



O ESPAÇO GEOGRÁFICO EM ANÁLISE

**AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO SONORA NO CAMPUS III -
CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO E CAMPUS JARDIM
BOTÂNICO - DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
- CURITIBA, PR**

***EVALUATION OF NOISE POLLUTION ON CAMPUS III –
POLYTECHNIC CENTER CAMPUS AND BOTANICAL
GARDEN CAMPUS - FEDERAL UNIVERSITY OF
PARANÁ - CURITIBA, PR***

Elaine Carvalho da Paz¹

Paulo Henrique Trombetta Zannin²

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados das medições dos níveis de pressão sonora realizadas no Campus III da Universidade Federal do Paraná, no qual estão locados os campi Centro Politécnico e Jardim Botânico. As medições sonoras foram realizadas conforme método descrito na norma brasileira NBR-10151 e as recomendações da norma ISO-1996, Partes 1 e 2. Foram realizadas além das medições dos níveis de pressão sonora equivalente, a medição dos níveis de pressão sonora estatísticos. Os dados medidos foram comparados com os valores limites para imissões sonoras, prescritos pela Lei

¹ Engenheira Civil pela Universidade Federal do Amazonas, Mestrado em Construção Civil pela UFPR, Pesquisadora do LAAICA – Laboratório de Acústica Ambiental Industrial e Conforto Acústico, Curitiba, Paraná, Brasil. Email: pazelaine@hotmail.com

² Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal de Santa Catarina, Mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina, Doutorado pela Technische Universität Berlin (Institut für Technische Akustik), Professor Associado III da Universidade Federal do Paraná, Coordenador do LAAICA – Laboratório de Acústica Ambiental – Industrial e Conforto Acústico/UFPR, Curitiba, Paraná, Brasil. Email: zannin@ufpr.br; paulo.zannin@gmail.com

do Município de Curitiba, nº 10.625 de 19/12/2002, e pela norma brasileira para a avaliação do ruído em comunidades NBR-10151. Os resultados mostram que há um quadro de poluição sonora, no qual o nível de ruído ambiental no campus está muito acima dos valores recomendados, o que é incompatível para uma área educacional.

Palavras-chave: zona educacional; ruído ambiental; poluição sonora; ruído urbano; campus universitário.

ABSTRACT

This paper presents results of sound pressure level measurements taken on Campus III of the Federal University of Paraná, where the Centro Politécnico and Jardim Botânico campuses are located. The measurements were carried out according to the method established by the Brazilian NBR-10151 standard and the recommendations of the ISO-1996 standard, Parts 1 and 2. In addition to the measurements of equivalent sound pressure levels, statistical sound pressure levels were measured. The measured data were compared with the noise immission limits established by the city law of Curitiba, number 10.625 of December 19, 2002 and by the Brazilian NBR-10151 standard for community noise assessment. The results reveal a situation of sound pollution, with the level of environmental noise on the campus far exceeding the recommended values, which is incompatible for an educational area.

Keywords: educational area; environmental noise; noise pollution; urban noise; university campus.

Introdução

A poluição sonora é atualmente, segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2003) uma das principais formas de poluição ambiental no meio urbano, sendo responsável por impactos negativos com prejuízos ao meio ambiente e a qualidade de vida da população.

A Organização Mundial de Saúde (*World Health Organization* – WHO, 2000 e 2001) e autores como Kihlman (2004), classificam a poluição sonora como o terceiro tipo de poluição que mais atinge a população mundial, depois da poluição do ar por emissões gasosas e da poluição da água, sendo considerada como um caso de saúde pública. Também informam que o crescimento da poluição sonora é insustentável, pois afeta diretamente a saúde causando aborrecimentos, alterações comportamentais, estresse relacionado aos efeitos psicológicos, interferência na comunicação, além de atrapalhar o repouso, o relaxamento e o sono.

O ruído já é hoje classificado como um tipo de poluição tóxica figurando junto a outros grandes problemas de poluição ambiental como: o aquecimento global, a destruição da camada de ozônio, dentre outros. A Tabela 1 adaptada de Santos de Souza (2000), mostra resumidamente os principais problemas ambientais, sua abrangência e os principais agentes geradores de poluição.

Tabela 1 - Principais problemas de poluição ambiental

Problema Ambiental	Abrangência	Principal Poluidor
Efeito Estufa e mudanças climáticas	Global	Emissão de CO ₂ , metano e desmatamento.
Destruição da camada de ozônio	Global	Emissão de clorofluorcarbonos
Acidificação	Continental	Emissão de SO ₂ , ozônio na baixa atmosfera
Poluição tóxica	Continental	Emissão de SO ₂ , particulados, metais pesados, agroquímicos, ruído

Fonte: Adaptado de Ekins, P. e Jacobs, M.: "Environmental Sustainability and the Growth of GDP: Conditions for Compatibility. World Institute for Development Economics Research (WIDER) conference at Oxford, June 30 – July 2, 1993".

Os ruídos chegam aos habitantes de uma cidade de diversas formas: ruído gerado por sub-estações de energia, ruído de tráfego rodoviário, ruído de tráfego ferroviário, ruído aeroviário, ruído gerado pelo vizinho e ruído de vizinhança - alarmes, animais, templos religiosos, etc. (Zannin et al., 2002; Diniz e Zannin, 2004; Alves Filho et al., 2004; da Paz et al., 2005; Zannin et al., 2006; Calixto et.al., 2008; Szeremetta e Zannin, 2009; Zannin e Sant'Ana, 2011).

Estudos têm abordado a problemática do ruído ambiental englobando áreas educacionais (Hétu *et al.*, 1990; Kennedy *et al.*, 2005; Thakur, 2006; Zannin e Marcon, 2007; Astolfi and Pellery, 2008; Zannin e Zwirtes, 2009; Goswami, 2011).

Sobotova *et al.* (2000), em um estudo realizado com alunos universitários, concluiu que o ruído ambiental causa interferências sérias no desenvolvimento de atividades de estudo ou trabalho mental, na comunicação pessoal verbal ou telefonada.

O ruído no aprendizado influencia o comportamento e a compreensão dos estudantes, sendo que locais muito ruidosos são desfavoráveis para o aprendizado e tornam o ensino exaustivo (Hagen *et al.*, 2002). Níveis sonoros elevados afetam não somente a qualidade verbal da comunicação, mas também contribuem para sérios problemas no desenvolvimento intelectual dos estudantes, como a defasagem na aprendizagem, dificuldades na escrita e na fala, limitações na competência de leitura e desenvolvimento do vocabulário (WHO, 2001).

Segundo Harris (1998), o ruído ambiental é o som fora de compasso, associado com um dado ambiente em um tempo específico, sendo composto pelo som de fontes em diferentes direções, podendo ser estas próximas ou distantes.

Cronologicamente, a construção do campus Centro Politécnico, adjacente ao campus Jardim Botânico, iniciou-se em 1960, em virtude da necessidade de expansão da UFPR. Com o passar dos anos ampliações foram feitas em ambos os campis, devido à necessidade de criação de novos cursos, desta forma outros prédios foram construídos visando abrigar novos laboratórios e salas de aula, assim como também, foram feitas modernizações da infra-estrutura externa, como a construção de novas áreas de estacionamento para veículos e novas vias de tráfego interno. A área total do Campus III abrange cerca de 1.054.382,00 m², tendo uma área construída de 147.460,57 m², subdividida em diversas áreas de acordo com a especialização dos vários cursos.

Como peculiaridade dos campis Centro Politécnico e Jardim Botânico, temos sua inserção em dois bairros residenciais distintos, a saber, bairro Jardim das Américas e bairro Jardim Botânico, sendo que, desta forma o Campus é cortado pela rodovia BR-476 e limitado em uma de suas extremidades pela rodovia BR-277. O Campus III da UFPR foi construído estrategicamente na porção sudeste da cidade de Curitiba-PR, com acessos diretos ao sistema intermodal de transportes, caracterizado pela adjacência às rodovias (sistema rodoviário) que dão acesso direto ao aeroporto internacional (sistema aeroviário).

Para fins de medição e caracterização do ruído ambiental em comunidades tem-se no Brasil a norma NBR 10151 (2000) – Avaliação do Ruído em Comunidades, a qual estabelece que para áreas de escolas o nível sonoro equivalente para o período diurno não deva ultrapassar o valor de 50 dB(A). A Lei Municipal n.º 10.625 (2002), promulgada pela Prefeitura Municipal de Curitiba em 19 de dezembro de 2002, que legisla sobre o ruído urbano e o conforto público, fixa os seguintes limites de emissão sonora para as áreas em estudo:

- Setor especial educacional: período diurno, das 7:00 h às 19:00 h, de 60 dB(A);
- Zonas residenciais: período diurno, das 7:00 h às 19:00 h, de 55 dB(A).

As normas *ISO-1996-Part 1* (2003) e *ISO-1996-Part 2* (2007) devem também ser consideradas quando da avaliação do ruído ambiental em comunidades, sendo que estas servem de referências para elaboração de normas nacionais.

De acordo com Bies e Hansen (2002), é de interesse para avaliação acústica em comunidades a elaboração de um mapeamento do ambiente acústico, que englobe diversas análises. Por ser o ruído ambiental, um ruído complexo, três tipos de análise são recomendadas (Bies e Hansen, 2002; Kuttruff, 2006):

- *Logging*: análise de *datalog* ou medição de tempo real considerando uma série de amostras discretas para um período fixo de medição;
- Análise de níveis estatísticos: análise cumulativa dos níveis sonoros ultrapassados ou mascarados durante o tempo total de medição;
- Análise em frequência: análise do espectro sonoro das fontes que contribuem para o ruído total do ambiente avaliado.

1. Objetivo do Trabalho

O presente trabalho apresenta os dados referentes às medições realizadas, no Campus III da Universidade Federal do Paraná, visando avaliar a existência ou não de poluição sonora no local.

2. Materiais e Método

Neste item, são apresentados os materiais utilizados nas medições, bem como é proposto pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, através da NBR-10151.

Como parâmetro para a análise final da área indicada foi utilizada a Lei Municipal n.º 10625 da Prefeitura Municipal de Curitiba, que: “*Dispõe sobre ruídos urbanos, proteção do bem estar e do sossego público*”. O descritor acústico estabelecido tanto na NBR 10151 como na lei municipal 10.625, é o nível sonoro equivalente L_{eq} expresso em dB e ponderado na escala “A”. Além do nível sonoro equivalente foram também medidos os níveis sonoros estatísticos. A definição dos níveis sonoros estatísticos é a seguinte: são níveis de pressão sonora que são ultrapassados durante uma determinada fração do tempo total de medição. Os níveis estatísticos de maior interesse para estudos de ruído de tráfego são L_{10} , L_{50} e L_{90} , que são os níveis excedidos durante, respectivamente, 10%, 50% e 90% do tempo de medição. Para o estudo de ruído de tráfego rodoviário, o nível estatístico L_{10} pode ser aceito aproximadamente como valores de pico, pois ele indica valores que foram excedidos durante apenas 10% do tempo total de medição. Já o nível estatístico L_{90} , pode ser aceito como sendo representativo do ruído de fundo, posto que ele indica o nível de ruído que foi ultrapassado durante quase todo o tempo de medição, ou seja, durante 90% do tempo de medição.

2.1. Materiais e Equipamentos

As medições foram realizadas de acordo com o que prescreve a norma da ABNT, NBR-10151 e as recomendações das normas internacionais ISO-1996-

Part 1 e *ISO-1996-Part 2*. Foram utilizados 2 equipamentos de medição (Paz e Zannin, 2010):

- Um analisador sonoro, modelo BK 2260, nos modos de operação *Basic Analysis* e *Datalog*, com microfone de recepção modelo BK 4189, com protetor de vento;
- Um medidor sonoro BK 2238, nos modos de operação *Enhanced* e *Datalog*, com microfone de recepção modelo BK 4188, com protetor de vento.

O software utilizado para análise dos dados medidos foi o *Evaluator Type BK 7820*, no qual foram gerados os gráficos de *datalog*, análise cumulativa e espectro de frequência.

2.2. Método

Para a avaliação da poluição sonora no Campus Jardim Botânico e no Campus Centro politécnico, seguiu-se o estabelecido pelas normas técnicas: 1) NBR-10151 – Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade; 2) *ISO-1996-Part 1: Acoustics – Description and measurement of environmental noise – Part 1: Basic quantities and procedures*; 3) *ISO-1996-Part 2: Acoustics – Description and measurement of environmental noise – Part 2: Acquisition of data pertinent to land use*.

Desta forma, as seguintes etapas foram cumpridas visando a realização das medições:

- Calibração dos instrumentos
- Verificação e checagem dos equipamentos

- Determinação das características das áreas de avaliação: Área 1: Departamento de Engenharia Florestal – Setor de Ciências Agrárias, Campus Jardim Botânico; Área 2: Pista de Atletismo, Campus Centro Politécnico; Área 3: Setor de Tecnologia, Campus Centro Politécnico; Área 4: Setor de Ciências da Saúde, Campus Jardim Botânico
- Posicionamento do aparelho de medição a uma altura de 1,2 metros do piso e pelo menos 2 metros do limite da fachada da edificação mais próxima
- Execução da medição propriamente dita nos pontos determinados
- Análise dos dados no software
- Análise dos resultados
- Elaboração das conclusões

Os resultados das medições e observações feitas são apresentados nas tabelas de 2 a 5 e nas figuras 2 a 15. De acordo com o procedimento definido foram realizadas as medições no Campus III da UFPR, dividindo a área total do campus em quatro áreas, conforme mostra a figura 1:

- Área 1: Departamento de Engenharia Florestal, localizado no campus Jardim Botânico
- Área 2: Pista de Atletismo, localizado no campus Centro Politécnico
- Área 3: Setor de Tecnologia, localizado no campus Centro Politécnico
- Área 4: Setor de Ciências da Saúde, localizado no campus Jardim Botânico



Figura 1 - Indicação das Áreas Avaliadas: Área 1 – Departamento de Engenharia Florestal; Área 2 – Pista de Atletismo; Área 3 – Setor de Tecnologia – via de acesso principal ao Centro Politécnico; Área 4 – Setor de Ciências da Saúde (em frente a Av. Prof. Lothário Meissner). O círculo em vermelho é apenas indicativo da localização das áreas.

3. Resultados e Discussões

3.1 – Área 1 – Departamento de Engenharia Ambiental

A tabela 2 apresenta as características principais da - Área 1 - a qual compreende o Departamento de Engenharia Florestal pertencente ao Setor de Ciências Agrárias, localizado no campus Jardim Botânico. Esta área foi escolhida, pois no local localiza-se o Departamento de Engenharia Florestal, local onde se encontram diversas salas de aula com grande fluxo de

estudantes, sendo que do campus Jardim Botânico é o local mais exposto a BR 476 (atual linha verde).

A figura 2 mostra a Área 1 e o local marcado em azul onde foi posicionado o medidor sonoro:

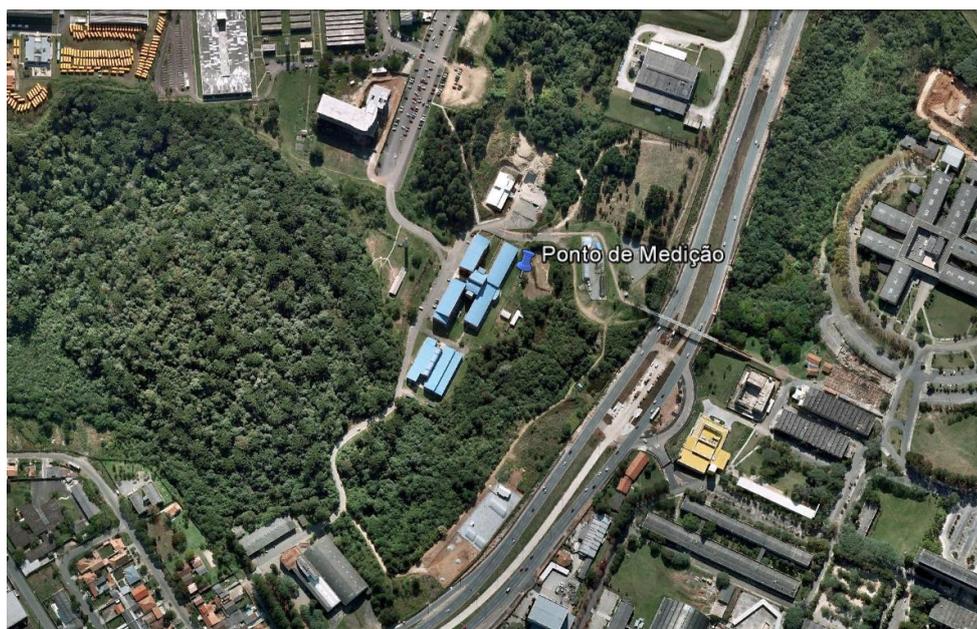


Figura 2 – Área 1 e a indicação do local de medição

Tabela 2 - Características da Área 1

Parâmetros	Características da Área de Avaliação 1
	Período da medição
Tempo de medição	24 minutos
tipo de via	BR 476 (Atual linha verde)
número de faixas da via	6
largura das faixas	3,6 metros
velocidade permitida	70 km/h
tipo de área	educacional
aparelho	BK 2238

A partir dos dados medidos para a área 1 e com a ajuda do software de análise *Evaluator Type BK 7820*, figura 3, constatou-se que o nível sonoro equivalente L_{eq} foi de 70,9 dB(A), o nível sonoro máximo L_{Max} foi de 72,6 dB(A) e o nível sonoro mínimo L_{Min} foi de 70 dB(A). Percebe-se que o nível de ruído ambiental está bastante acima dos valores estipulados pela NBR-10151 - $L_{eq} = 50$ dB(A), e da Lei n.º 10.625 - $L_{eq} = 60$ dB(A). A observação do local aonde se encontram as edificações do Departamento de Engenharia Florestal, e a observação do seu entorno, levam a conclusão de que a principal fonte de ruído para o local é a BR 476 atual linha verde. Esta afirmação baseia-se no valor do nível sonoro equivalente medido no local $L_{eq} = 70,9$ dB(A), pois este valor é característico de vias com intenso tráfego de veículos (leves, p.ex: veículos de passeio e pesados, p.ex: ônibus e caminhões), como mostrado por Zannin e Sant'Ana (2011). Estes autores ao avaliar a BR 476 (atual linha verde) durante três anos, mediram níveis sonoros variando entre 68,7 e 81,6 dB(A). Outro dado que colabora para esta conclusão é o valor elevado do nível sonoro mínimo $L_{Min} = 70$ dB(A), ou seja, o menor valor observado na medição sonora é praticamente igual ao nível sonoro equivalente $L_{eq} = 70,9$ dB(A), o qual representa a média dos valores medidos durante o tempo de medição.

Da análise cumulativa, figura 4, verificou-se a ocorrência de sons de curta duração ou de baixa intensidade em relação a outros sons do ambiente da ordem de 78,4 dB(A), durante 5% do tempo de medição. Em adição, o ruído de fundo do ambiente, percebido durante 36,6% do tempo de medição, foi da ordem de 59,1 dB(A).

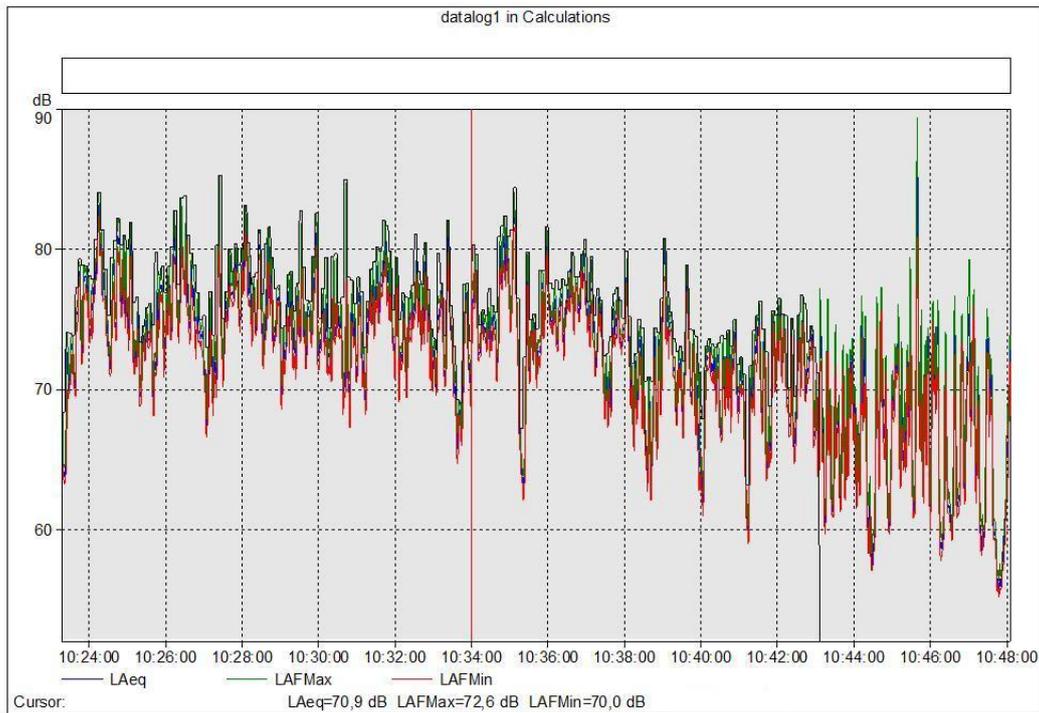


Figura 3 – Medições dos níveis sonoros na Área 1.

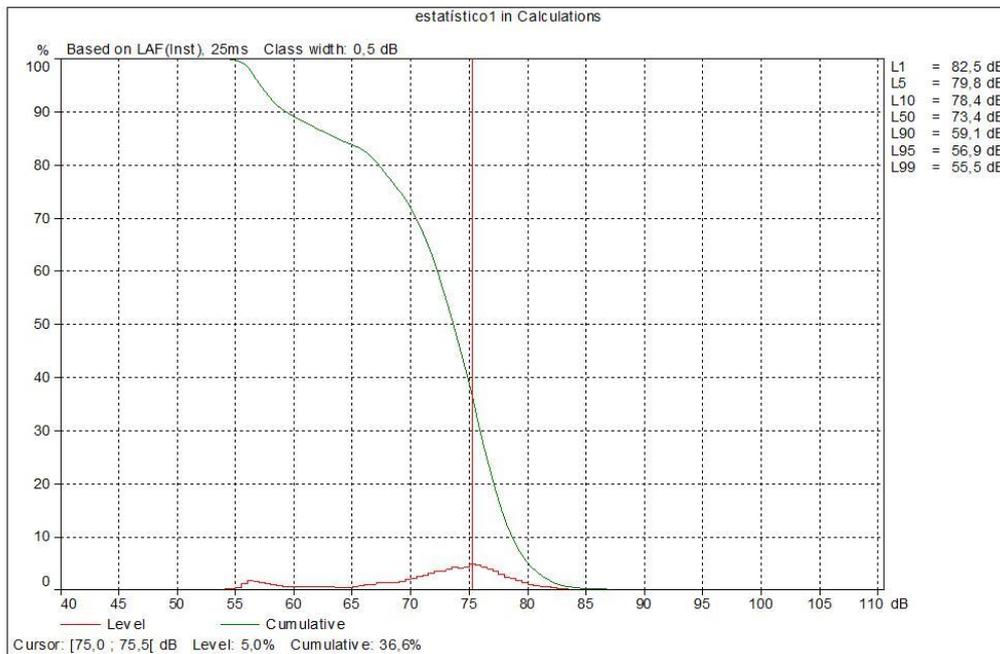


Figura 4 – Medição dos níveis sonoros estatísticos na Área 1

3.2 - Área 2 - Pista de Atletismo

A tabela 3 apresenta as principais características da Área 2. A Área 2 foi escolhida para as medições por ser um local amplo e aberto e sem edificações elevadas no seu entorno. Estas características são importantes para se avaliar a passagem de aeronaves, o que é o caso em questão. Na Área 2 foram realizadas medições com a passagem de aeronave pelo local, figura 6, e medições sem a passagem de aeronave, figura 7.

A figura 5 mostra a Área 2 e o local onde foi posicionado o medidor sonoro:

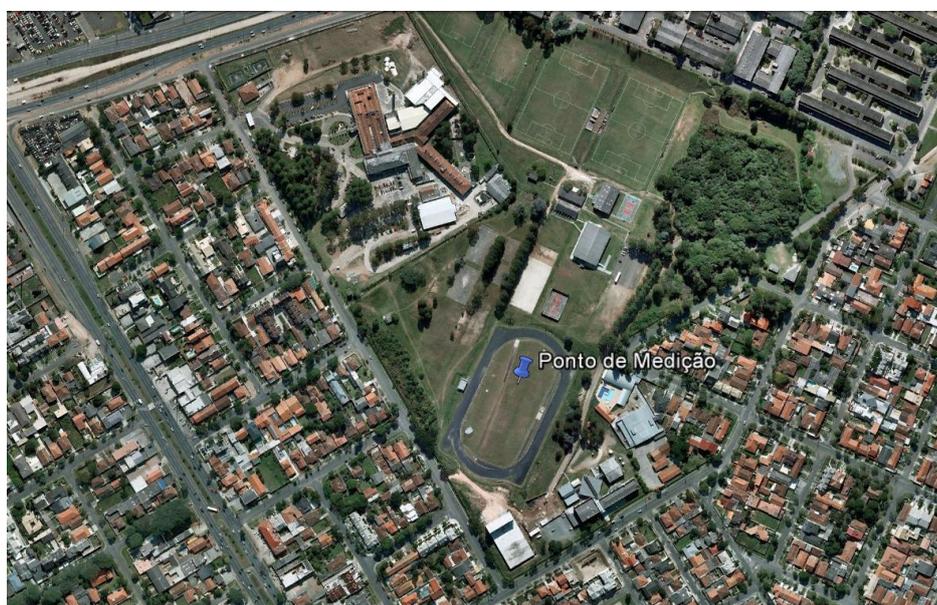


Figura 5 – Área 2 com a indicação do ponto de medição

Tabela 3 - Características da Área 2

Parâmetros	Características da Área de Avaliação 2
	Período da medição
Tempo de medição	19 minutos
tipo de área	educacional
aparelho	BK 2260

As medições dos níveis de pressão sonora na área 2, figura 6, mostraram que o nível sonoro equivalente é de $L_{eq} = 65,3$ dB(A), o nível máximo é de $L_{Max} = 85,1$ dB(A) e o nível mínimo é de $L_{Min} = 46,4$ dB(A). O nível de ruído ambiental está acima dos valores estipulados para uso educacional pela NBR-10151 de 50 dB(A) e pela Lei n.º 10.625 de 60 dB(A). A figura 6 mostra que o ruído gerado durante a passagem de aeronaves no local, é caracterizado por níveis sonoros elevados especialmente nas frequências fundamentais para a audição humana, ou sejam, as frequências de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz (WHO, 2001). Os níveis sonoros medidos para cada uma destas frequências foi de aproximadamente 80 dB(A) para as frequências de 500 e 1000 Hz e de aproximadamente 79 dB(A) para 2000 Hz.

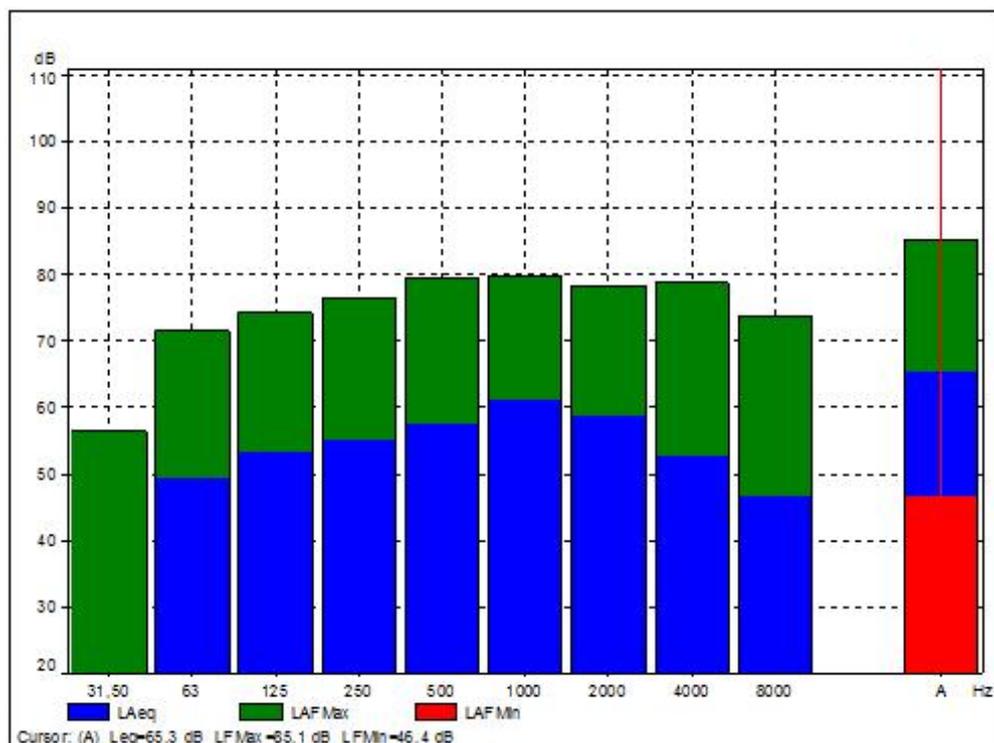


Figura 6 – Análise em frequência da passagem de aeronave pela Área 2.

A figura 7 mostra, que sem a passagem de aeronaves os níveis sonoros totais caem consideravelmente, $L_{eq} = 53,4$ dB(A), $L_{Max} = 67,3$ dB(A) e $L_{Min} = 47,2$ dB(A). A análise em frequências revela também a queda dos níveis sonoros para as frequências de 500 Hz ($L_{eq} = 40,0$ dB(A); 1000 Hz ($L_{eq} = 45,8$ dB(A); e 2000 Hz ($L_{eq} = 48,3$ dB(A).

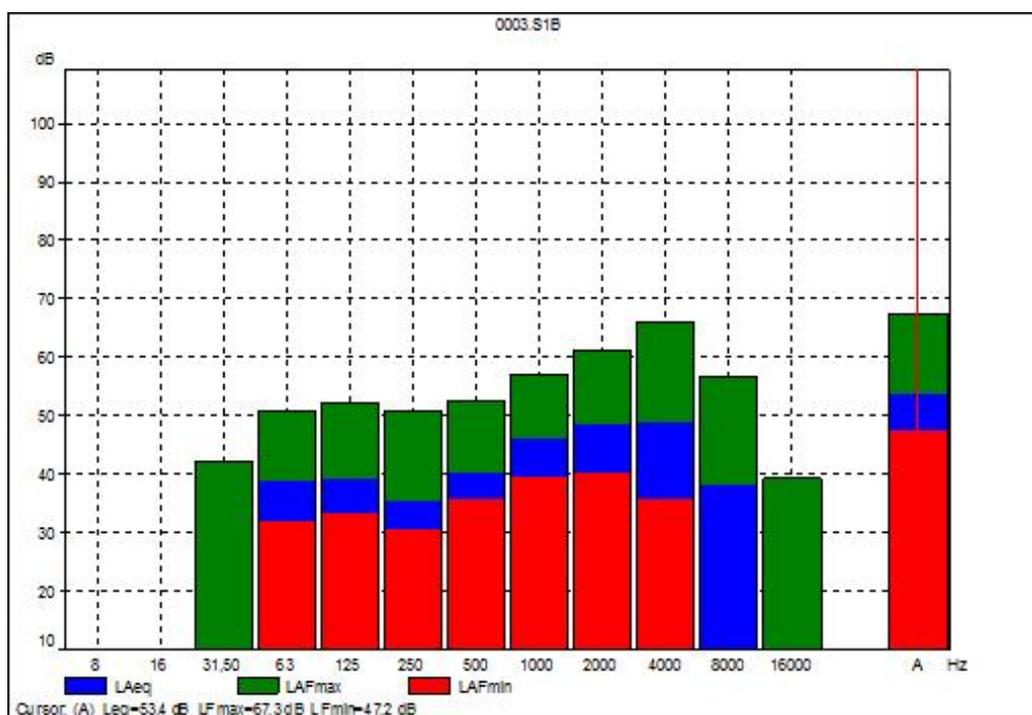


Figura 7 - Análise em frequência na Área 2 sem a passagem de aeronave.

Da análise cumulativa, figura 8, verificou-se a ocorrência de sons de curta duração em relação a outros sons do ambiente da ordem de 79 dB(A), durante 6,7% do tempo de medição. Em adição, o ruído de fundo do ambiente, percebido durante 49,1% do tempo de medição, foi da ordem de 70 dB(A). Estes valores elevados explicam-se por ser o local de medições rota de passagem de aeronaves em direção ao Aeroporto Internacional de Curitiba.

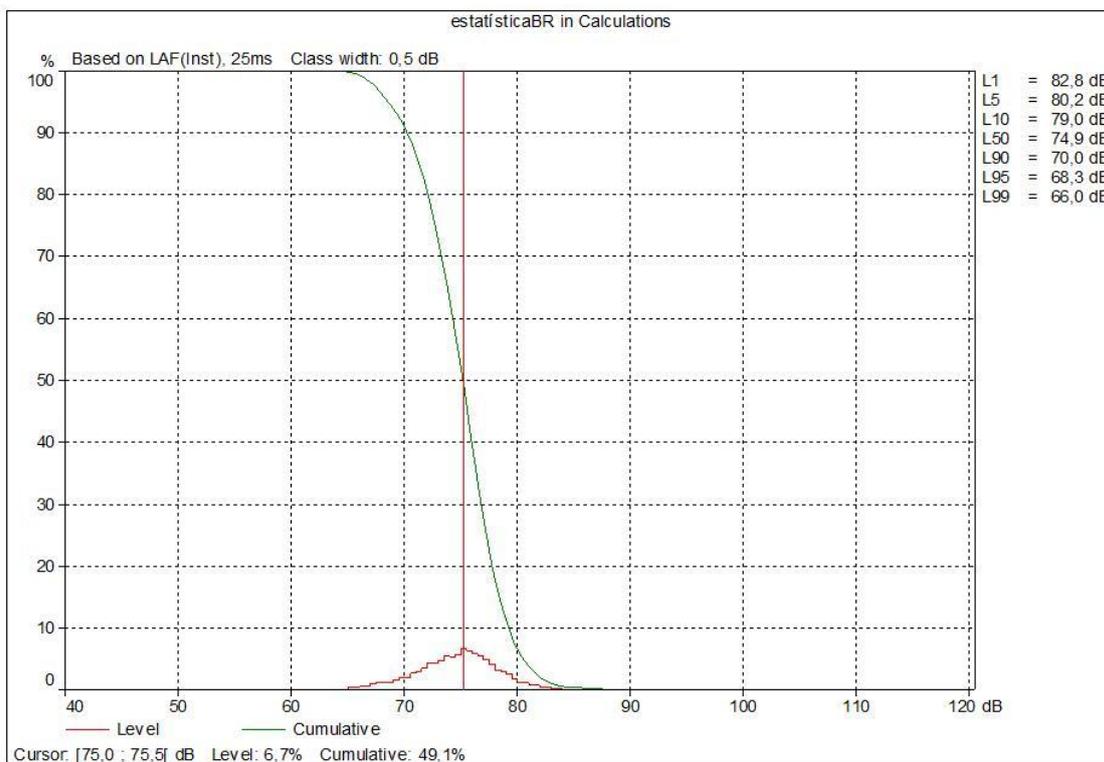


Figura 8 - Medição dos níveis sonoros estatísticos na Área 2

3.3 - Área 3 - Setor de Tecnologia

A tabela 4 mostra as principais características da Área 3. Esta área foi escolhida pois o Setor de Tecnologia abriga o maior contingente de estudantes do Campus. A via de acesso pelo portão principal do Campus apresenta tráfego intenso de veículos leves, motocicletas e veículos pesados (p. ex: ônibus) e também veículos utilitários. Esta via de acesso também tangencia os Setores de Ciências Exatas e Ciências da Terra.

A figura 9 mostra a Área 3 com a via interna ao Centro Politécnico e a marcação em azul mostra o local das medições.



Figura 9 – Área 3 com a indicação da via interna ao Campus Centro Politécnico, local onde foi realizada a medição sonora.

Tabela 4 - Características da Área 3

Parâmetros	Características da Área de Avaliação 3
	Período da medição
Tempo de medição	30 minutos
tipo de via	via interna
número de faixas da via	2
largura das faixas	3,6 metros
velocidade permitida	30 km/h
tipo de área	educacional
aparelho	BK 2238

Na Área 3 tem-se os prédios dos Setores de Tecnologia, Ciências da Terra e Exatas, onde se concentram o maior número de alunos do Campus. Tangenciando estas edificações tem-se uma via interna de acesso ao Campus, por onde circulam, de forma intensa, veículos de passeio, motocicletas, ônibus e utilitários. A partir dos dados analisados através do software *Evaluator Type BK 7820*, pode-se observar, conforme figura 10, que o ruído ambiental nesta área é extremamente elevado para áreas educacionais, com valores para L_{eq} de 75,8 dB(A), L_{Max} 76,2 dB(A) e L_{Min} de 75,4 dB(A). O nível de ruído ambiental está muito acima dos valores estipulados pela NBR-10151 de 50 dB(A) e pela Lei n.º 10.625 de 60 dB(A). Estes níveis sonoros são típicos de rodovias com intenso fluxo de veículos - por exemplo, a BR 476 (atual linha verde) - como mostrado por Zannin e Sant'Ana (2011).

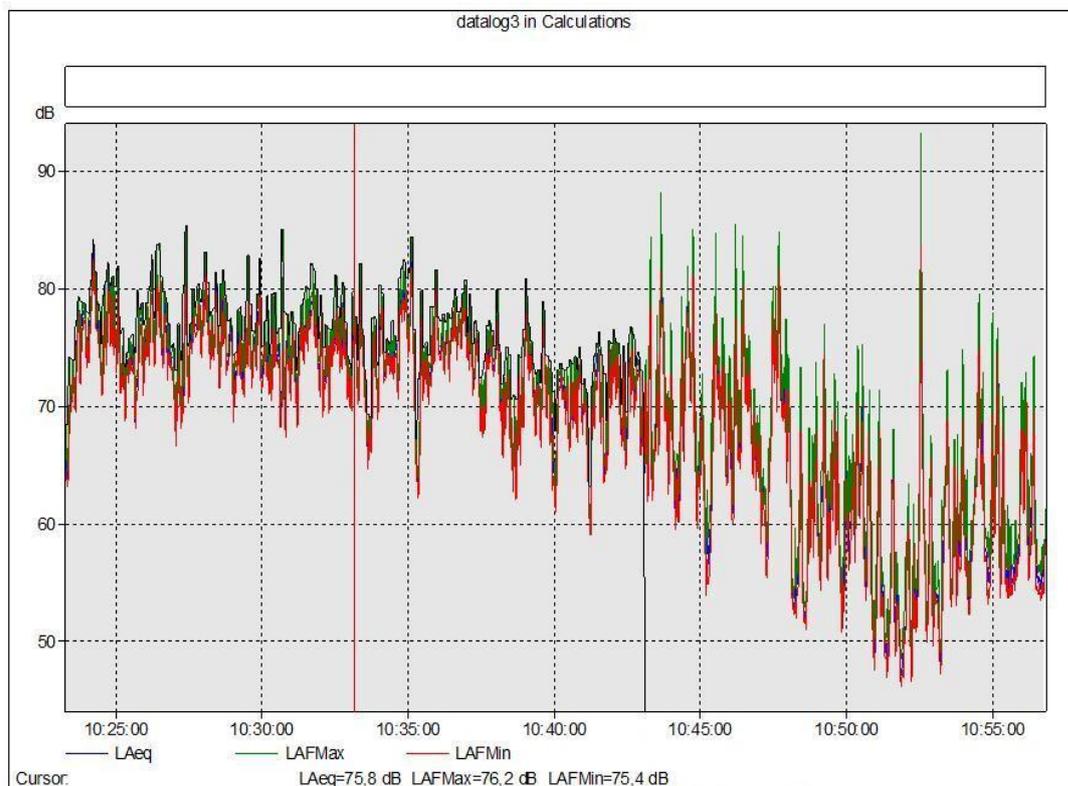


Figura 10 – Medição dos níveis sonoros na Área 3.

Da análise cumulativa, figura 11, verificou-se a ocorrência durante 30,4% do tempo de medição de ruído de fundo da ordem de 55,4 dB(A). Em adição, também houve ocorrência de sons de curta duração em relação a outros sons do ambiente da ordem de 78 dB(A), durante 4,1% do tempo de medição.

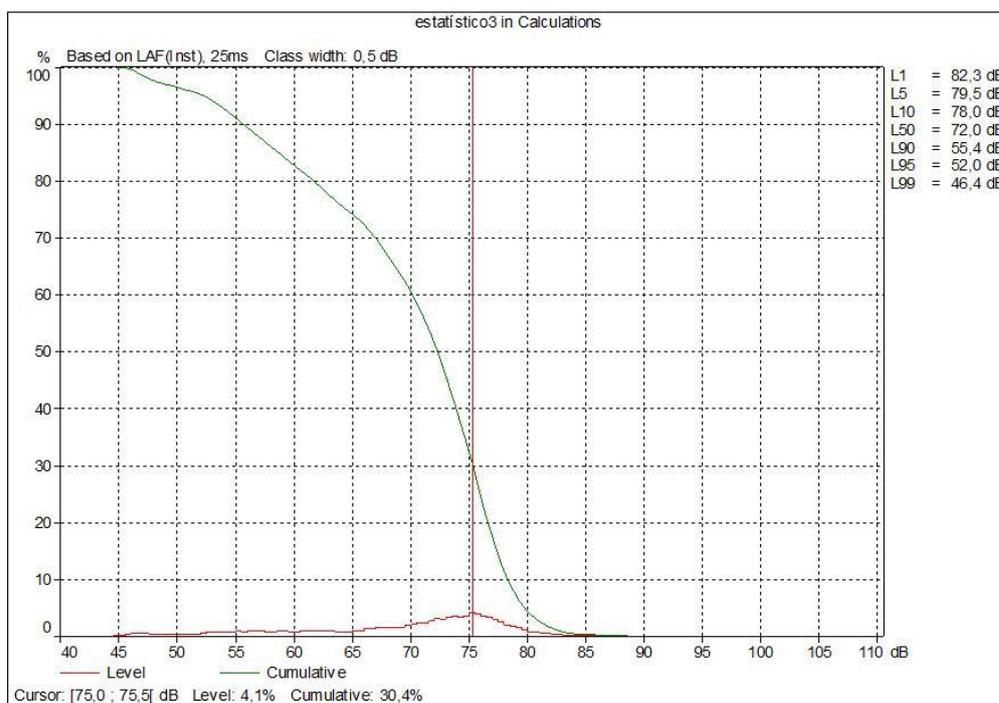


Figura 11 - Medição dos níveis sonoros estatísticos na Área 3.

3.4 - Área 4 - Setor de Ciências da Saúde

A tabela 5 mostra as principais características da Área 4. Esta área foi escolhida, pois as edificações do Setor de Ciências da Saúde (Campus Jardim Botânico) são afetadas pelo intenso movimento na Av. Prof^o. Lothario Meissner, a qual tangencia também o Parque Jardim Botânico.

A figura 12 mostra a Área 4 com a indicação em azul do local onde foi posicionado o medidor sonoro.



Figura 12– Área 4 com a indicação do local de medição.

Tabela 5 - Características da Área 4

Parâmetros	Características da Área de Avaliação 4
	Período de medição
Tempo de medição	25 minutos
tipo de via	Avenida (Av. Prof ^o . Lothario Meissner)
número de faixas da via	4
largura das faixas	3,6 metros
velocidade permitida	60 km/h
tipo de área	educacional
aparelho	BK 2238

Da análise dos dados, figura 13, obteve-se o nível sonoro equivalente L_{eq} de 70,9 dB(A), o nível máximo L_{Max} de 71,5 dB(A) e o nível mínimo L_{Min} de 70,3 dB(A). Como pode ser observado os níveis sonoros medidos no Setor de Ciências da Saúde, Campus Jardim Botânico, também estão muito acima dos limites estabelecidos pela norma brasileira para avaliação do ruído em comunidades NBR 10151 e acima do estabelecido pela Lei 10625 do Município de Curitiba, que rege sobre as imissões sonoras o ambiente urbano. A NBR 10151 estabelece $L_{eq} = 50$ dB(A) e a Lei 10625 estabelece $L_{eq} = 60$ dB(A). A Av. Prof^o. Lothário Meissner, que passa em frente ao ponto de medição no Setor de Ciências da Saúde, apresenta tráfego intenso de veículos leves, motocicletas e veículos pesados (ônibus e caminhões). Bem em frente ao portão de acesso ao Campus Jardim Botânico existe um sinaleiro junto com um retorno, por onde dezenas de caminhões fazem retorno diariamente, para acessar a BR 277 ou para acessar a BR 476 (atual linha verde). Em frente ao ponto de medição no Campus Jardim Botânico, está o Parque Jardim Botânico também tangenciado pela Av. Prof^o. Lothário Meissner. Zannin e Szeremetta (2003) constataram a existência de poluição sonora no Parque Jardim Botânico. Um dos pontos medidos pelos autores foi junto a divisa do Parque com a Avenida Prof^o. Lothário Meissner, sendo o valor do nível sonoro medido $L_{eq} = 68,7$ dB(A). No entanto, o nível limite para áreas verdes segundo a Lei 10625 é de $L_{eq} = 55$ dB(A). A figura 14 mostra o ponto de medição - Ponto 2 - de Zannin e Szeremetta (2003) e o - Ponto 1 - é o local de medição do presente trabalho.

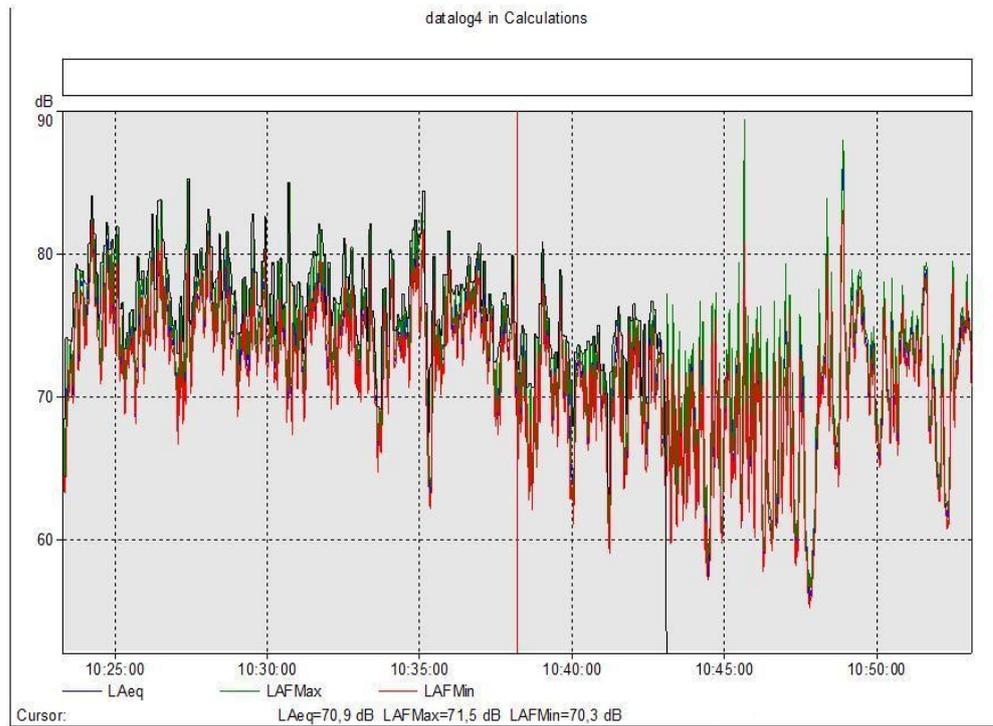


Figura 13 – Medição dos níveis sonoros na Área 4.

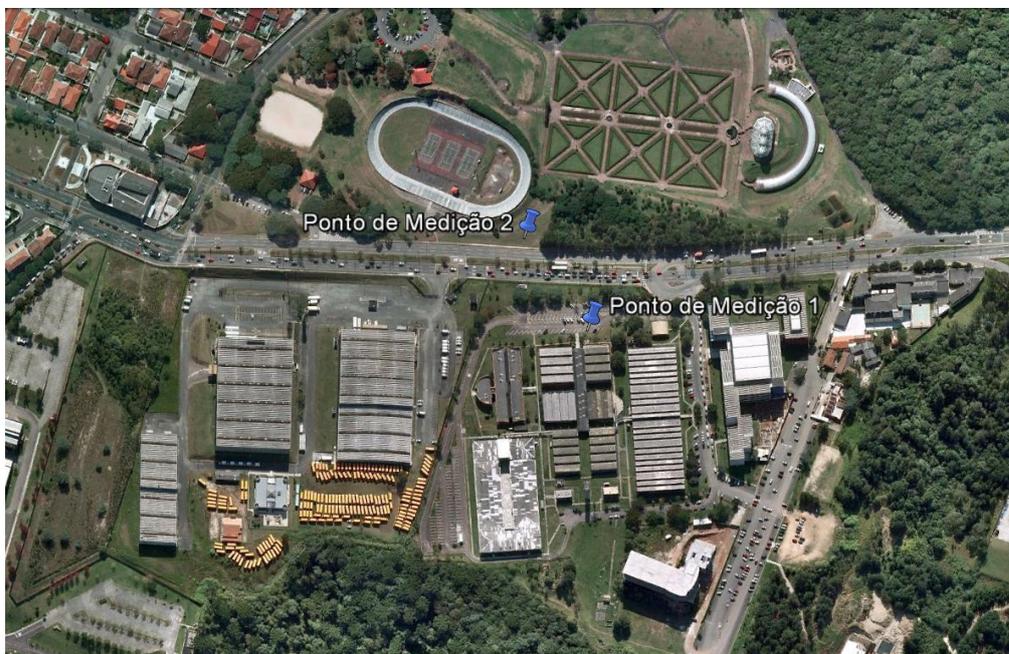


Figura 14 – Ponto de medição 2 no Parque Jardim Botânico e Ponto de medição 1 no Campus Jardim Botânico – Setor de Ciências da Saúde.

Da análise cumulativa, figura 15, verificou-se a ocorrência de sons de curta duração em relação a outros sons do ambiente da ordem de 79,5 dB(A), durante 5% do tempo de medição. Em adição, o ruído de fundo do ambiente, percebido durante 34,4% do tempo de medição, foi da ordem de 61,2 dB(A).

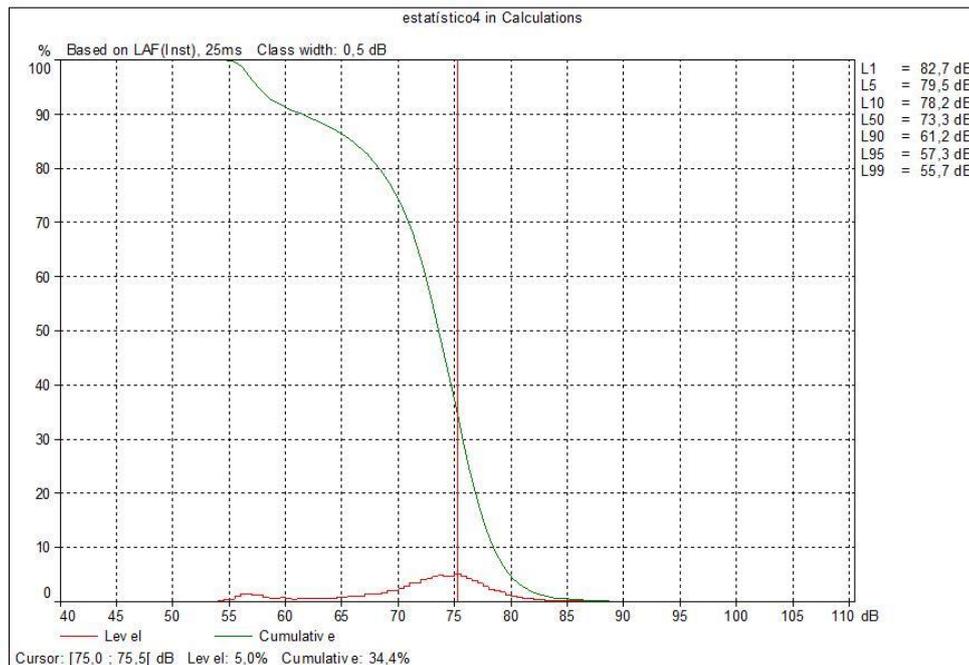


Figura 15 – Medição dos níveis sonoros estatísticos na Área 4

CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou os dados obtidos através das medições sonoras realizadas no Campus III - Campus Centro Politécnico e Campus Jardim Botânico - da Universidade Federal do Paraná. Diversas técnicas de análise da poluição sonora ambiental foram empregadas: medições dos níveis sonoros equivalentes, níveis sonoros máximos, níveis sonoros mínimos, níveis sonoros estatísticos, medições em *datalog* e análise em frequências. A partir

da observação dos dados, percebe-se que o nível de ruído ambiental nos campi está acima dos valores indicados pela norma NBR-10151 que trata da avaliação do ruído em comunidades, que é de 50 dB(A) para áreas educacionais, e pela Lei Municipal n.º 10.625 do Município de Curitiba que trata do ruído urbano e do sossego público, que é de 60 dB(A) para zonas de uso educacional.

Os níveis sonoros elevados observados durante as medições mostradas neste artigo, identificam problemas de poluição sonora, no Campus Jardim Botânico e no Campus Centro Politécnico. Estes níveis são decorrentes tanto de agentes externos aos campi, quanto de agentes internos. A proximidade de rodovias de intenso fluxo de veículos como a BR 476 (atual linha verde), BR 277, Av. Prof.º Lothario Meissner que separa o Parque Jardim Botânico do Campus do Jardim Botânico, contribuem decisivamente para este quadro crítico de níveis sonoros acima dos padrões estabelecidos para conforto urbano. Internamente ao Campus Centro Politécnico, existe um fluxo constante, de veículos leves e pesados (p.ex: ônibus, utilitários, etc), através da via de acesso ao mesmo, sendo que neste local foram medidos os níveis sonoros mais elevados - $L_{eq} = 75,8$ dB(A), $L_{Max} = 76,2$ dB(A) e $L_{Min} = 75,4$ dB(A) - valores estes típicos para rodovias de intenso fluxo de veículos (Zannin e Sant'Ana, 2011).

A questão do ruído no Campus Centro Politécnico é ainda agravada pela qualidade acústica das edificações da Universidade. Em Zannin et. al. (2011) ao analisar a qualidade acústica das salas de aula do Setor de Ciências Exatas, as quais localizam-se junto a via de acesso principal ao Campus Centro Politécnico, foi constatado que as mesmas apresentam péssima qualidade acústica. Foram avaliados os descritores acústicos para salas: tempo de reverberação TR, definição D_{50} e *speech transmission index* STI. Para o TR o valor medido foi de 2.2 segundos, enquanto que o valor recomendado pela *World Health Organization* (WHO, 2001) para salas de aula é de 0,6 segundos;

para o descritor de inteligibilidade D_{50} foi medido o valor de 26%, enquanto o recomendado por padrões internacionais são valores superiores a 50% (Fasold e Veres, 2003); e para o descritor STI foi medido o valor de 0,45, o que segundo a norma IEC-16081 (2003), classifica a sala avaliada como tendo uma *inteligibilidade pobre*. Estes três descritores conjuntamente mostram que as salas deste setor oferecem péssimas condições para o ensino e aprendizado. Salienta-se que as medições da qualidade acústica das salas, foram realizadas em finais de semana, ou seja, quando a circulação de veículos no campus é extremamente reduzida. Considerando-se os níveis sonoros acima descritos, é de se esperar que a qualidade acústica das salas de aula seja ainda pior, prejudicando de forma decisiva a qualidade das aulas desenvolvidas nestes ambientes. Portanto, mesmo se o ruído externo estivesse dentro dos padrões aceitáveis pelas normas de avaliação do ruído ambiental, neste local específico, a má qualidade acústica das salas de aula permaneceria. A má qualidade acústica das edificações também é um problema de - poluição sonora urbana e ambiental - pois interfere diretamente na qualidade das atividades desenvolvidas em ambientes fechados, tais como: salas de aula, escritórios, salas de conferência, salas de projetos, etc.

Alternativas para a melhoria das condições acústicas dos locais avaliados poderiam ser: a) redução da velocidade de tráfego no entorno dos campi e dentro dos campi; b) redução do fluxo de veículos pesados e ou o estabelecimento de horários específicos para circulação destes veículos, buscando para os mesmos, vias alternativas de circulação; c) melhoria da pavimentação das rodovias que contornam os campi, d) atuação nas edificações, melhorando o isolamento acústico das fachadas, p.ex: de salas aula; e) atuação nas edificações, melhorando a qualidade dos descritores da acústica interna das salas aula, p.ex: tempo de reverberação, *speech transmission index*, etc.; f) colocação de placas indicativas de área educacional; g) colocação de redutores de velocidade dentro dos campi; h)

campanhas de conscientização de alunos, professores e demais frequentadores dos campi, sobre os agravos causados pelo ruído, tanto para a saúde humana como para a qualidade do processo ensino/aprendizagem.

Uma forma de controle de ruído na trajetória de propagação sonora, frequentemente citada em discussões sobre planejamento e controle do ruído ambiental, é o uso de barreiras de vegetação. No entanto, segundo Kuttruff (2004): *“O uso de barreiras vegetais tem um efeito muito mais psicológico do que realmente físico. Do ponto de vista da física do controle de ruído, no caso específico de rodovias, pode-se estimar grosseiramente, para - superfícies planas - uma atenuação sonora em torno de 0,1 dB/m”*. Por outro lado, pesquisas recentes desenvolvidas por Weber e Angst (2009) mostram que barreiras de vegetação podem ter influência negativa no efeito de atenuação sonora de barreiras acústicas. Weber e Angst (2009) observaram que barreiras de vegetação junto a uma barreira acústica instalada ao longo de uma rodovia, podem causar um aumento de 1 a 4 dB no nível sonoro na região de sombra acústica - região onde se encontra o receptor (p.ex: escola, residência, etc.) - resultando assim na diminuição da atenuação do ruído fornecida pela barreira acústica. Em contrapartida alguns exemplos de estudos de campo, como p. ex. os desenvolvidos por Ozer et. al. (2008) na Turquia e por Pathak et.al. (2008) na Índia, apontam que o uso de barreiras vegetais pode ajudar a reduzir os níveis sonoros em áreas urbanas. Porém, ambos os estudos destacam, que para a barreira vegetal apresentar eficiência, esta deve ter: densidade de plantas, altura e largura adequadas.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq e ao DAAD – *Deutscher Akademischer Austauschdienst* (Serviço Alemão de Intercâmbio Acadêmico) pelo apoio financeiro a pesquisa, que resultou na compra dos medidores sonoros e softwares de análise sonora utilizados neste trabalho. Os autores gostariam de imensamente agradecer ao revisor, por suas colocações e ideias que muito ajudaram a melhorar a qualidade do presente artigo.

Referências

ALVES FILHO JM; LENZI A; ZANNIN PHT. Effects of traffic composition on road noise: a case study. **Transportation Research Part D Transport and Environment**; v.9, n 1, p. 75–80, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (Brasil). NBR-10151: **Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o Conforto da Comunidade**, 2000.

ASTOLFI, A.; PELLERAY, F. Subjective and objective assessment of acoustical and overall environmental quality in secondary school classrooms. **Journal of the Acoustics Society of America**, v. 123, n 1, p. 16 –173, 2008.

BIES, D.A; HANSEN, C.H. **Engineering Noise Control: Theory and Practice**, New York: Spon Press – Taylor & Francis Group, 2002.

CALIXTO, A; PULCIDES, C; ZANNIN, PHT. Evaluation of transportation noise in urbanized areas – A case study. **Archives of Acoustics**, v. 33(2), p. 151-164, 2008.

DINIZ, F.B.; ZANNIN, P.H.T. Noise impact by electrical energy substations in the city of Curitiba, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 328, p. 23–31, 2004.

da PAZ, EC; FERREIRA, AMC; ZANNIN, PHT. Estudo comparativo da percepção do ruído urbano. **Revista de Saúde Pública**; v. 39, n 3, p. 467–72, 2005.

FASOLD, W, VERES, E. **Schallschutz und raumakustik in der praxis. Planungsbeispiele und konstruktive lösungen**. Huss-medien GmbH, Berlim, 2003. (in German).

GOSWAMI, S. A study on traffic noise of two campuses of University, Balasore, India. **Journal of Environmentl Biology**, v. 32, p. 105-109, 2011.

- HÉTU, R.; TRUCHON-GAGNON, C.; BILODEAU, A. Problems of noise in school settings: A review of literature and the results of an exploratory study. **J. Speech Lang. Path. Audiol.**, v. 14, p. 31 – 39, 1990.
- HARRIS, C.M. **Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control**. New York: McGraw-Hill, 1998.
- HAGEN, M.; HUBER, L.; KAHLERT, J. Acoustic School Desing. **International Forum Acusticum**, Sevilha, Proceedings, CD-ROM, Sevilha, 2002.
- INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION - IEC 60268- 16: **Sound system equipment- Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index**. Switzerland, 2003.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO-1996-Part 1: **Acoustics – Description and measurement of environmental noise – Part 1: Basic quantities and procedures**. Geneva 2003.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO-1996-Part 2: **Acoustics – Description and measurement of environmental noise – Part 2: Acquisition of data pertinent to land use**. Geneva, 2007.
- KHILMAN, T. Noise pollution in cities, Curitiba and Göteborg as examples. **Proceedings of the Seminar – Environmental Aspects of Urbanization – Seminar in Honor of Dr. Mostafa Kamal Tolba**, Gothenburg, Sweden, on CD, 2004.
- KUTTRUFF, H. **Akustik – Eine Einführung**. S. Hirzel Verlag Stuttgart – Leipzig, 2004. (in German).
- KENNEDY, M.; HODGSON, M.; EDGETT, D.; LAMB, N.; REMPEL, R. Subjective assessment of listening environments in university classrooms: Perceptions of students. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 119, n 1, p. 299-309, 2006.
- LEI 10625 - PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA** - Secretaria Municipal do Meio Ambiente – SMMA (Brasil). Lei Municipal n.º 10.625, de 19 de fevereiro de 2002: Dispõe sobre ruídos urbanos, proteção do bem estar e do sossego público e dá outras providências, 2002.
- OZER, S; IRMAK, MA; YLMAZ, H. Determination of roadside noise reduction effectiveness of *Pinus sylvestris L.* and *Populus nigra L.* in Erzurum, Turkey. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 144, p. 191 – 197, 2008.
- PATHAK, V; TRIPATHI, BD; MISHRA, VK. Dynamics of traffic noise in a tropical city Varanasi and its abatement through vegetation. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 146, p. 67 – 75, 2008.
- PAZ, EC; ZANNIN, PHT. Urban daytime traffic noise prediction models. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 163, p. 515-529, 2010.
- SANTOS DE SOUZA, R. **Entendendo a questão ambiental**. EDUNISC, Santa Cruz do Sul, 2000.

SOBOTOVA, L; JURKOVICOVA, J; AGHOVA, L; VOLEKOVA, J. Risks of road traffic noise interference with various activities in two noise annoyance surveys. **Epidemiology**, v. 11, p. 59-63, 2000.

SZEREMETTA, B.; ZANNIN, PHT. Analysis and evaluation of soundscapes in public parks through interviews and measurement of noise. **Science of the Total Environment**, v. 407 p. 6143-6149, 2009.

THAKUR, G.S. A study of noise around an educational institutional area. **J. Environ. Science Eng.**, v. 48, p. 35-38, 2006.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Acoustic measurement** - Local authorities, health and environment briefing pamphlet series. Geneva, 2000.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Noise in schools**. Geneva, 2001.

WHO -WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Résumé D'orientation Des Directives De l'oms Relatives Au Bruit Dans l'environnement**, 2003.

WEBER, M.; ANGST, P. Einfluss der Bepflanzung auf die Schutzwirkung von Lärmbindernissen (*Influência da vegetação sobre o efeito de proteção de barreiras acústicas*). **Lärmbekämpfung**, v. 6, p. 254-258, 2009. (in German).

ZANNIN, P. H. T.; CALIXTO, A.; DINIZ, F. B., FERREIRA, J.A.; SCHUHLI, R. B.. Incômodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba, PR. **Revista Saúde Pública**, v. 36, p. 521-524, 2002.

ZANNIN, P.H.T., SZEREMETTA, B. Avaliação da poluição sonora no parque Jardim Botânico de Curitiba, Paraná, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, n 2, p. 683-686, 2003.

ZANNIN, P.H.T.; FERREIRA, A.M.C.; SZEREMETTA, B. Evaluation of noise pollution in urban parks. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 118, p.423 – 433, 2006.

ZANNIN, P.H.T.; MARCON, C. R. Objective and subjective evaluation of the acoustic comfort in classrooms. **Applied Ergonomics**, v. 38, p. 675- 68, 2007.

ZANNIN, P.H.T; ZWIRTES, D.P. Evaluation of the acoustic performance of classrooms in public schools. **Applied Acoustics**, v. 70. p. 626-635, 2009.

ZANNIN, P.H.T.; SANT'ANA, D.Q. Noise mapping at different stages of a freeway redevelopment project – A case study in Brazil. **Applied Acoustics**, v. 72 p. 479-486, 2011.

ZANNIN, PHT, PASSERO, CRM, SANT'ANA, DQ., BUNN, F, FIEDLER, PEK, FERREIRA, AMC. **Classrooms Acoustics: Measurements, Simulations and Applications**. [in] *Classrooms: Management, Effectiveness and Challenges*. Rebecca J. Newley [Ed]. New York: Nova Science Publishers, 2011.

Recebido em 22/03/2012.

Aceito em 23/09/2012.