma distância menor do que a distância entre ocontorno NEF-30 e NEF-40	Normalmente aceitável
Entre o contorno NEF-30 e NEF- 40	Normalmente inaceitável
Dentro do contorno NEF- 40	Expressamente inaceitável

3.4 Método instituído pela Portaria n°1.141/GM5

A delimitação das curvas de ruído C-1 e C-2 foi estabelecida pela Portaria n°1.141/GM5 (DAC, 1987). Essas curvas foram determinadas levando-se em consideração a classificação dos aeroportos com base no tipo de aviação, número de movimentações de aeronaves e comprimento da pista. A Tabela 3 apresenta a classificação dos aeródromos conforme o número médio de movimentações de aeronaves (DAC, 1987). De acordo com essa classificação, o SBBH/PLU foi enquadrado como "aeroporto de categoria II".



Figura 4 - Esquema das distâncias para o traçado das curvas C-1 e C-2. Fonte: Adaptado do DAC, 1987.

Tabela 3 – Classificação dos Aeródromos em função do porte e do número médio de movimentações de aeronaves. Fonte: DAC, 1987.

Categoria	Descrição	Categoria	Descrição
I	Pista de aviação regular de grande porte de alta densidade	**IV**	Pista de aviação regular de médio porte de alta densidade
II	Pista de aviação regular de grande porte de média densidade	**V**	Pista de aviação regular de médio porte de baixa densidade
III	Pista de aviação regular de médio porte de alta densidade	**VI**	Pista de aviação de pequeno porte

Após a classificação do aeroporto, as distâncias “L” e “R” foram determinadas com base na Figura 5 e na Tabela 4. A distância “L” representa a distância horizontal medida ao longo do prolongamento do eixo da pista, entre a cabeceira e o centro de um semicírculo de raio “R”. Esse semicírculo corresponde à curva de ruído, cujo centro está localizado sobre o prolongamento do eixo da pista (DAC, 1987). Devido à menor distância entre a fonte sonora e os receptores, espera-se que o incômodo seja maior nas áreas abrangidas pela curva C-1 em comparação com as áreas abrangidas pela curva C-2.

Tabela 4 – Dimensionamento das curvas C-1 e C-2 em função da classificação dos aeródromos. Fonte: Adaptado de DAC, 1987.

Classificação do	C-1		C-2	
Aeródromo	L1 (m)	R1 (m)	L2 (m)	R2 (m)
II	1500	240	2500	600
III e IV	500	180	1200	400
V e VI	200	100	500	200

Tabela 5 – Permissibilidade de usos do solo entre as curvas C-1 e C-2. Fonte: Adaptado de DAC, 1987.

Usos permitidos	Agricultura, piscicultura, silvicultura, mineração, estação de tratamento de água e esgoto, reservatório de água, cemitério, depósito e armazenagem, estacionamento e garagem, feiras livres, praças, parques, áreas verdes, campos de esportes, rodovias, ferrovias, terminais de carga e passageiros, auxílio a navegação aérea, industrial
Usos não permitidos	Residenciais, hospitais e ambulatórios, consultórios médicos, asilos, escolas, creches, hotéis e motéis, atividades religiosas, centros comunitários e profissionalizantes, bibliotecas, auditórios,cinemas, teatros

Nos artigos 69 e 70 constam usos do solo permitidos e não permitidos recuperados da Tabela 5. Nas áreas delimitadas pelas curvas C-1 e C-2 há restrições para uso de tipologias com permanência prolongada de pessoas, tais como edificações residências, escolares, culturais e de saúde (DAC,1987).

3.4 Levantamento dos potenciais receptores sensíveis

As curvas de ruído os métodos geométricos simplificados, foram sobrepostas aos dados populacionais disponibilizados pelo censo demográfico de 2010 (IBGE, 2010), e ao zoneamento urbano (BELO HORIZONTE, 2019). Assim, foi possível estimar e caracterizar a população potencialmente vulnerável à poluição sonora, bem como identificar a predominância dos usos do solo, identificando os potenciais receptores sensíveis.

4. RESULTADOS

A seguir são evidenciadas manifestações da vizinhança ao SBBH/PLU, as principais fontes sonoras e os RPC.

4.1 Alianças e cooperações

O movimento social "Pampulha Viva" surgiu há aproximadamente 15 anos, por meio da mobilização de grupos de moradores dos bairros próximos ao SBBH/PLU. Seu objetivo principal é estabelecer diálogo e cooperação com as operadoras do aeródromo e com o Poder Público, visando mitigar os impactos ambientais enfrentados pelos residentes, especialmente relacionados à poluição sonora e atmosférica. Através dessa iniciativa, os moradores buscam promover a melhoria da qualidade de vida em seus bairros.

Segundo relatos dos moradores, dentre os incômodos mencionados, destaca-se a perturbação causada pelas operações nos pátios e hangares (aeronaves em solo), além do funcionamento ininterrupto do SBBH/PLU durante as 24 horas do dia, o que compromete significativamente a qualidade do descanso dos residentes, especialmente durante a noite e nos finais de semana. Além disso, cita-se a preocupação com o aumento do número de operações devido à retomada dos vôos comerciais, bem como com o aumento das atividades em solo, decorrente da proposta de criação da "Cidade de Hangares" (PAMPULHA VIVA, 2020). Atualmente observa-se que os incômodos decorrentes do ruído das operações nos pátios e hangares, como taxiamento, manutenção de aeronaves e testes de motores, são especialmente preocupantes devido à maior proximidade entre as fontes sonoras e os receptores. Os residentes relataram que essas atividades são especialmente perturbadoras. Além disso, a situação é agravada pela emissão de gases poluentes, o que resulta em uma forma de poluição dupla e localizada. (PAMPULHA VIVA, 2020).



Figura 5 - Campanhas de medição sonora realizadas pelos moradores. Fonte: Pampulha Viva, 2023.

Ao mesmo tempo, a criação de alianças e parcerias entre as comunidades aeroportuárias brasileiras, bem como a participação do movimento Pampulha Viva em alianças internacionais, como a *European Union Against Aircraft Nuisances* (UECNA), têm permitido o compartilhamento de experiências e conhecimentos para sugerir melhores práticas no gerenciamento do ruído de aeronaves. Nesta conjuntura, entre as ações destacadas do Pampulha Viva, estão as campanhas voluntárias de monitoramento de ruído (conforme ilustrado na Figura 5), que registraram médias superiores a 65 dB[1] nos ambientes internos das residências, e a campanha de conscientização sobre os impactos do ruído aeroportuário nas comunidades urbanas, realizada em maio de 2023. Embora as medições não tenham seguido rigor técnico, elas revelaram uma situação diária que requer estudos aprofundados sobre o tema e levantaram questionamentos sobre a qualidade do relacionamento entre os aeroportos e as comunidades urbanas densamente povoadas.

4.2 O desenvolvimento do SBBH/PLU e a expansão urbana

O Aeroporto da Pampulha teve origem a partir do Campo de Aviação Militar, que foi estabelecido em 1933 para atender às necessidades das Bases Aéreas do Correio Militar. A localização estratégica do SBBH/PLU, com lotes de terra extensos e uma paisagem predominantemente rural, possibilitou a expansão da infraestrutura aeroportuária e a criação de novas rotas. Muitas dessas iniciativas, como a construção do terminal de passageiros em 1954, foram impulsionadas pela Associação Comercial de Minas (AC Minas) (PEREIRA e FARIA, 1997).

Durante a década de 1940, foram estabelecidas oficialmente as plantas de loteamento dos primeiros bairros residenciais da região da Pampulha, incluindo Bandeirantes (1943), Braúnas, Jardim Atlântico, São Luís e Universitário (1944), Liberdade, Aeroporto (1946) e São Francisco (1947). No entanto, devido à limitação de acesso à regional, muitos dos lotes permaneceram vazios até a década de 1960. Entre as décadas de 1960 e 1970,

a construção do anel rodoviário facilitou a conexão entre áreas norte e sul da capital, o que, juntamente com o crescimento populacional da região centro-sul, impulsionou a expansão urbana em direção à Pampulha. Assim, na década de 1970, foram aprovados loteamentos nos bairros Itapoã e Santa Branca (1972), Santa Terezinha (1973), Santa Rosa (1974), Dona Clara e Castelo (1976), Ouro Preto, Jaraguá, Trevo, Paquetá, Garças e Santa Amélia (1977) (PEREIRA e FARIA, 1997). Ao longo da história, o Aeroporto da Pampulha (SBBH/PLU) enfrentou uma dualidade em relação à sua vocação. Por um lado, a sua proximidade com a região centro-sul atraiu passageiros, mas, por outro lado, restringiu as operações e limitou as possibilidades de expansão do aeroporto, conforme descrito no Plano Diretor do Aeroporto de Belo Horizonte (PDIR) de 1981. Nesse contexto, o Aeroporto Internacional de Confins (SBCF/CNF) foi inaugurado em 1984, oferecendo infraestrutura adequada para atender a todas as categorias de voos e modelos de aeronaves da época. (PEREIRA e FARIA, 1997). No entanto, somente em 2007, após a conclusão da Linha Verde, que conecta Belo Horizonte a Confins, os voos comerciais do SBBH/PLU foram transferidos definitivamente para o SBCF/CNF. Atualmente, o SBBH/PLU opera principalmente voos executivos e militares, além de ser reconhecido como um polo de manutenção de aeronaves (CPC, 2021).

Tabela 6 – Série histórica de voos no Aeroporto da Pampulha ao longo de 05 quinquênios

Nº de movimentações	**2000**	**2005**	**2010**	**2015**
Diurnas (total)	43718	14981	14858	7053
Noturnas (total)	2138	2542	1085	847
Nd (média)	120	41	41	19
Nn (média)	6	7	3	2

Fonte: INFRAERO

4.3 Comparativo das curvas de ruído

Para a aplicação dos métodos geométricos simplificados, levantou-se a série histórica dos voos realizados no SBBH/PLU, correspondente aos quinquênios compreendidos entre 2000 e 2015, disponibilizada pela INFRAERO, no endereço eletrônico Gov.br. A Tabela 6 sintetiza o número de movimentações de aeronaves correspondentes a cada quinquênio. As curvas de ruído estimadas foram expressas nas Figuras 7 e 8. Como representado no Gráfico 1, a área de abrangência do contorno NEF-30 correspondeu a 9,6 Km², enquanto a área de abrangência do contorno NEF-40 correspondeu a 2,2 Km². Similarmente, conforme o Gráfico 2, a área de abrangência da curva C-1 foi equivalente a 6,1 Km² e a da curva C-2 foi equivalente a 2,7 Km².



Figura 6 - Definição dos contornos NEF-30 e NEF-40 para o SBBH/PLU, 2000-2015 Fonte: Autoral, 2022.

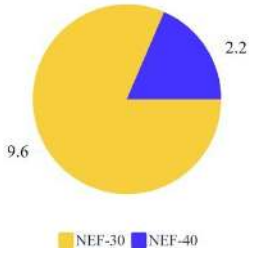

Gráfico 1 – Áreas dos contornos NEF-30 e NEF-40, em Km². Fonte: Autoral, 2022.



Figura 7 - Definição das curvas C-1 e C-2 para o SBBH/PLU, 2000 a 2015. Fonte: Autoral, 2022.

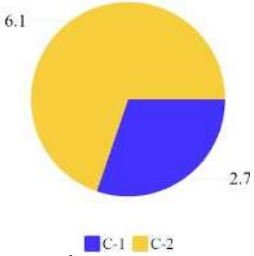

Gráfico 2 – Áreas dos contornos C1 e C2, em Km². Fonte: Autoral, 2022.

Em ambos os métodos, os contornos foram mantidos para o período entre 2000 e 2015, visto que o Nf correspondeu ao intervalo de “51 a 500 voos” para todos os quinquênios analisados. No caso do SBBH/PLU, percebeu-se que o contorno NEF-40 foi equivalente a curva de ruído C-1, enquanto o contorno NEF-30 ultrapassou a área de influência da curva de ruído C-2.

4.3 População, zoneamento urbano e usos do solo

As Figuras 9 e 10 representam as densidades demográficas para as áreas internas aos limites delimitados pelos métos simplificados. No Gráfico 3 constam contornos NEF-30 e NEF-40 abrangendo 203 setores censitários, parcial ou totalmente, enquanto as curvas C-1 e C-2 abrangeram 145 setores censitários. Na primeira situação, a população estimada foi de 50.242 habitantes, e no segundo caso, de 48.305 habitantes, conforme Gráfico 4.

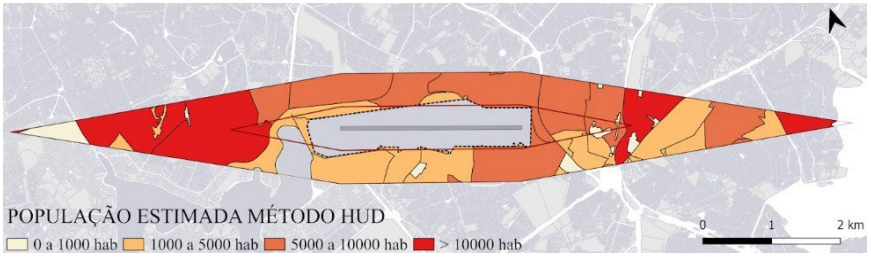

Figura 8 - Densidade populacional nas áreas internas aos contornos NEF-30 e NEF-40 Fonte: Autoral, 2022.

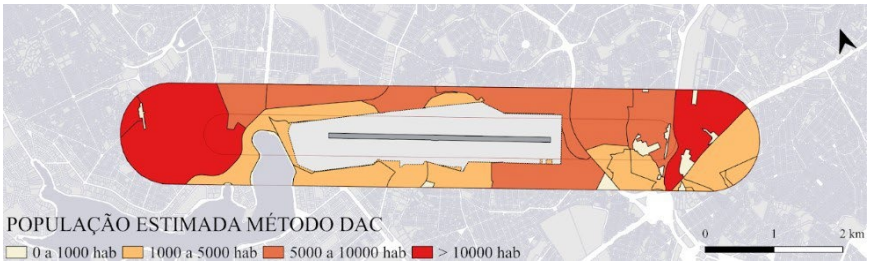

Figura 9 - Densidade populacional nas áreas delimitadas pelas curvas C-1 e C-2 e delimitadas pelos métodos HUD e DAC. Fonte: Autoral, 2022.

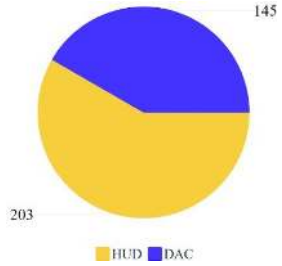

Gráfico 1 – Nº de setores censitários abrangidos total ou parcialmente pelos métodos HUD e DAC. Fonte: Autoral, 2022.

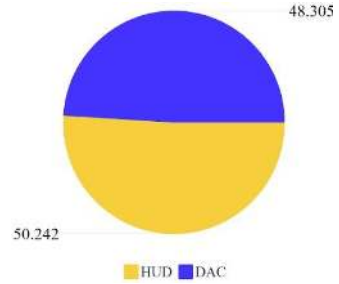

Gráfico 4 – População estimada para as áreas. Fonte: Autoral, 2022.

As regiões mais adensadas estão situadas nos bairros Atlântico, Santa Amélia, Jardim Pampulha e Copacabana, no sentido da cabeceira 13, e nos bairros Minaslândia, São Gabriel e Aarão Reis, no sentido da cabeceira 31. Pelo censo demográfico (IBGE, 2010), predomina na regional Pampulha a faixa etária entre 20 e 34 anos, e 53% da população pertence ao gênero feminino. A soma de renda média da regional Pampulha equivale a R$ 1.672,21. Quanto ao zoneamento urbano, conforme Figuras 11 e 12, percebeu-se a predomiância de áreas destinadas à ocupação moderada (OM-2 e OM-3), seguidas pelas áreas de ocupação preferencial (OP-1) e preservação permanente (PA-3). Os Gráficos 5 e 6 representam o percentual correspondente a cada zona urbana. Áreas classificadas como OP-1 foram identificadas nos bairros Dona Clara, Jaraguá, Vila Rica, Liberdade, São Bernardo, Itapoã e Santa Amélia, assim como no bairro São Luiz (OP-2). Isto evidencia que o uso residencial foi estimulado em bairros próximos aos hangares do pátio sul, onde são realizados testes de motores e manutenções de aeronaves, o que se coaduna com as reclamações dos habitantes locais.

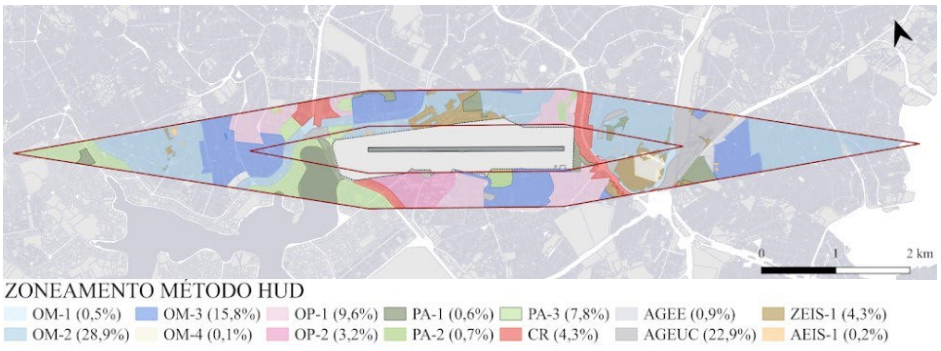

Figura 10 - Zoneamento nas áreas delimitadas pelos contornos NEF-30 e NEF-40. Fonte: Autoral, 2022.

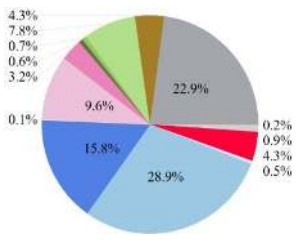

Gráfico 5 – Percentual das zonas urbanas compreendidas nos limites internos dos contornos NEF-30 e NEF-40. Fonte: Autoral, 2022.

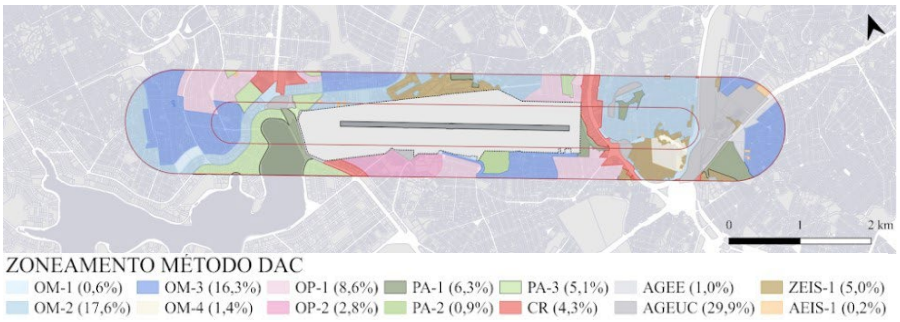

Figura 11 - Zoneamento nas áreas delimitadas pelos contornos C-1 e C-2. Fonte: Autoral, 2022.

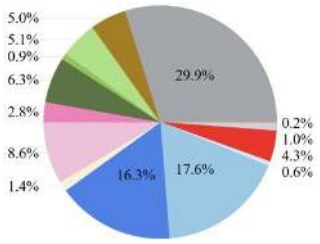

Gráfico 6 – Percentual das zonas urbanas compreendidas nos limites internos das curvas C-1 e C-2. Fonte: Autoral, 2022.

No que concerne aos usos do solo, conforme as Figuras 13 e 14, as áreas de abrangência delimitadas pelos contornos são classificadas como de uso misto, com a predominância do uso residencial (casas e sobrados de até 4 pavimentos). Nos Gráficos 7 e 8 constam o percentual de usos do solo para os métodos instituídos pelo HUD e pelo DAC, respectivamente. Ainda, vilas e favelas foram identificadas próximas ao pátio norte e a cabeceira 31, nos bairros São Vicente, São Tomaz, Aeroporto e São Bernardo. No sentido sudeste, há vilas e favelas nos bairros Primeiro de Maio, Dona Clara e Minaslândia.

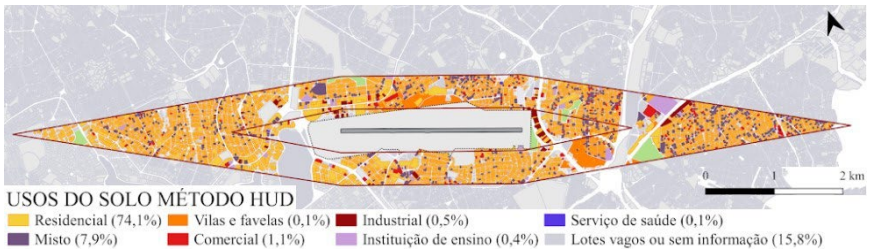

Figura 13 - Uso e ocupação do solo nas áreas delimitadas pelos contornos NEF-30 e NEF-40. Fonte: Fonte: Autoral, 2022.

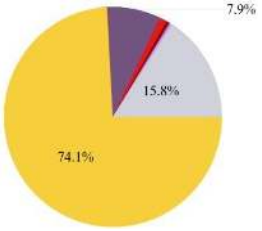

Gráfico 7 – Percentual de usos do solo compreendidos nos limites internos dos contornos NEF-30 e NEF-40. Fonte: Autoral, 2022.

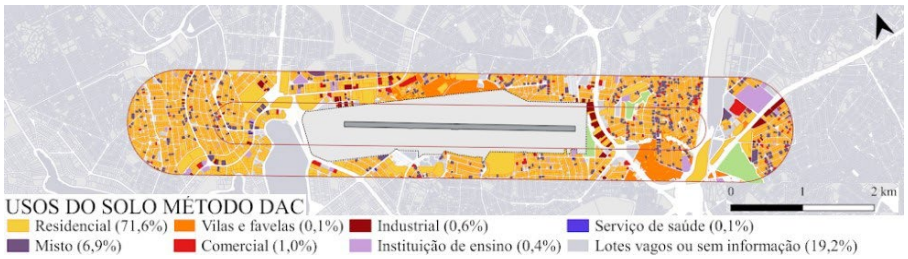

Figura 14 - Uso e ocupação do solo nas áreas delimitadas pelas curvas C-1 e C-2. Fonte: Autoral, 2022.

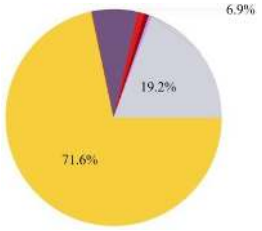

Gráfico 8 – Percentual de usos do solo compreendidos nos limites internos das curvas C-1 e C-2. Fonte: Elaboração própria, 2022.

De forma análoga, identificou-se 56 instituições de ensino, dentre escolas públicas (municipais e estaduais) e privadas, destinadas à educação infantil, e aos ensinos fundamental e médio. Neste contexto, as escolas EMEI Primeiro de Maio, a Escola Josefina de Souza Lima, o Instituto Pedagógico Paulo Lacerda e o Colégio Dona Clara estariam sujeitas aos maiores níveis de exposição sonora.

5. CONCLUSÃO

A expansão urbana na regional Pampulha coincidiu com o processo de implantação e expansão do Aeroporto Carlos Drummond de Andrade/Pampulha. As restrições quanto à expansão da infraestrutura aeroportuária e das atividades do SBBH/PLU remeteram ao PDIR de 1981, enquanto as restrições de uso e ocupação do solo, em função do ruído aeronáutico, remeteram ao PBZR, instituído pela Portaria n°1.141/GM5, de 1987. Atualmente, as principais reclamações registradas pelos moradores incidiram sobre as operações realizadas nos pátios e nos hangares, em decorrência da exposição aos níveis de pressão sonora excessivos, bem como à emissão de gases poluentes. Quanto aos métodos geométricos simplificados, instituídos pelo HUD e pelo DAC, notou-se a existência de usos do solo incompatíveis com as recomendações desses métodos. Ainda, pelo mapeamento produzido, foi possível estimar uma ordem de grandeza para a população potencialmente afetada, e identificar os

potenciais receptores sensíveis, com enfoque nos equipamentos educacionais. Igualmente, através do zoneamento da LUOS/2019, percebeu-se o incentivo ao uso residencial em bairros próximos aos hangares do pátio sul, onde são realizados testes de motores e manutenção de aeronaves. Embora as curvas de ruído configurem-se como ferramentas auxiliares ao planejamento urbano, percebeu-se limitações nos métodos geométricos simplificados, uma vez que são estimadas em função do número de aterrissagens e decolagens, e não caracterizam os impactos das atividades realizadas em solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS (ALMG). Lei n. 7302 – 21 jul. 1978. Dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora no Estado de Minas Gerais.

_____. GERAIS (ALMG). Lei n. 10.100 – 17 jan. 1990. Dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora no Estado de Minas Gerais.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10151. Acústica – Medição e avaliação deníveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

_____. NBR 16425-1. Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora provenientes de sistemas de transportes – Parte 1. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

_____. NBR 16425-2. Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora provenientes de sistemas de transportes – Parte 2: Sistema de Transporte Aéreo. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL . Plano Específico de Zoneamento de Ruído - PEZR. Aeroporto de BeloHorizonte/Carlos Drummond de Andrade - SBBH. Brasília, 2020.

_____..Regulamento Brasileiro da Aviação Civil RBAC N°161. Emenda n°03. Brasília, 2021.

BELO HORIZONTE. Lei n. 9.905 – 23 jan. 2008 . Dispõe sobre o controle de ruídos, sons e vibrações no Município de Belo Horizonte e dá outras providências. *Diário Oficial do Município*, Belo Horizonte , ano XIV, n. 3.016 de 24/01/2008.

BELO HORIZONTE. Lei n°11181, de 09 de agosto de 2019. Aprova o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte e dá outras providências. Belo Horizonte: Câmara Municipal, [2019].

BERGLUND, B. LINDVALL, T. Community Noise. Sweden, 1995.

BISTAFA, S.R. Acústica Aplicada ao Controle de Ruído. São Paulo, 2006.

BRASIL. Lei n°10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.

CONFERÊNCIA ONLINE. Conferência Internacional de Comunidades Afetadas por Aeroportos ¨Combatendo o ruído da aviação". UECNA, nov. 2022.

CPC Zurich Airport. Procedimento de manifestação de interesse (PMI) para o Aeroporto da Pampulha. Caderno IV. Estudos Ambientais. 20 de janeiro de 2021.

DEPARTAMENTO DE AVIAÇÃO CIVIL. Portaria n° 1.141/GM5, de 8 de dezembro de 1987. Brasília: DAC, 1987.

INFRAERO. Plano Específico de Zoneamento de Ruído – PEZR: Aeroporto de Belo Horizonte/Pampulha Carlos Drummond de Andrade – SBBH. Brasília, set. 2020.

_____. Série Histórica. Disponível em: https://www4.infraero.gov.br/. Acesso em: out. 2022.

MAEKAWA, S; RINDEL, J.H.; LORD, P. Environmental and archietectural acoustics. 2rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2019.

PAMPULHA VIVA. Revisão Licenciamento Ambiental Aeroporto da Pampulha. Movimento mais voos aqui não. Belo Horizonte, 2020.

PEREIRA, L. M. L; FARIA, M. A (org). Aeroporto da Pampulha: BH nas asas do progresso. Belo Horizonte: INFRAERO, 1997.

REYNOLDS, D.D. Engineering principles of acoustics: noise and vibration control. Chapter 12: Community reaction to aircraft noise. Allyn & Bacon inc. Boston, 1981.

ROCA-BARCELÓ, et al. Risk of cardiovascular mortality, stroke and coronary heart mortality associated with aircraft noise around Congonhas airport, São Paulo, Brazil: a small-area study. Environ Health. Londres, 2021.

VALADARES, V.M. Isolamento acústico legal, normal, ou real: Qual adotar? *In:* Brazilian Applied Science Review. V.4, n°3, p.759-772, maio 2020. DOI:10.34115/basrv4n3-001.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Aircraft Noise. In: Environmental Noise Guidelines for the European Region. Denmark, 2018, p.61-76.