



Universidade do Algarve
Instituto Superior de Engenharia

**Análise de Ruído e Vibrações em Sistemas de
Climatização Instalados em Edifícios**

**Analysis of Noise and Vibration in Climatization
Systems Installed in Buildings**

José Liliano Gonçalves Abreu

**Projeto para obtenção do Grau de Mestre em Energia e
Climatização de Edifícios**

Trabalho efetuado sob orientação de:

Prof.ª Cláudia Sequeira

Faro, 2013

Análise de Ruído e Vibrações em Sistemas de Climatização Instalados em Edifícios

Analysis of Noise and Vibration in Climatization Systems Installed in Buildings

DECLARAÇÃO DE AUTORIA DE TRABALHO

Declaro ser o autor deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

Copyright José Liliano Gonçalves Abreu

A Universidade do Algarve tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Em primeiro agradeço aos meus pais e família por sempre me apoiarem nos estudos.

À Tânia Rodrigues e a Florbela Rodrigues pelas correções ortográficas.

Ao meu irmão pela ajuda na tradução do texto para língua inglesa.

Ao Dr.º Vitor Rosão que nos últimos três anos se dedicou a tornar-me num melhor técnico em acústica.

À empresa SCHIU - Engenharia de Vibração e Ruído, por me ter cedido o equipamento necessário para a realização das medições.

Às quatro unidades hoteleiras que tornaram possível a entrega de inquéritos aos hóspedes e acesso às suas instalações.

Por último gostaria de agradecer à Professora Cláudia Sequeira por toda a sua disponibilidade para orientar este trabalho e todo o seu trabalho de revisão da tese.

Resumo

Os sistemas de climatização, hoje em dia, são implementados em vários edifícios, cujo objetivo é obter conforto térmico.

Este trabalho cingiu-se a edifícios hoteleiros, por dois motivos principais, o facto de haver uma exigência de conforto térmico por parte dos hóspedes instalados nas unidades hoteleiras e por a região algarvia ser caracteristicamente turística.

Foram alvo de estudo quatro unidades hoteleiras: dois hotéis (uma unidade de 3 estrelas e uma unidade de 4 estrelas) situados no município de Faro e, dois hotéis (uma unidade de 3 estrelas e uma unidade de 4 estrelas) no município de Albufeira.

Para a obtenção dos dados, foi efetuado um inquérito aos hóspedes das quatro unidades hoteleiras, realizadas medições de ruído nos quartos em situação desfavorável e favorável à propagação de ruído e verificou-se quais os equipamentos que transmitiam vibração para a estrutura do edifício.

Palavras Chave: Ruído, Vibração, Edifícios, Climatização.

Abstract

Nowadays, HVAC systems are being implemented in buildings with the purpose of providing thermic comfort.

This paper is mainly focused in hotels because of two big major reasons. One of them is that these structures need this equipment in order to satisfy their customers. Another one is that the Algarve region is characteristically touristic.

The objects of study of this paper were four hotels: two from Faro (one with three stars and the other with four stars) and two from Albufeira (one with three stars and another with four stars).

In order to collect data there were made surveys to the customers from the four hotel units, sound measurements in rooms that had good and bad sound propagation and it was checked which equipment caused the vibration that affected the building.

Key words: Noise, Vibration, Buildings, HVAC Equipment

Índice

1. Introdução.....	12
1.1 Motivação.....	12
1.2 Objetivos	12
2. Ruído e vibração em equipamentos de climatização.....	14
2.1 Vias de transmissão.....	14
2.2 Comparação entre boa e má instalação dos equipamentos de climatização.....	15
3. Som.....	19
3.1 Ouvido humano.....	19
3.2 Banda de Frequência.....	20
3.3 Nível sonoro	22
3.4 Equipamento de medição	22
3.5 Procedimento de medição	24
3.6 Níveis sonoros recomendados	24
4. Vibração	26
4.1 Isolamento de vibração	27
4.2 Identificação das vibrações através do ruído.....	27
5. Medição e análise.....	29
5.1 Unidade hoteleira A	31
5.2 Unidade hoteleira B	38
5.3 Unidade hoteleira C.....	44
5.4 Unidade hoteleira D	52
6. Conclusões.....	60
7. Bibliografia	62

Figuras

Figura 1 – Diferentes vias de transmissão sonora [5].	14
Figura 2 – Exemplo de uma sala técnica com uma unidade de tratamento de ar com problemas em acústica [4].	15
Figura 3 – Exemplo de uma sala técnica com uma unidade de tratamento de ar com soluções em acústica [4].	17
Figura 4 – Propagação da onda sonora [6].....	19
Figura 5 – Designação do som, no domínio da frequência [5].....	20
Figura 6 – Padrão de perda de audição com a evolução da idade [5].	20
Figura 7 – Escala sonora de tipos de sensações auditivas [5].	22
Figura 8 – Equipamento de medição utilizado na realização das medições (sonómetro).....	23
Figura 9 – Microfone capacitivo típico [6].....	23
Figura 10 - Faixas de frequência das fontes mais prováveis de queixas comuns em acústica [3].	28
Figura 11 – Difusor localizado por cima da porta, sonómetro e equipamento no exterior.	31
Figura 12 – Imagem retirada do Google Earth da unidade hoteleira A, com localização do equipamento exterior e localização dos quartos onde foram realizadas as medições.	32
Figura 13 – Apoio do equipamento de climatização.....	37
Figura 14 – Apoio da tubagem de climatização.	37
Figura 15 – Unidade interior e exterior de climatização e sonómetro.	38
Figura 16 – Imagem retirada do Google Earth da unidade hoteleira B, com localização dos equipamentos exteriores e localização dos quartos onde foram realizadas as medições.	39
Figura 17 – Apoios anti vibráteis instalados nas unidades exteriores de climatização.	43
Figura 18 – Difusor localizado por cima da porta, sonómetro e unidade interior de climatização e chiller.....	44
Figura 19 – Imagem retirada do Google Earth da unidade hoteleira C, com localização do equipamento exterior e localização dos quartos onde foram realizadas as medições.	45
Figura 20 – Apoio do chiller.....	51
Figura 21 – Difusor localizado por cima da porta e sonómetro, unidade exterior e controlo....	52
Figura 22 – Imagem retirada do Google Earth da unidade hoteleira D, com localização dos equipamentos exteriores e localização dos quartos onde foram realizadas as medições.	53
Figura 23 – Apoio anti vibrátil.	59

Quadros

Quadro 1 – Resultados às questões do inquérito.	30
--	----

Gráficos

Gráfico 1 – Espectro na banda de um terço de oitava com uma característica tonal aos 40 Hz. 21	
Gráfico 2 – Ruído residual, $L_{eq}=24$ dB(A).	33
Gráfico 3 – Ruído ambiente, apenas equipamento exterior em modo de arranque, $L_{Ar}=46$ dB(A).	33
Gráfico 4 – Ruído ambiente, Equipamento exterior em funcionamento normal, $L_{Ar}=28$ dB(A). 34	
Gráfico 5 – Ruído ambiente, Equipamento exterior em funcionamento normal e insuflação de ar no quarto, $L_{Ar}=53$ dB(A).	34
Gráfico 6 – Ruído residual, $L_{eq}=24$ dB(A).	35
Gráfico 7 – Ruído ambiente, Equipamento exterior em funcionamento normal e insuflação de ar no quarto, $L_{Ar}=42$ dB(A).	35
Gráfico 8 – Ruído residual, $L_{eq}=30$ dB(A).	39
Gráfico 9 – Ruído ambiente, Unidade exterior em funcionamento e unidade interior com velocidade ar máximo, $L_{Ar}=43$ dB(A)	40
Gráfico 10 – Ruído ambiente, Unidade exterior em funcionamento e unidade interior com velocidade ar mínima, $L_{Ar}=42$ dB(A)	40
Gráfico 11 – Ruído residual, $L_{eq}=25$ dB(A)	41
Gráfico 12 – Ruído ambiente, Unidade exterior em funcionamento e unidade interior com velocidade ar máximo, $L_{Ar}=42$ dB(A)	41
Gráfico 13 – Ruído ambiente, Unidade exterior em funcionamento e unidade interior com velocidade ar mínimo, $L_{Ar}=40$ dB(A)	42
Gráfico 14 – Ruído residual, $L_{eq}=42$ dB(A)	46
Gráfico 15 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar máxima, $L_{Ar}=52$ dB(A)	46
Gráfico 16 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar média, $L_{Ar}=51$ dB(A)	47
Gráfico 17 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar mínima, $L_{Ar}=49$ dB(A)	47
Gráfico 18 – Ruído ambiente, Funcionamento normal do chiller, $L_{Ar}=43$ dB(A)	48
Gráfico 19 – Ruído ambiente, Funcionamento do chiller em modo de arranque, $L_{Ar}=66$ dB(A) 48	
Gráfico 20 – Ruído residual, $L_{eq}=42$ dB(A)	49
Gráfico 21 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar máxima, $L_{Ar}=47$ dB(A)	49
Gráfico 22 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar mínima, $L_{Ar}=44$ dB(A)	50
Gráfico 23 – Ruído residual, $L_{eq}=24$ dB(A)	54
Gráfico 24 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar mínima, $L_{Ar}=36$ dB(A)	54
Gráfico 25 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar média, $L_{Ar}=44$ dB(A)	55
Gráfico 26 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar máxima, $L_{Ar}=45$ dB(A)	55
Gráfico 27 – Ruído ambiente, apenas equipamento exterior em modo normal, $L_{Ar}=35$ dB(A)..	56
Gráfico 28 – Ruído residual, $L_{eq}=22$ dB(A)	56

Gráfico 29 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar mínima, $L_{Ar}=36$ dB(A).....	57
Gráfico 30 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar média, $L_{Ar}=48$ dB(A).....	57
Gráfico 31 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar máxima, $L_{Ar}=51$ dB(A)	58

Apêndice

A1 - Inquérito em português

A2 - Inquérito em inglês

Lista de símbolos

$L_{Ar,nT}$ – Nível de avaliação, padronizado do ruído particular.

$L_{A,eq}$ – Nível sonoro contínuo equivalente ponderado [dB(A)].

K_1 – Correção de $L_{A,eq}$ para contabilização das características tonais do ruído.

1. Introdução

1.1 Motivação

A região do algarve é escolhida como local de férias por muitos portugueses e estrangeiros que são acolhidos nas várias unidades hoteleiras da região, que oferecem o que têm de melhor e procuram da melhor maneira satisfazer os seus clientes. Todas estas unidades hoteleiras possuem sistemas de ar condicionado de forma a oferecer o melhor conforto térmico, contudo os equipamentos de ar condicionado instalados nos hotéis são normalmente grandes máquinas de climatização. Ao procurar dar a melhor resposta ao conforto térmico deverá haver também uma maior preocupação na prevenção do ruído e vibrações pois caso não haja uma adequada instalação dos equipamentos e uma posterior manutenção irão surgir problemas de incomodidade por parte dos hóspedes, devido ao ruído e vibrações transmitidas pelos equipamentos de ar condicionado. O que os hotéis ganham ao oferecer um bom conforto térmico aos hóspedes podem perder se não oferecerem da mesma forma um bom conforto acústico.

1.2 Objetivos

A tese tem como objetivo verificar quais os níveis sonoros registados no interior dos quartos das unidades hoteleiras. O quarto é o espaço escolhido para a realização das medições de ruído por ser o local procurado pelos hóspedes para descansar e por também existirem exigências para este espaço de acordo com a regulamentação portuguesa em vigor [1].

Como as unidades hoteleiras têm muitos quartos e pretende-se ter uma noção dos níveis sonoros em quatro unidades hoteleiras distintas e de diferente classificação (três e quarto estrelas) apenas serão selecionados os quartos que se encontram em situação favorável à propagação de ruído (quarto mais próximo dos grandes equipamentos de climatização) e escolhido outro quarto em situação desfavorável à

propagação do ruído (quarto situado em situação mais distante dos grandes equipamentos de climatização).

Desta forma, com este trabalho, pretende-se verificar o conforto acústico nas unidades hoteleiras de acordo com o inquérito realizado aos hóspedes e confrontar os resultados com as medições. De um modo geral pretende-se verificar e conhecer se são tomados os cuidados necessários relativamente à não propagação de ruído por parte dos equipamentos de climatização instalados, assim como as transmissões de vibração para a estrutura dos edifícios em forma de ruído estrutural.

2. Ruído e vibração em equipamentos de climatização

Os equipamentos de climatização e a sua potência ao longo dos anos têm aumentado. Esta situação conduz a existência de grandes equipamentos de climatização que ao serem instalados deveram de obedecer a certos cuidados, principalmente na escolha do local de implementação bem como a exigência de maior qualidade de instalação.

2.1 Vias de transmissão

De forma a identificar as vias de transmissão do ruído dos equipamentos de climatização far-se-á uma análise à Figura 1.

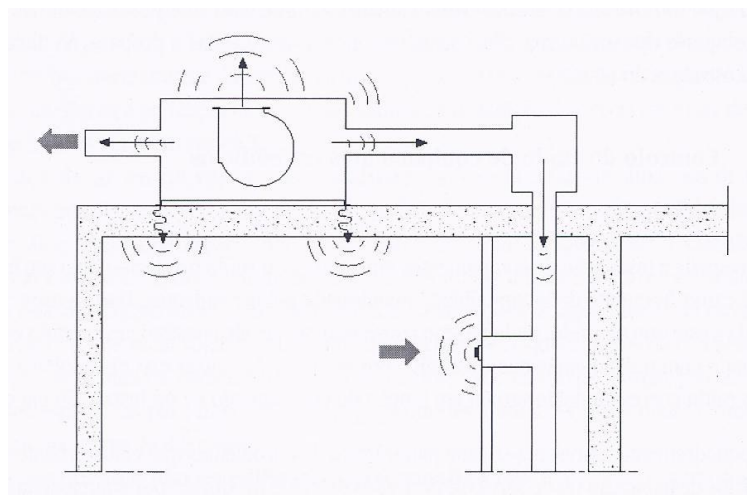


Figura 1 – Diferentes vias de transmissão sonora [5].

Em análise à Figura 1 verifica-se um equipamento em funcionamento com varias situações de emissão de ruído que imitem ruído em duas formas distintas:

- Através do ruído aéreo (Via aérea) – transmissão de ruído através do funcionamento normal do equipamento e uma má instalação das condutas, difusores e respetivos acessórios onde o fluxo de ar a circular pela rede de condutas emite ruído aéreo;
- Através do ruído estrutural (Via sólida) – o equipamento em contacto com a estrutura (paredes, laje, pilares, etc...) transmite estímulos vibratórios que ao serem transmitidos para a estrutura cria o ruído estrutural.

2.2 Comparação entre boa e má instalação dos equipamentos de climatização

Nas imagens seguintes apresenta-se um exemplo de uma sala técnica com uma unidade de tratamento de ar com problemas de isolamento a sons aéreos e de vibração e na outra a solução a aplicar de forma a melhorar o ruído e a vibração.

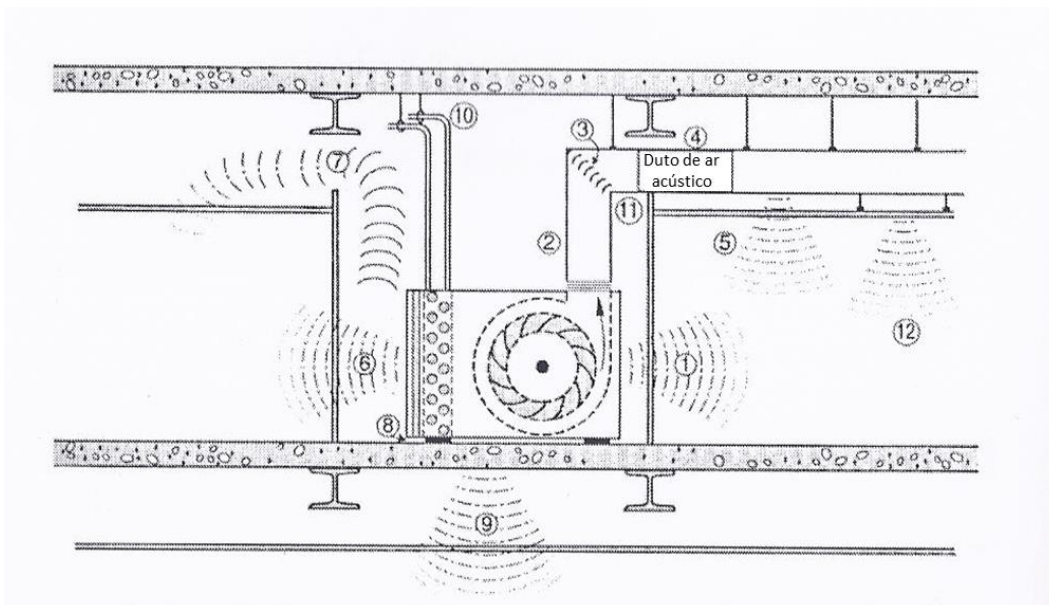


Figura 2 – Exemplo de uma sala técnica com uma unidade de tratamento de ar com problemas em acústica [4].

- 1- A parede tem pouco isolamento e encontra-se muito próxima do equipamento.
- 2- A rotação da corrente de ar ao sair do ventilador é forçada a mudar de sentido na zona do cotovelo, podendo produzir uma grande perda de pressão e produção de ruído.
- 3- Agravando o problema 2 o cotovelo não é curvo para ajudar a passagem do fluxo de ar.
- 4- O duto acústico encontra-se em contacto com a estrutura o que danifica o mesmo e impede de realizar a sua função.
- 5- Conduas retangulares têm tendência a produzir ruído pela turbulência do fluxo de ar.
- 6- A entrada de ar está muito próxima da parede o que causa dois problemas acústicos: exposição direta de ruído para a parede e problemas de picos de falta de ar produzindo também ruído.
- 7- Falta da instalação de um silenciador na entrada do ar ambiente.
- 8- A unidade de tratamento de ar está apoiada em borrachas finas e muito duras o que não é adequado para evitar as vibrações.
- 9- A unidade de tratamento de ar está apoiada sobre uma laje com pouco suporte estrutural o que permite a transmissão de vibração.
- 10- A tubagem é fixa rigidamente ao teto permitindo uma transmissão de vibração.
- 11- O silenciador da condua está muito próximo da estrutura o que poderá transmitir vibração.
- 12- A condua tem apoios ligados ao teto o que facilita a transmissão de ruído.

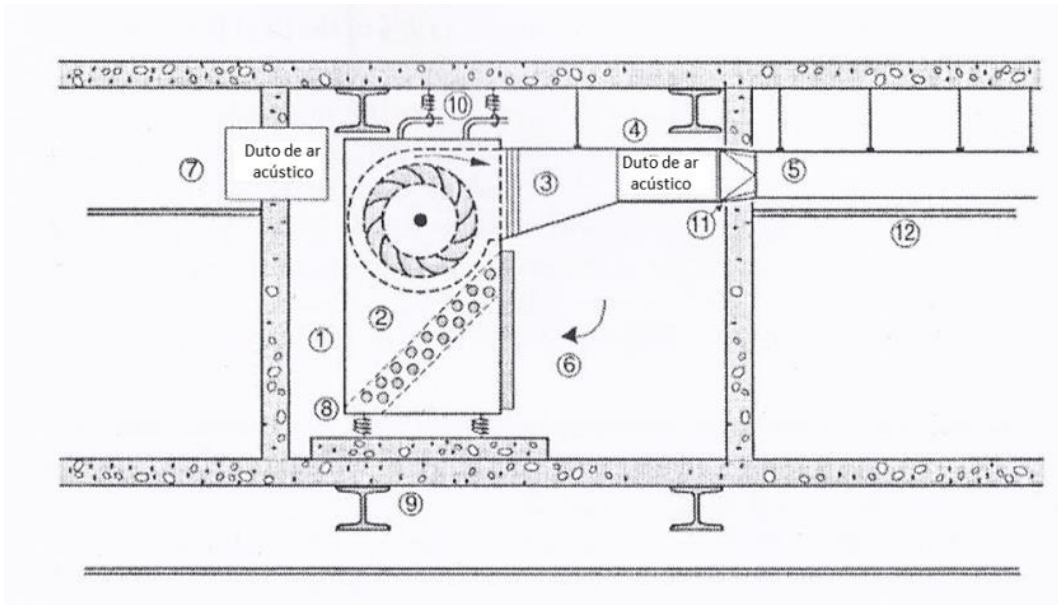


Figura 3 – Exemplo de uma sala técnica com uma unidade de tratamento de ar com soluções em acústica [4].

- 1- Existir um espaçamento mínimo de 600 mm entre a unidade de tratamento de ar e a parede. Uma parede em alvenaria oferece um bom isolamento a baixas transferências.
- 2- A utilização de uma unidade de tratamento de ar horizontal reduz a turbulência do fluxo de ar.
- 3- Estreitamento gradual da conduta.
- 4- O duto acústico não se encontra em contacto com a estrutura e encontra-se bem localizado a uma distância razoável como forma de evitar o ruído devido à turbulência.
- 5- A instalação de condutas circulares ajuda no controlo da transmissão do ruído a baixas frequências.
- 6- É dado espaço suficiente, longe da parede, para evitar a turbulência na entrada de ar.
- 7- Instalação de silenciador do ar ambiente.
- 8- A unidade de tratamento de ar está montada sobre um apoio da estrutura e tem apoios anti vibráticos de molas de aço, bons isoladores de vibração.
- 9- Foi montada uma laje por baixo da unidade de tratamento de ar de forma a haver uma maior espessura.
- 10- A tubagem é fixa ao teto com isoladores de vibração.

11- A conduta não toca na estrutura e numa envolvente de 13 mm é implementado um vedante não endurecido.

12- A conduta não tem apoios ligados ao teto evitando a transmissão de ruído.

3. Som

O som é gerado pela variação da pressão ou da velocidade das moléculas.

É uma forma de energia que é transmitida pela colisão das moléculas, umas contra as outras sucessivamente. Portanto, o som pode ser representado por uma série de compressões e rarefações do meio em que se propaga, a partir da fonte sonora [6].

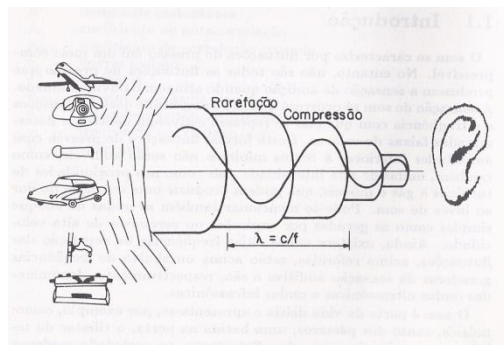


Figura 4 – Propagação da onda sonora [6].

O som está presente na nossa vida diária e até é algo que nos trás prazer, como ouvir a nossa música preferida ou escutar a natureza. Nos dias de hoje os sons ao nosso redor cada vez se tornam mais desagradáveis e até indesejados, quando se tratam de sons afetos a uma via de tráfego rodoviário muito movimentada o som passa a ser chamado de ruído.

3.1 Ouvido humano

O ouvido humano é um sistema bastante sensível e tem maior sensibilidade nas médias e altas frequências do espectro do que nas baixas frequências e apercebe-se de variações de pressão sonora para frequências situadas, em média, entre 20 Hz e 20 kHz [5].

De acordo com a Figura 5 a gama de frequência audível pelo ouvido humano é dividida em 3 intervalos: frequências graves, médias e altas.

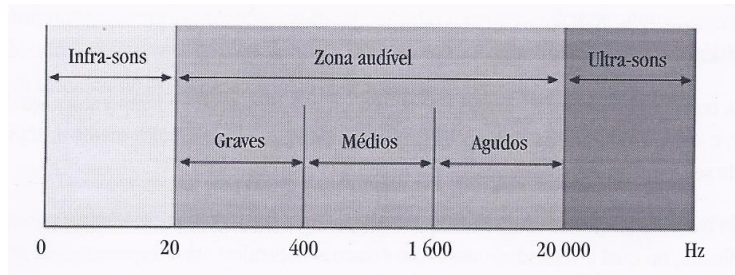


Figura 5 – Designação do som, no domínio da frequência [5].

De acordo com a Figura 6, podemos verificar que gama de frequência audível pelo ouvido humano é afetada de perdas auditivas devido a normal evolução da idade, com distinção entre homem e mulher.

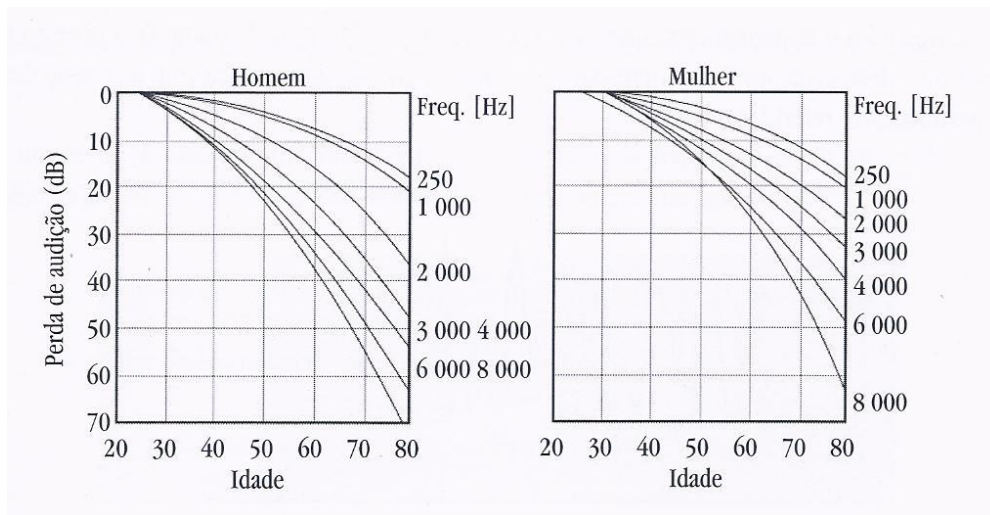


Figura 6 – Padrão de perda de audição com a evolução da idade [5].

3.2 Banda de Frequência

De forma a ser possível uma melhor análise dos níveis sonoros e de pressão sonora, a informação é tratada por bandas de frequência com uma largura pré-definida e normalizada. No domínio da acústica utiliza-se, por norma, bandas de frequência com a largura de uma oitava e de um terço de oitava [5], no Gráfico 1 é apresentado um espectro na banda de um terço de oitava.

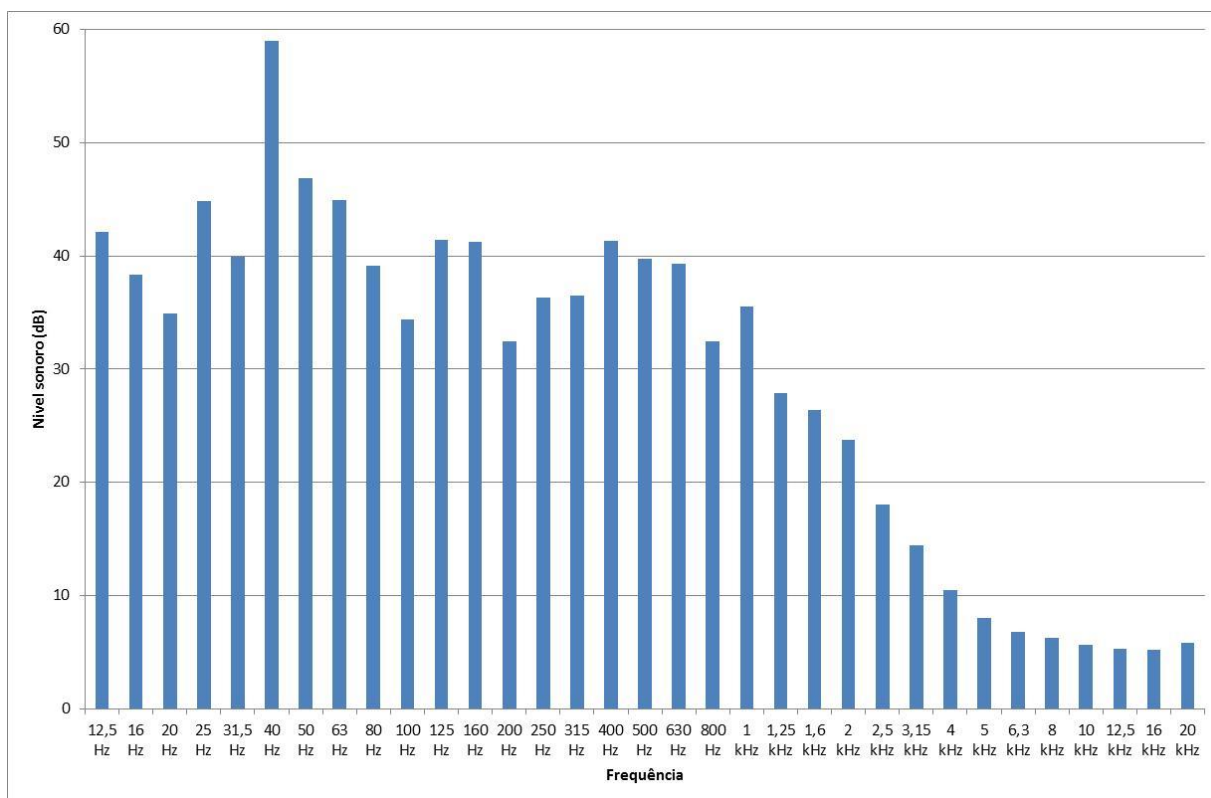


Gráfico 1 – Espectro na banda de um terço de oitava com uma característica tonal aos 40 Hz.

Ao analisar o espectro apresentado no Gráfico 1 verifica-se uma característica tonal aos 40 Hz, o método para detetar as características tonais do ruído dentro do intervalo de tempo de avaliação, consiste em verificar, no espectro de um terço de oitava, se o nível sonoro de uma banda excede o das adjacentes em 5 dB ou mais, caso em que o ruído deve ser considerado tonal.

O valor medido do L_{Aeq} do ruído ambiente terá de ser corrigido de acordo com as características tonais do ruído particular, passando a designar-se por nível de avaliação, L_{Ar} , aplicando a seguinte fórmula:

$$L_{Ar} = L_{Aeq} + K_1$$

em que K_1 é a correção tonal ($K_1 = 3 \text{ dB(A)}$) se for detetado que existem componentes tonais no ruído particular.

3.3 Nível sonoro

A unidade de medida do nível sonoro é o decibel (dB), sendo o valor da pressão integrada no domínio das bandas de frequência, contudo o mais corrente é apresentar os valores em dB(A) [5].

Na Figura 7 apresenta-se uma escala sonora onde é indicado o tipo de sensação humana ao longo da evolução dos níveis sonoros.

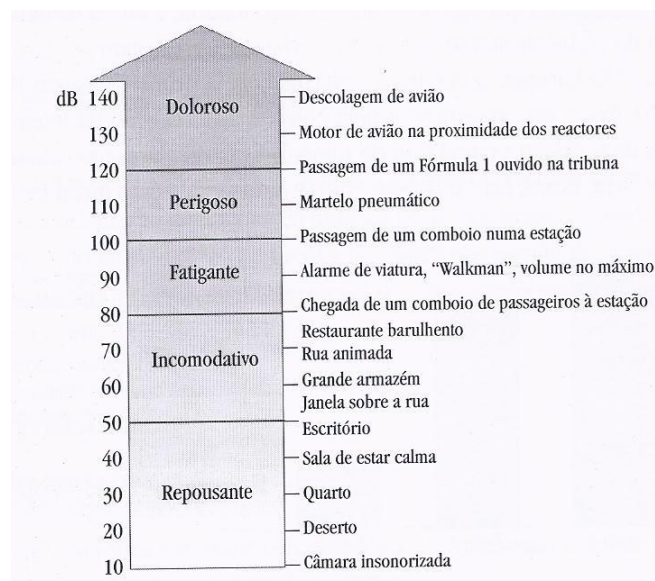


Figura 7 – Escala sonora de tipos de sensações auditivas [5].

3.4 Equipamento de medição

O equipamento utilizado para efetuar as medições de ruído foi um sonómetro de classe 1, o que de acordo com a normalização serve para utilização em laboratório e *in situ* quando o ambiente sonoro encontrado se encontra controlado [5].

O instrumento para a realização das medições foi disponibilizado pela entidade SCHIU, Engenharia de Vibração e Ruído, na Figura 8 mostra-se o equipamento utilizado.



Figura 8 – Equipamento de medição utilizado na realização das medições (sonómetro).

A finalidade do equipamento apresentado na Figura 8 é a de traduzir a pressão sonora em informação legível e facilmente utilizável, cujo processo é converter a grandeza física pressão acústica em sinal elétrico.

O microfone é o componente mais importante e mais dispendioso do sonómetro, o microfone instalado no equipamento usado para realização das medições de ruído do estudo é um microfone capacitivo constituído por um diafragma, placa rígida, isolamento equalização (vd. Figura 9).

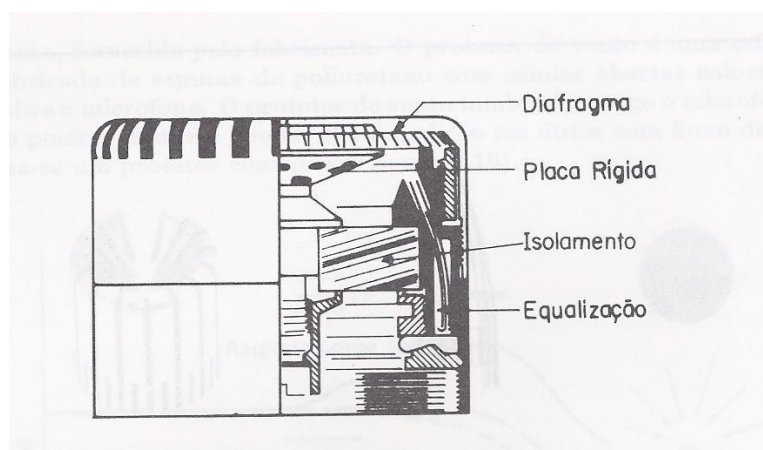


Figura 9 – Microfone capacitivo típico [6].

De acordo com a Figura 9 a pressão acústica incide no diafragma provocando uma variação de tensão que depois é transformado no sinal elétrico.

3.5 Procedimento de medição

As medições acústicas apresentadas no presente trabalho foram realizadas de acordo com a normalização aplicável, nomeadamente a NP ISO 1996-1:2011 [4].

Previamente ao início das medições, foi verificado o bom funcionamento do sonómetro, bem como os respetivos parâmetros de configuração.

No início e no final de cada série de medições procedeu-se à calibração do sonómetro. O valor obtido no final do conjunto de medições não diferiu do inicial mais do que 0,5 dB(A). Quando este desvio é excedido o conjunto de medições não é considerado válido e é repetido depois de identificado e devidamente corrigida a causa do desvio.

As medições foram realizadas com o equipamento montado num tripé, com o microfone a uma altura compreendida entre 1,2 m e 1,5 m acima do pavimento.

As unidades hoteleiras foram analisadas individualmente, contudo, o processo de escolha dos quartos foi o mesmo, um quarto cuja situação é a mais desfavorável à propagação de ruído e, outro, numa situação mais favorável à propagação de ruído.

Foram realizadas medições com os equipamentos de climatização desligados (Ruído residual) e com os equipamentos ligados (Ruído ambiente).

3.6 Níveis sonoros recomendados

Na pesquisa efetuada identificou-se apenas uma exigência legal que poderá ser aplicável no presente estudo, que é inserida no Regulamento dos Requisitos Acústicos Dos Edifícios (RRAE) [1], onde se verifica que os níveis sonoros no interior do quarto de uma unidade hoteleira, o nível de avaliação $L_{Ar,nT}$ do ruído particular dos equipamentos de climatização devem cumprir os seguintes limites legais:

- $L_{Ar,nT} \leq 32$ dB (A), se o funcionamento do equipamento for intermitente;
- $L_{Ar,nT} \leq 27$ dB (A), se o funcionamento do equipamento for contínuo;

Estas exigências são realizadas em fases de licenciamento da unidade hoteleira, contudo, verifica-se que ao longo da vida útil dos equipamentos de climatização estes são substituídos e por muitas vezes a manutenção não é a mais desejada, o que leva a uma alteração dos níveis sonoros verificados na primeira medição do $L_{Ar,nT}$.

De acordo com a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), os níveis sonoros no período noturno recomendados para evitar distúrbios no sono, o ruído ambiente no interior dos quartos não deve exceder os 30 dB (A), L_{Aeq} , noite [2].

O período noturno tem uma especial atenção e uma maior exigência devido ao facto de ser o tempo onde a maior parte da população repousa, o que se aplica, primordialmente, aos quartos de dormir dos hóspedes, logo, ao usufruir de um dia de férias ou de trabalho todos procuram uma noite de tranquilidade.

O ruído influencia negativamente o sono de três formas diferentes, evidenciadas de maior ou menor grau, segundo particularidades individuais, a partir dos 30 dB(A):

- Mediante a dificuldade ou impossibilidade de dormir;
- Causando interrupções no sono, que sendo repetidas podem levar a insónias e a partir dos 45 dB(A) a probabilidade de despertar é grande;
- Diminuição da qualidade do sono, sendo este menos tranquilo e acordar nas fases mais profundas pode provocar aumento da pressão arterial e do ritmo cardíaco.

Numa pesquisa efetuada encontraram-se outras recomendações [3] [5] onde os níveis sonoros não são tão exigentes e os níveis sonoros no interior do quarto poderiam variar entre os seguintes valores:

- Entre 30 e 40 dB(A) [3]
- Entre 35 e 45 dB(A) [5]

Resumindo nota-se que de acordo com a legislação e recomendações, os níveis sonoros máximos no interior dos quartos das unidades hoteleiras não devem exceder os 45 dB(A), limite onde a probabilidade de despertar é elevado e onde a partir dos 30 dB(A) podem surgir perturbações no sono.

4. Vibração

A vibração é o movimento de um ponto ou sistema oscilando em torno de uma posição de referência.

O número de vezes que um ciclo do movimento se completa no período de 1 segundo é chamado de Frequência, sendo medido em hertz (Hz).

Os efeitos das vibrações podem qualificar-se em três grupos:

- Incomodidade para as pessoas;
- Danos nos edifícios, em particular nos edifícios e monumentos antigos;
- Mau funcionamento de equipamentos sensíveis em hospitais, em laboratórios técnicos e científicos e até habitação.

A incomodidade para as pessoas pode ainda subdividir-se em quatro graus:

- Nociva para saúde, envolvendo geralmente ferramentas vibratórias;
- Inconveniente ou impeditiva da realização normal de trabalho, envolvendo geralmente ferramentas vibratórias ou equipamentos moveis;
- Excessiva, eventualmente tolerável em situações transitórias, por exemplo, durante uma viagem, ou provocada por obras limitadas no tempo;
- Sensível, no sossego da habitação ou outros locais de lazer e repouso.

4.1 Isolamento de vibração

A vibração excessiva pode ser evitada fundamentalmente dos seguintes modos:

- Dessintonizando da solicitação o sistema vibrante,
 - alterando-lhe as frequências próprias, variando-lhe a massa ou a rigidez;
 - ou alterando a frequência da solicitação;
 - ou evitando que esta permaneça tempo significativo com as frequência próxima das frequências próprias do sistema.
- Introduzindo amortecimento no sistema.
- Reduzindo a transmissão da solicitação ao sistema, através de isoladores.
- Neutralizando a solicitação, pela introdução de uma outra, tanto quanto possível igual e de sinal contrario.

4.2 Identificação das vibrações através do ruído

Os equipamentos de climatização no seu normal funcionamento produzem vibração contudo essa vibração não deverá ser transmitida para a estrutura do edifício. A vibração ao passar para a estrutura dissipa-se em ruído estrutural que aquando das medições de ruído e após análise do espectro conseguimos identificar a transmissão da vibração. De acordo com a Figura 10 as vibrações transmitidas pelos equipamentos de climatização variam entre os 16 Hz e 125 Hz onde no recetor (quarto) é perceptível um ronco e entre os 125 Hz e 500Hz onde é perceptível um zumbido no recetor (quarto), contudo existe a dificuldade de identificar claramente estas fontes pelo que deverá ser tomado em atenção que não houve influência de outros equipamentos como o caso de um elevador.

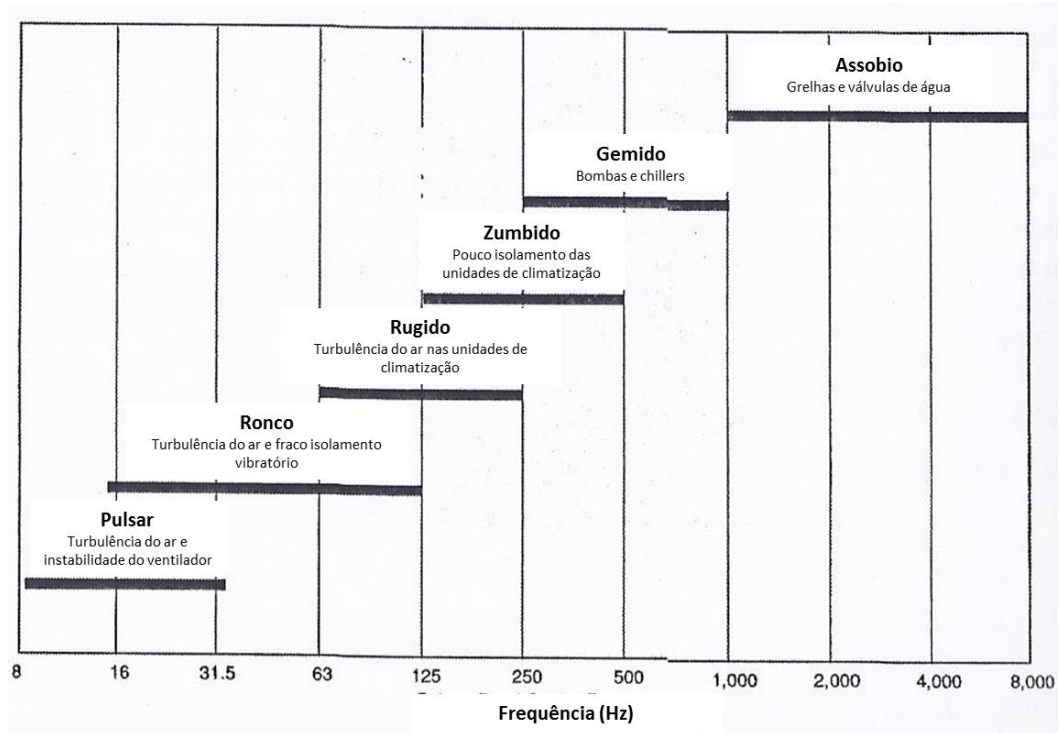


Figura 10 - Faixas de frequência das fontes mais prováveis de queixas comuns em acústica [3].

5. Medição e análise

Foram realizadas medições em quatro unidades hoteleiras onde no presente capítulo será explicitado qual o sistema de climatização implementado em cada unidade, análise dos níveis sonoros medidos e a verificação de transmissão de vibração por parte dos equipamentos.

Para cada unidade além de serem efetuadas as medições de ruído foi elaborado um inquérito, que se encontra em apêndice (A1 e A2), em duas línguas (português e inglês) que foi o único meio permitido pelas unidades hoteleiras de entrar em contato com os hóspedes. Como o caso em estudo é sensível e põe em questão a qualidade das unidades hoteleiras foi pedido pelos responsáveis das mesmas unidades que o seu nome não será exposto neste projeto de estudo.

Uma das maiores dificuldades do presente projeto foi conseguir o apoio de 4 unidades hoteleiras, outra grande dificuldade foi conseguir uma boa amostra de inquéritos. As 4 unidades hoteleiras juntas possuem 516 quartos onde durante 1 mês apenas foi possível recolher 103 inquéritos pelo que a opção tomada foi verificar qual a importância dada ao ruído pelos hóspedes independentemente de qual a unidade hoteleira em que ficaram hospedados.

No universo dos inquéritos recolhidos, nas quatro unidades hoteleiras, verificou-se que 58% dos inquiridos são do sexo masculino e 42% do sexo feminino e que as idades variavam entre os 19 e os 73 anos, o que representa um excelente leque da faixa etária onde a sensibilidade ao ruído é um fator importante porque um jovem tem uma maior capacidade auditiva do que um idoso.

Quadro 1 – Resultados às questões do inquérito.

Questões→ Resposta ↓	Quando escolhe um hotel é com o objetivo de encontrar um local calmo e sossegado?	Qual a importância que dá ao ambiente sonoro de uma unidade Hoteleira?	Se um hotel tiver um ambiente sonoro perturbador voltaria a fazer uma reserva no mesmo hotel?	Qual a percepção que teve sobre a qualidade do ambiente sonoro da unidade hoteleira?	Houve algum ruído que lhe causou algum desconforto durante a sua estadia?	Durante a estadia conseguiu ter uma boa qualidade de sono?
Sim	100%	-	5%	-	16%	84%
Não	0%	-	53%	-	84%	16%
Talvez	-	-	42%	-	-	-
Muito importante	-	53%	-	-	-	-
Importante	-	47%	-	-	-	-
Pouco importante	-	0%	-	-	-	-
Nada importante	-	0%	-	-	-	-
Muito boa	-	-	-	26%	-	-
Boa	-	-	-	58%	-	-
Razoável	-	-	-	16%	-	-
Má	-	-	-	-	-	-

De acordo com os dados apresentados na Quadro 1 verificou-se que todos os hóspedes, antes de escolherem a unidade hoteleira onde irão passar as suas férias ou só para descansarem após um dia de trabalho, procuram uma unidade hoteleira onde seja privilegiada a calma e o sossego. Assim, a apreciação do ambiente sonoro tem uma classificação de importante a muito importante, pelo que se o ambiente sonoro encontrado na unidade for perturbador mais de 50% dos hóspedes não volta a efetuar uma reserva na mesma unidade hoteleira.

Relativamente à percepção do ambiente sonoro das unidades em estudo verificou-se uma boa qualidade do ambiente sonoro, contudo, uma pequena percentagem de hóspedes sentiu desconforto acústico no período noturno, momento com maior sensibilidade onde os hóspedes procuram descansar e alguns não conseguiram uma boa qualidade de sono, indicando, como principais fontes perturbadoras o tráfego rodoviário, equipamentos de ar condicionado e a recolha de lixo no exterior.

Quanto à última questão do inquérito obteve-se apenas uma resposta de um hóspede que recomenda uma boa e periódica manutenção dos equipamentos de climatização.

5.1 Unidade hoteleira A

A unidade hoteleira A, é um edificio de 4 pisos equipado com um sistema centralizado de ar condicionado, a unidade exterior de climatização encontra-se no terraço onde o ar é tratado e levado pelas condutas até aos difusores espalhados pelo hotel e no presente caso com maior importância até aos quartos. Nos quartos, a insuflação de ar não é controlada pelos hóspedes quer na velocidade e na temperatura de insuflação do ar apenas existe um controlo instalado na parede com a função ON/OFF. Apresenta-se de seguida as figuras do local de medição:



Figura 11 – Difusor localizado por cima da porta, sonómetro e equipamento no exterior.

De forma a localizar os quartos e o equipamento exterior apresenta-se na Figura 12 uma imagem retirada do Google Earth da unidade hoteleira A, onde a azul se identifica o equipamento de climatização exterior situado no terraço do Hotel e a vermelho o quarto localizado na situação mais favorável à propagação de ruído que se encontra no quarto piso mesmo por baixo do equipamento. A verde localiza-se o quarto na situação mais desfavorável à propagação de ruído situado no primeiro piso do Hotel.



Figura 12 – Imagem retirada do Google Earth da unidade hoteleira A, com localização do equipamento exterior e localização dos quartos onde foram realizadas as medições.

As situações analisadas foram as seguintes:

- Quarto localizado na situação mais favorável à propagação de ruído:

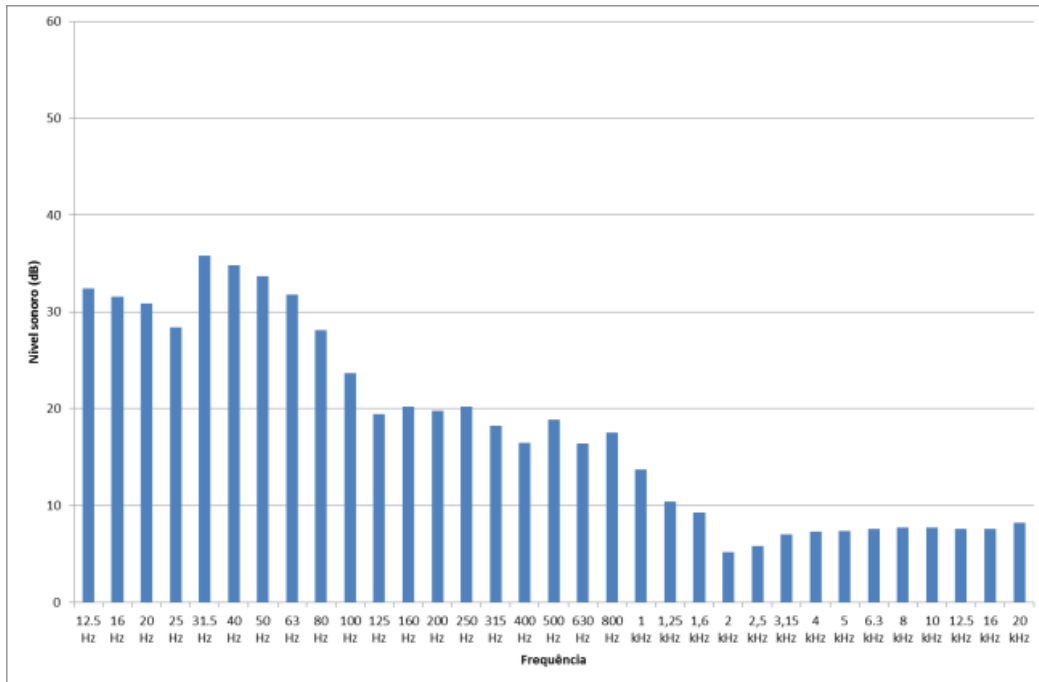


Gráfico 2 – Ruído residual, $L_{eq}=24$ dB(A).

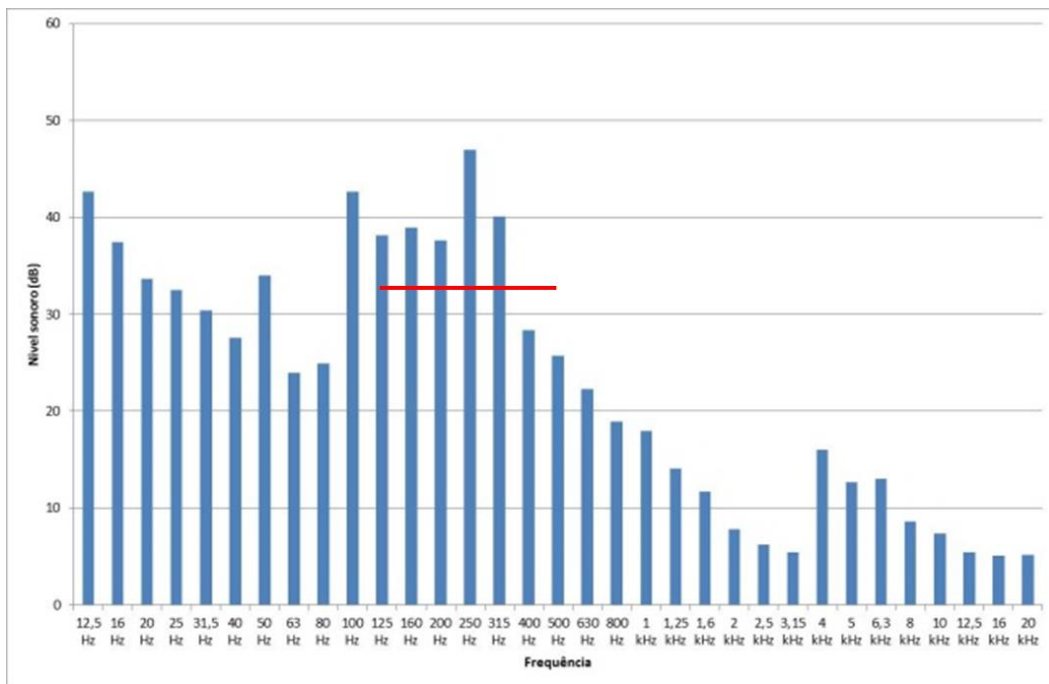


Gráfico 3 – Ruído ambiente, apenas equipamento exterior em modo de arranque, $L_{Ar}=46$ dB(A).

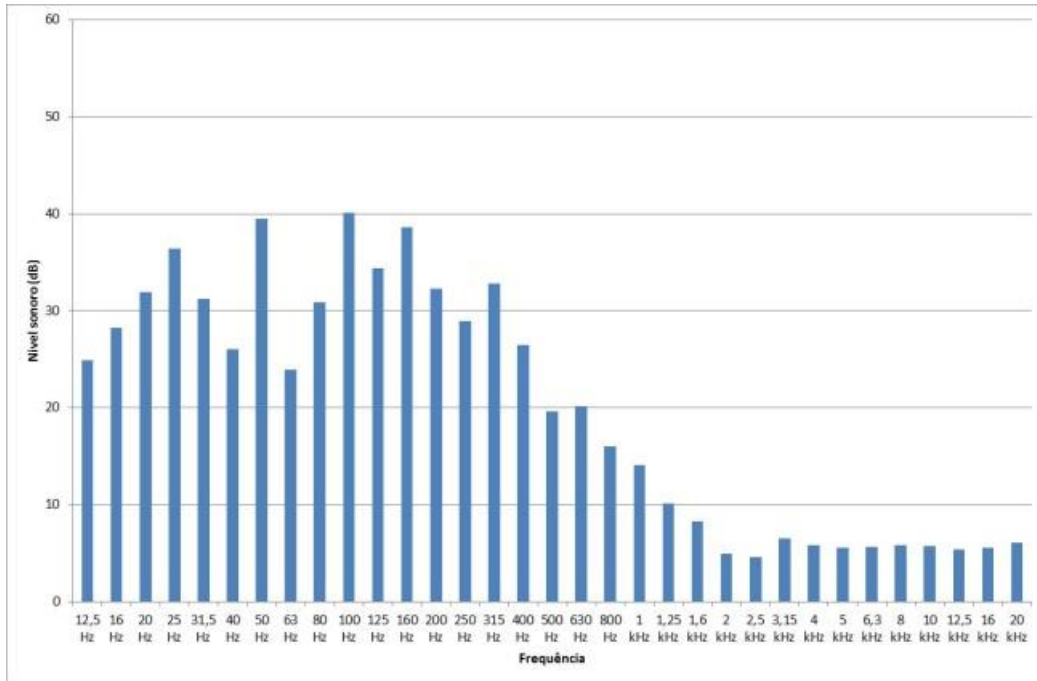


Gráfico 4 – Ruído ambiente, Equipamento exterior em funcionamento normal, $L_{Ar}=28$ dB(A).

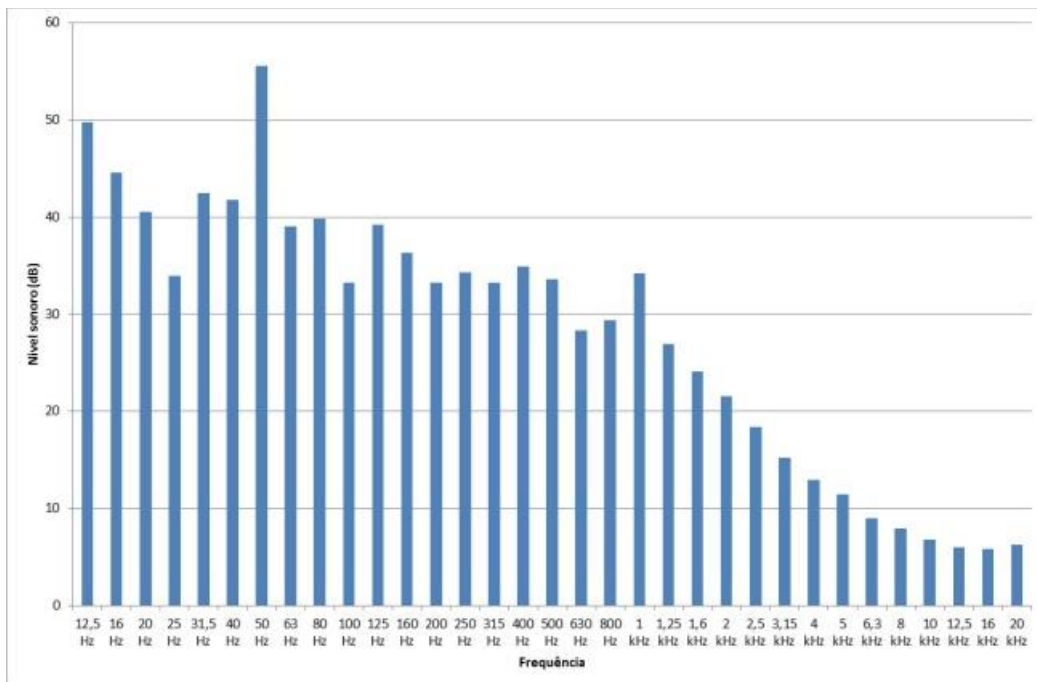


Gráfico 5 – Ruído ambiente, Equipamento exterior em funcionamento normal e insuflação de ar no quarto, $L_{Ar}=53$ dB(A).

- Quarto localizado na situação mais desfavorável à propagação de ruído:

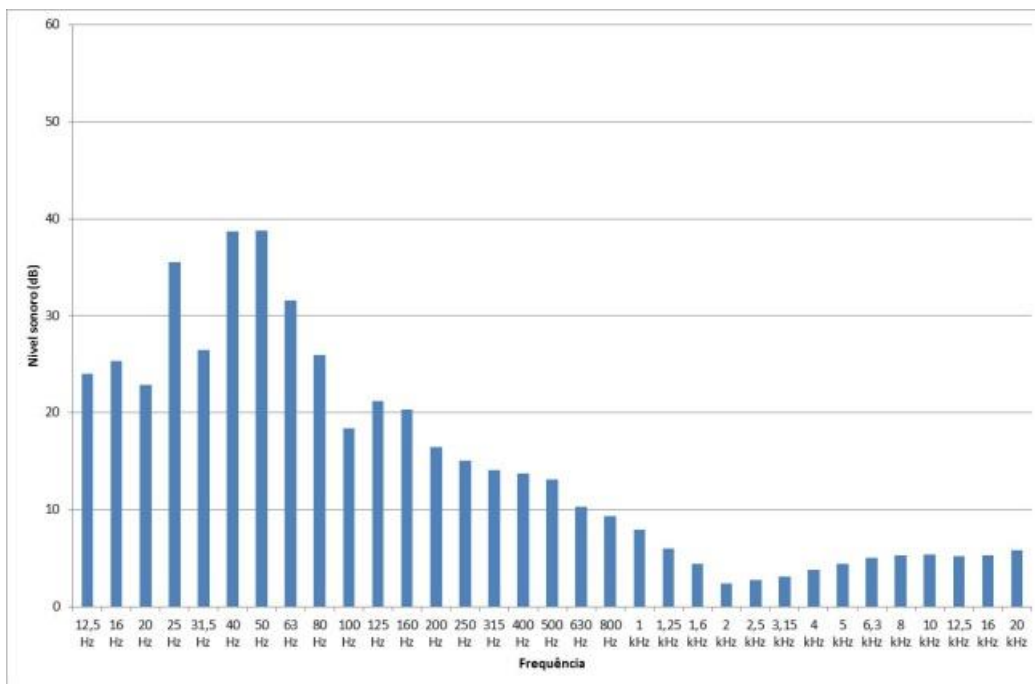


Gráfico 6 – Ruído residual, $L_{eq}=24$ dB(A).

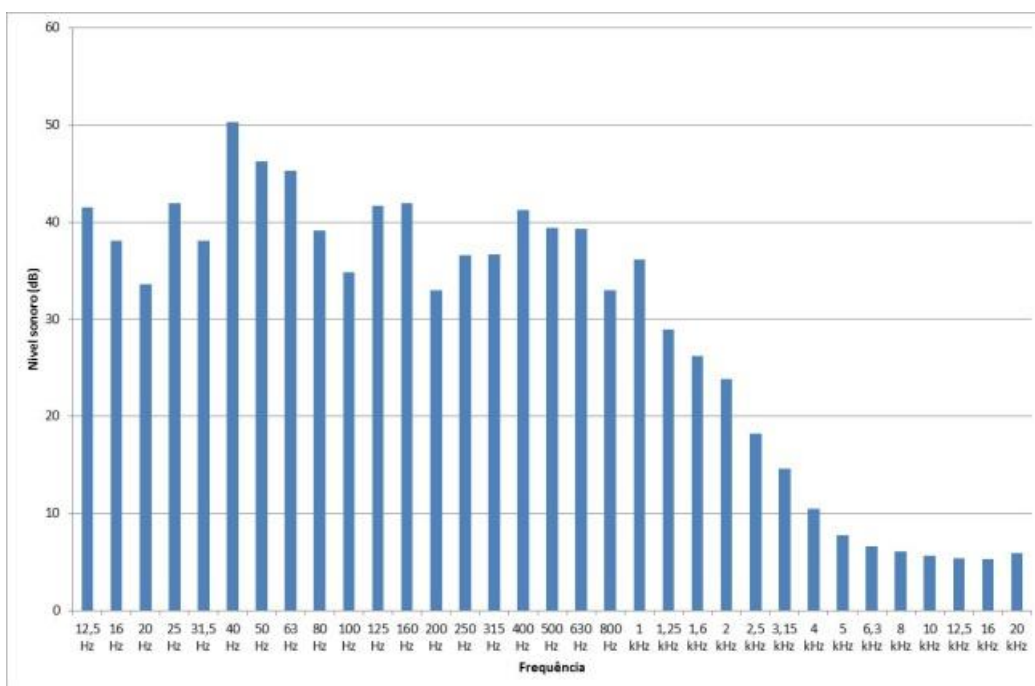


Gráfico 7 – Ruído ambiente, Equipamento exterior em funcionamento normal e insuflação de ar no quarto, $L_{Ar}=42$ dB(A).

Após análise aos níveis sonoros registados na unidade hoteleira A verifica-se:

- Um bom nível sonoro de ambiente residual igual a 24 dB(A) (Gráfico 2 e Gráfico 6) para os 2 quartos em estudos, o que representa um bom ambiente sonoro no interior do hotel;
- Pouco isolamento entre a unidade exterior e o quarto em situação favorável a propagação de ruído. Sem o ruído da insuflação de ar verifica-se que o equipamento exterior em modo de arranque produz um nível sonoro no interior do quarto de 46 dB(A) (Gráfico 3), um nível sonoro não apropriado para o interior do quarto, dado ultrapassar o nível máximo recomendado de 45 dB(A) e um valor de 28 dB(A) (Gráfico 4) onde o equipamento exterior se encontra em funcionamento normal, valor aceitável no interior do quarto.
- A transmissão de ruído estrutural devido ao fraco isolamento vibratório do equipamento exterior, de acordo com o Gráfico 3 verifica-se uma centralização das bandas de frequência entre os 125Hz e 500 Hz características de fraco isolamento vibratório. De acordo com a Figura 13 conclui-se que o equipamento não está fixo diretamente ao apoio anti vibrátil nem fixo ao solo e são utilizadas várias tiras de borracha sobrepostas, não adequadas à função anti vibrátil apenas com a única preocupação que o equipamento não fique em contato direto com a estrutura. Na Figura 14 podemos também observar que não é tomado nenhum cuidado, em aplicar adequados apoios anti vibráteis nas condutas de ar.



Figura 13 – Apoio do equipamento de climatização.



Figura 14 – Apoio da tubagem de climatização.

- No quarto favorável a propagação de ruído em normal funcionamento do equipamento e a insuflação de ar produz um nível sonoro de 53 dB(A) (Gráfico 5) no interior do quarto, valor acima do recomendável.
- No quarto em situação desfavorável a propagação de ruído em normal funcionamento do equipamento e a insuflação de ar produz um nível sonoro de 42 dB(A) (Gráfico 7) no interior do quarto, valor recomendável.

5.2 Unidade hoteleira B

A unidade hoteleira B, é um edifício de 5 pisos equipado com um sistema unitário para cada quarto (sistema "Split") com uma unidade interior e outra exterior. As medições foram realizadas em situação de velocidade de ar máxima e mínima. Apresenta-se de seguida as figuras do local de medição:



Figura 15 – Unidade interior e exterior de climatização e sonómetro.

De forma a localizar os quartos e os equipamentos exteriores apresenta-se na Figura 16 uma imagem retirada do Google Earth da unidade hoteleira B, onde a azul se identifica as fachadas onde estão instalados os equipamentos exteriores de climatização, a vermelho o quarto localizado na situação mais favorável à propagação de ruído pelo fato de estar sujeito a uma maior afetação do tráfego rodoviário e a verde fica localizado o quarto na situação mais desfavorável à propagação de ruído localizado no lado contrário à via de tráfego rodoviário.



Figura 16 – Imagem retirada do Google Earth da unidade hoteleira B, com localização dos equipamentos exteriores e localização dos quartos onde foram realizadas as medições.

As situações analisadas foram as seguintes:

- Quarto localizado na situação mais favorável à propagação de ruído:

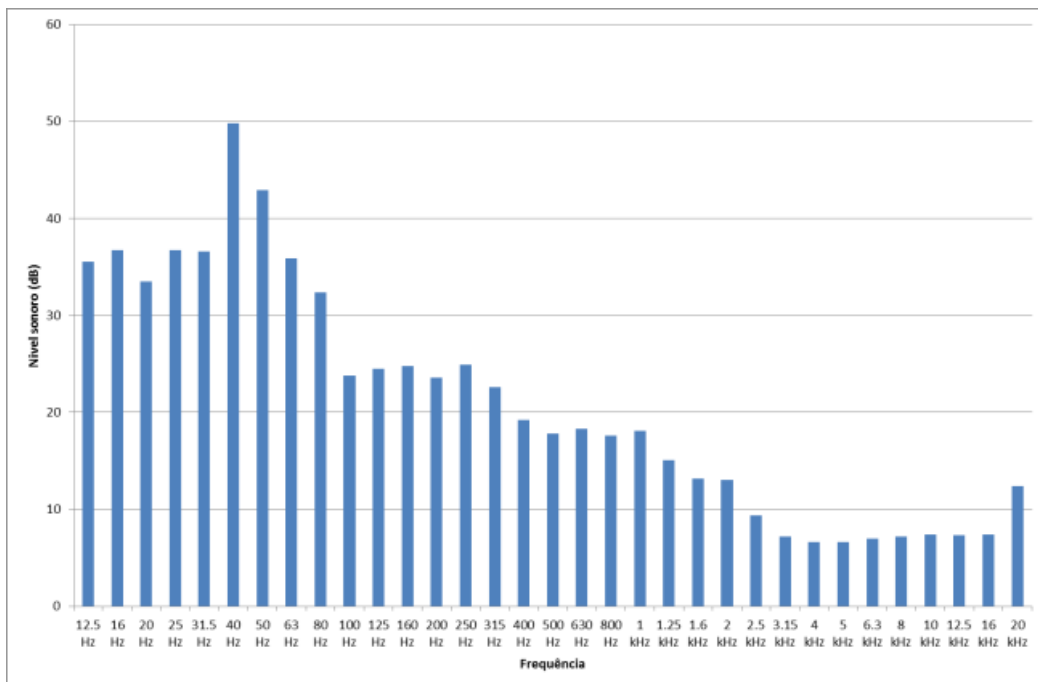


Gráfico 8 – Ruído residual, Leq=30 dB(A)

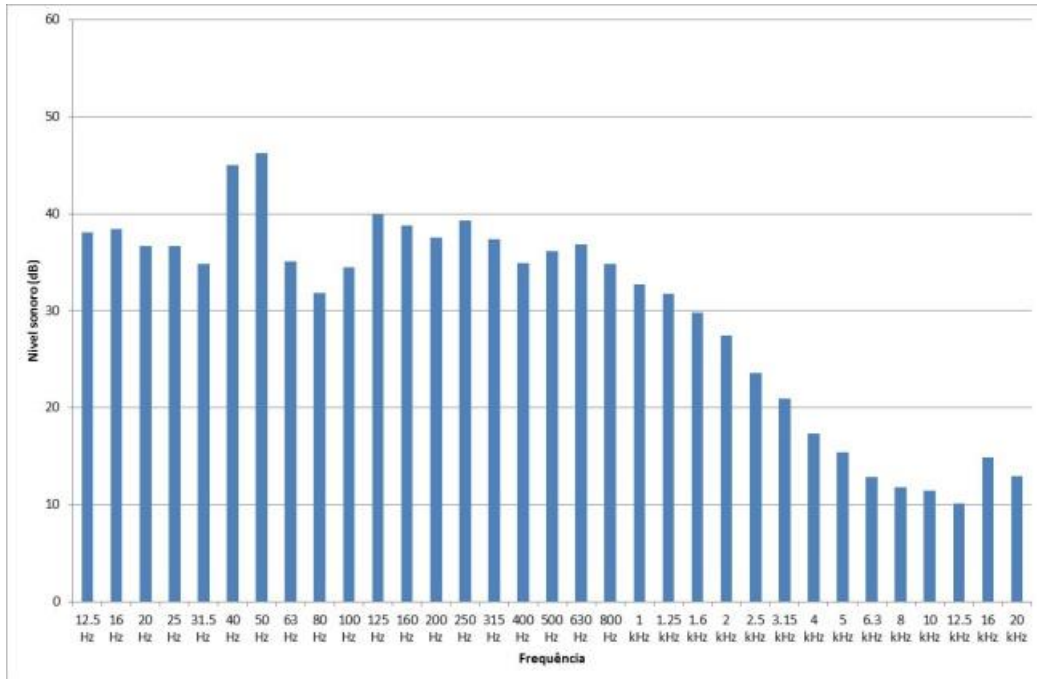


Gráfico 9 – Ruído ambiente, Unidade exterior em funcionamento e unidade interior com velocidade ar máximo, $L_{Ar}=43$ dB(A)

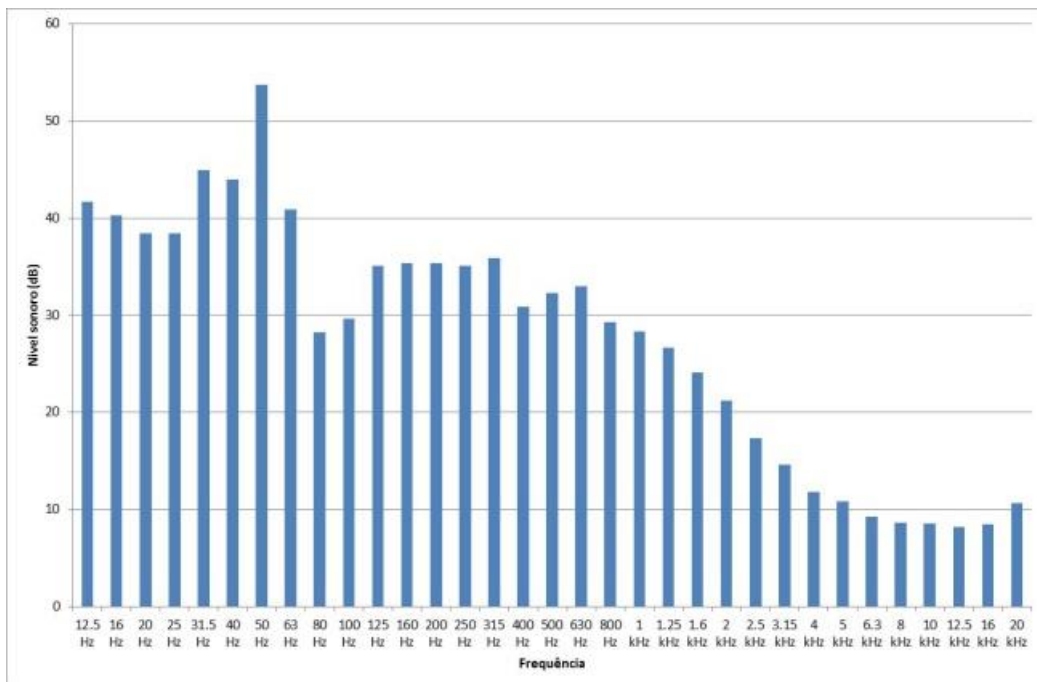


Gráfico 10 – Ruído ambiente, Unidade exterior em funcionamento e unidade interior com velocidade ar mínima, $L_{Ar}=42$ dB(A)

- Quarto localizado na situação mais desfavorável à propagação de ruído:

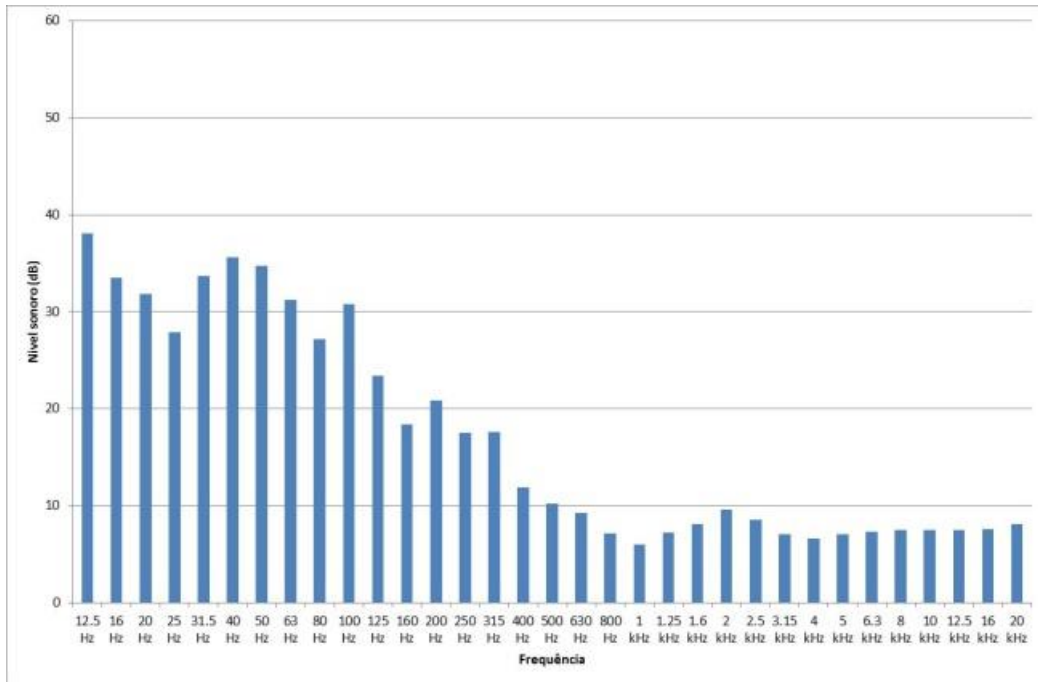


Gráfico 11 – Ruído residual, $L_{eq}=25$ dB(A)

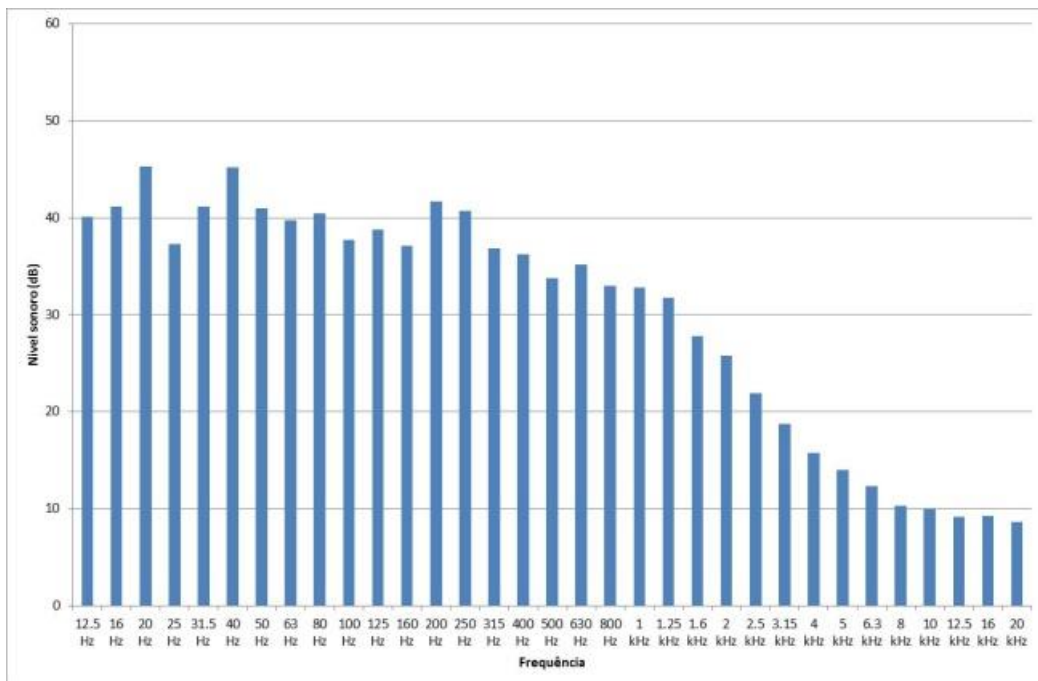


Gráfico 12 – Ruído ambiente, Unidade exterior em funcionamento e unidade interior com velocidade ar máximo, $L_{Ar}=42$ dB(A)

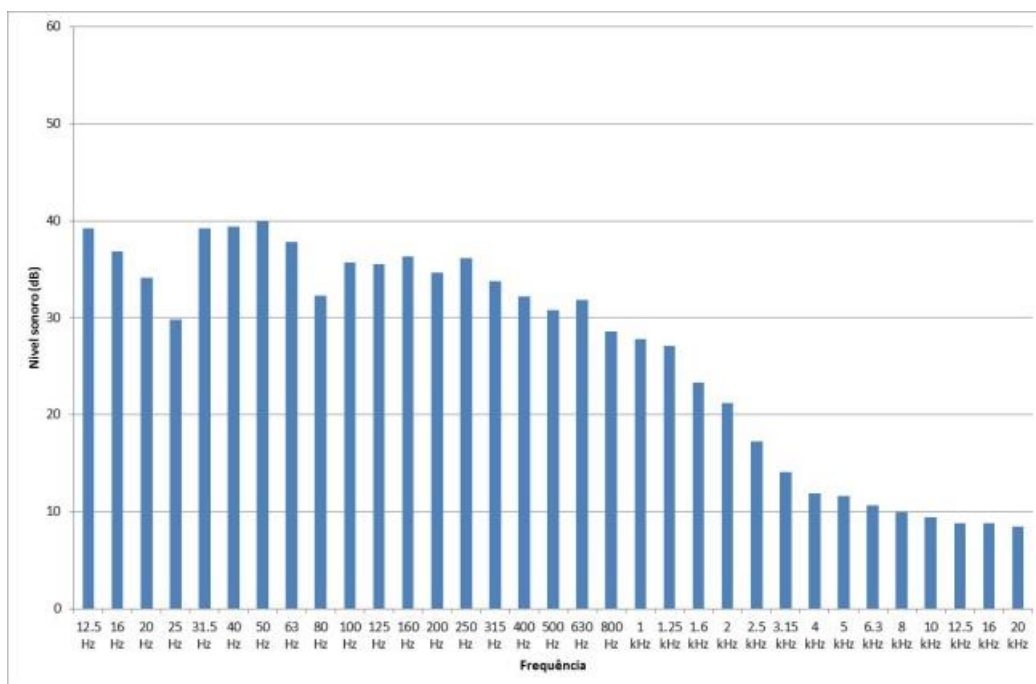


Gráfico 13 – Ruído ambiente, Unidade exterior em funcionamento e unidade interior com velocidade ar mínimo, $L_{Ar}=40$ dB(A)

Após análise aos níveis sonoros registados na unidade hoteleira B verifica-se:

- Um bom nível sonoro de ambiente residual no interior do hotel, com um valor igual a 25 dB(A) (Gráfico 11) para o quarto em situação mais desfavorável a propagação de ruído e um valor ambiente residual de 30 dB(A) (Gráfico 8). Existe um bom ambiente sonoro no interior do hotel contudo os quartos virados para a via de tráfego rodoviário serão sempre mais prejudicados e deveria haver maior cuidado no isolamento nesses quartos, como por exemplo a aplicação de vidros duplos na fachada virada para via e as restantes fachadas continuarem com vidros simples;
- Níveis sonoros aceitáveis para ambos os quartos, posição máxima e mínima de insuflação de ar (Gráfico 9, Gráfico 10, Gráfico 12 e Gráfico 13), com um ligeiro aumento dos níveis sonoros do quarto virado para a via de tráfego rodoviário, devido à influência do ruído rodoviário;
- Dada a ausência de grandes equipamentos de climatização e inexistência de uma centralização das bandas de frequência entre os 125Hz e 500 Hz características de um fraco isolamento vibratório, podemos afirmar que o ruído

estrutural é pouco ou nenhum. As unidades exteriores possuem a instalação de apoios anti vibráteis o que ajuda ao isolamento das vibrações como é mostrado nas figuras abaixo.

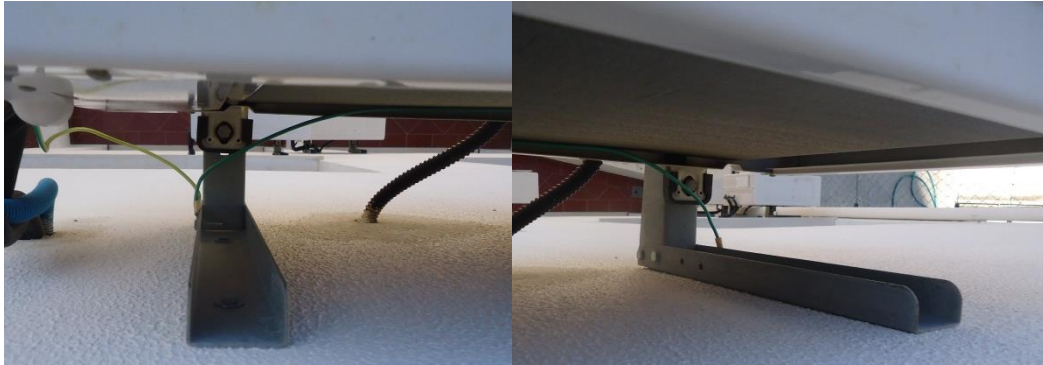


Figura 17 – Apoios anti vibráteis instalados nas unidades exteriores de climatização.

5.3 Unidade hoteleira C

A unidade hoteleira C, é um edifício de 7 pisos equipado com 2 sistemas distintos de climatização, um sistema unitário para cada quarto (sistema "Split") com uma unidade interior e outra exterior onde foram realizadas medições em situação de velocidade de ar máxima e mínima e outro trata-se de um sistema centralizado de ar condicionado onde o ar é insuflado nos quartos através de difusores e possui apenas um controlo na parede com a possibilidade de realizar 3 velocidades (mínima média e máxima). Foi dada especial atenção ao funcionamento do chiller devido ao fato de ser o equipamento mais próximo dos quartos (terraço do 7º piso) onde se encontrava instalado mesmo sob o quarto e os restantes equipamentos encontravam-se no terraço de um piso recuado (8º piso) encontrando-se a distância de um piso.

Apresenta-se, em seguida, as figuras do local de medição:



Figura 18 – Difusor localizado por cima da porta, sonómetro e unidade interior de climatização e chiller.

De forma a localizar os quartos e o equipamento exterior apresenta-se na Figura 19 uma imagem retirada do Google Earth da unidade hoteleira C, onde a azul se identifica o chiller situado no terraço do hotel e a vermelho o quarto localizado na situação mais favorável à propagação de ruído que se encontra situado no último piso do hotel, mesmo por baixo do chiller. A verde localiza-se o quarto na situação mais desfavorável à propagação de ruído situado no primeiro andar do Hotel.



Figura 19 – Imagem retirada do Google Earth da unidade hoteleira C, com localização do equipamento exterior e localização dos quartos onde foram realizadas as medições.

As situações analisadas foram as seguintes:

- Quarto localizado na situação mais favorável à propagação de ruído:

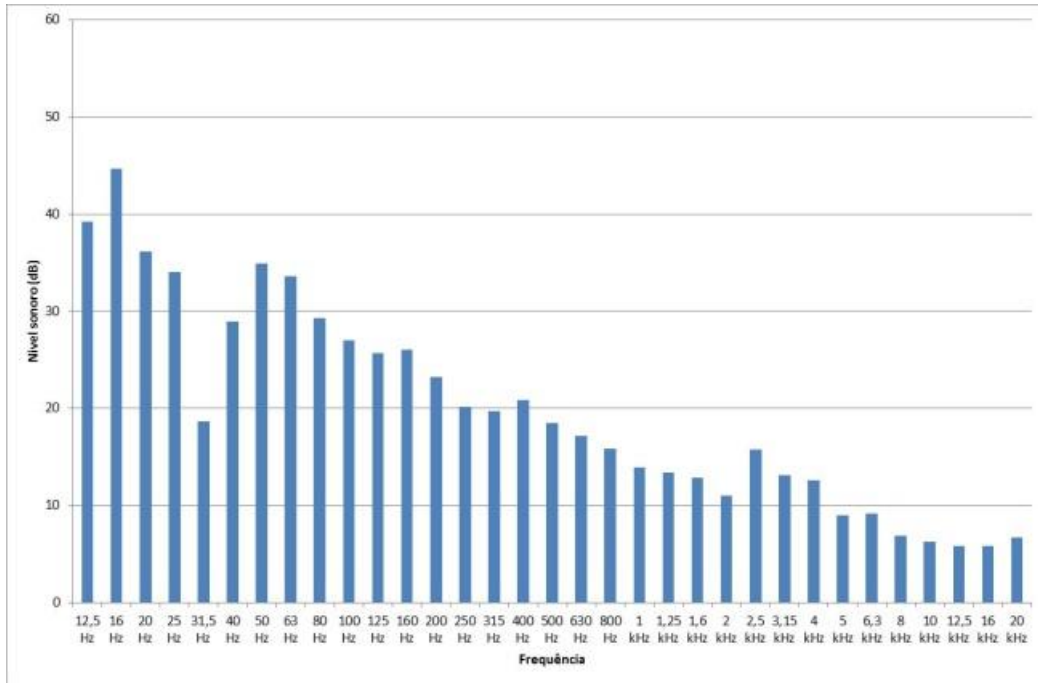


Gráfico 14 – Ruído residual, $L_{eq}=42$ dB(A)

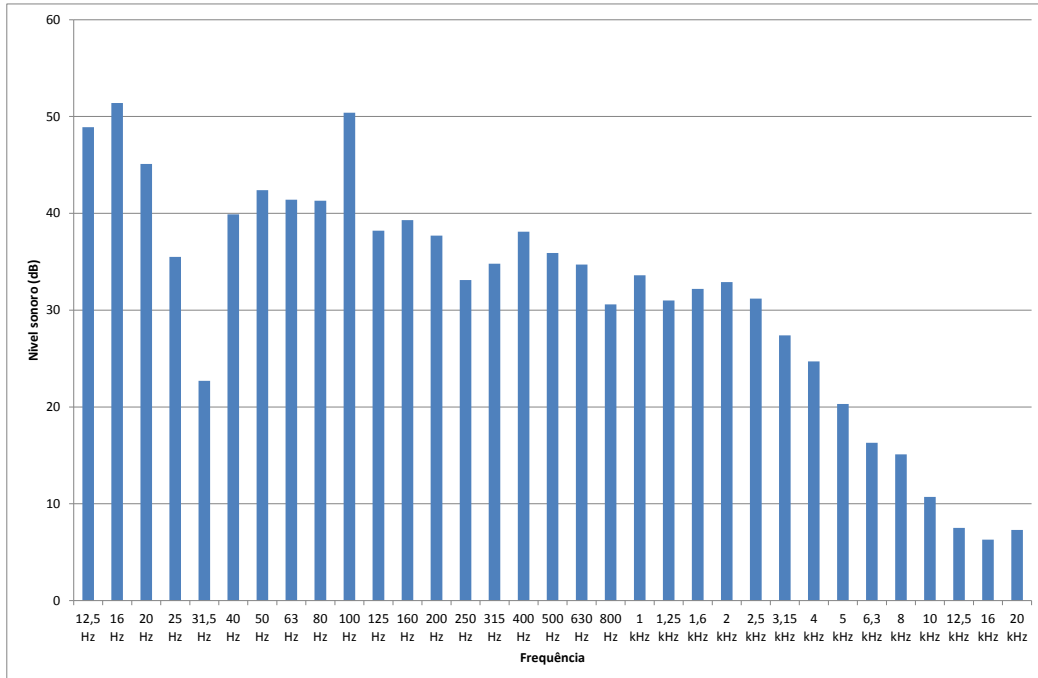


Gráfico 15 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar máxima, $L_{Ar}=52$ dB(A)

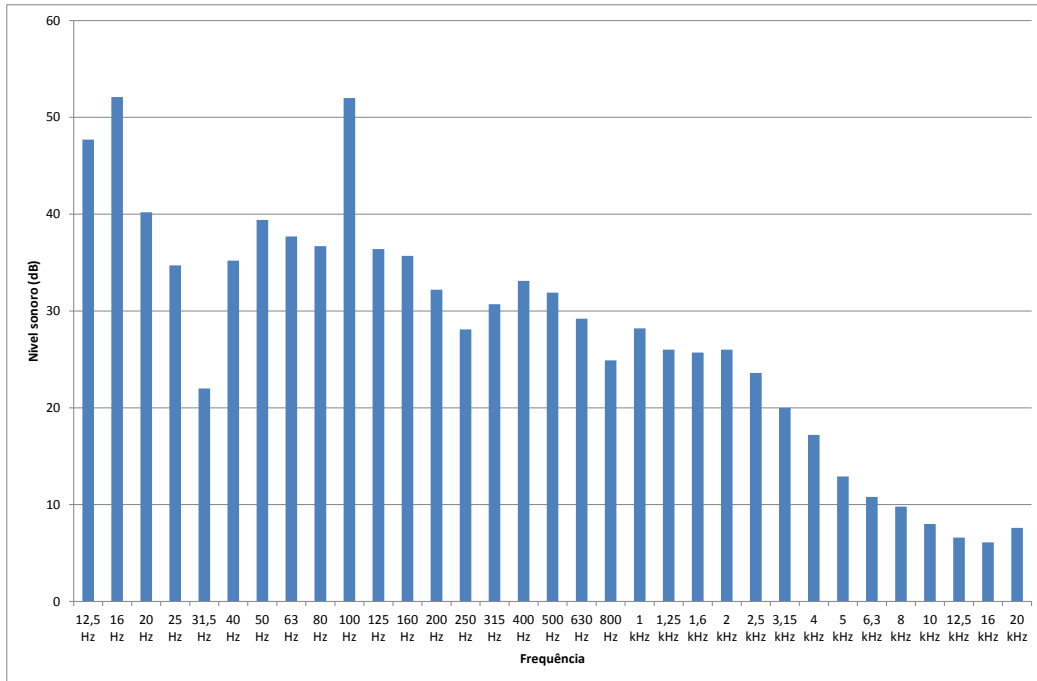


Gráfico 16 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar média, $L_{Ar}=51$ dB(A)

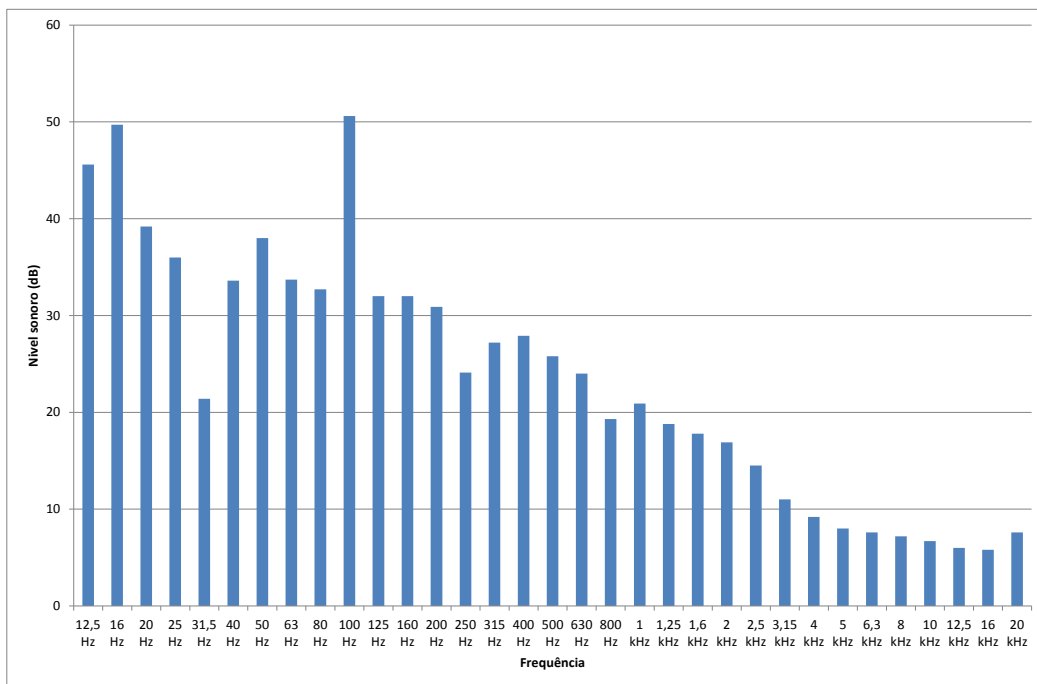


Gráfico 17 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar mínima, $L_{Ar}=49$ dB(A)

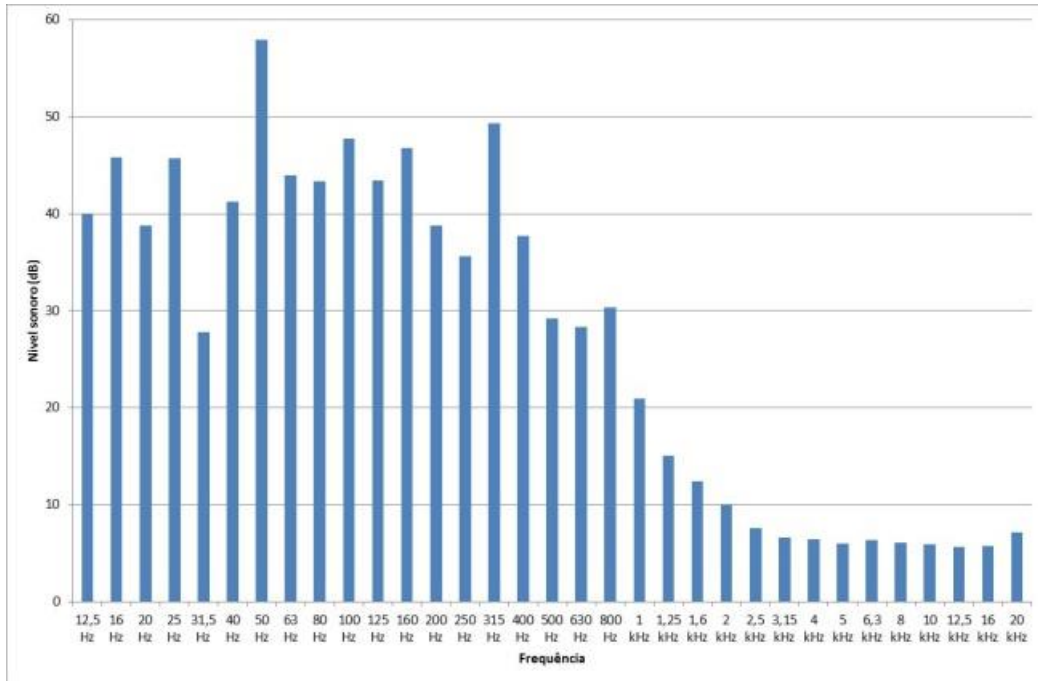


Gráfico 18 – Ruído ambiente, Funcionamento normal do chiller, $L_{Ar}=43$ dB(A)

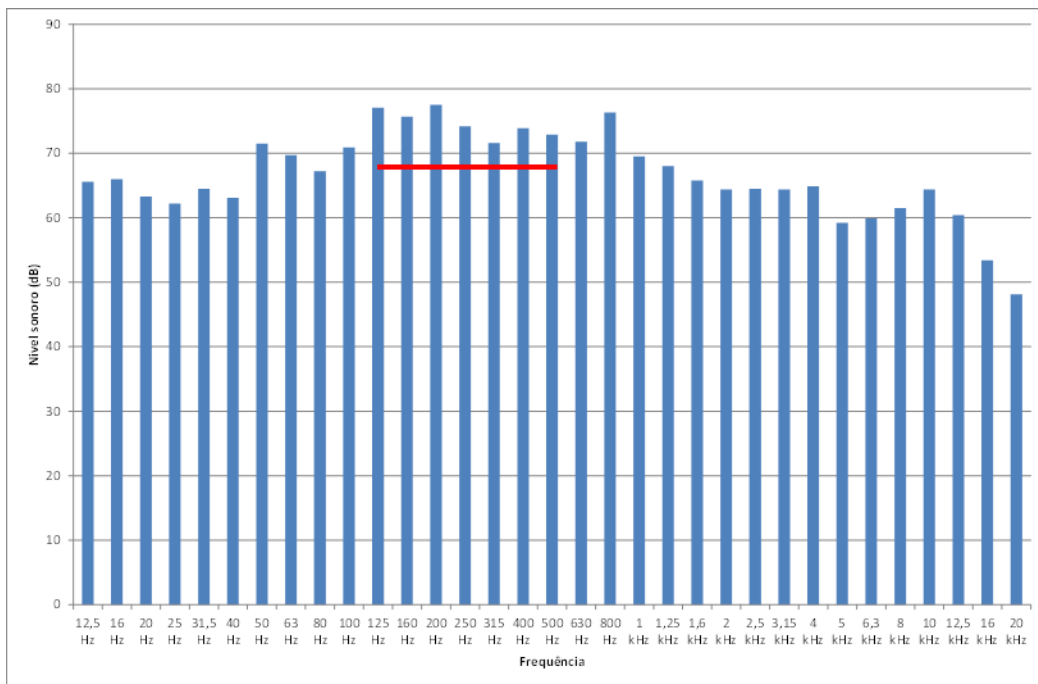


Gráfico 19 – Ruído ambiente, Funcionamento do chiller em modo de arranque, $L_{Ar}=66$ dB(A)

- Quarto localizado na situação mais desfavorável à propagação de ruído:

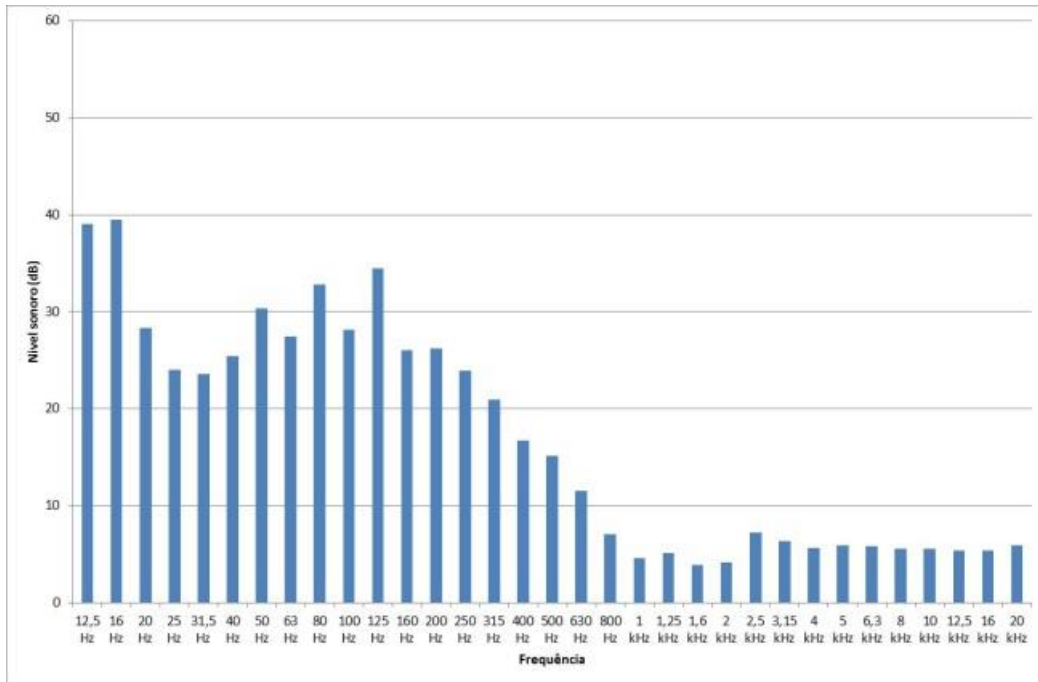


Gráfico 20 – Ruído residual, $L_{eq}=42$ dB(A)

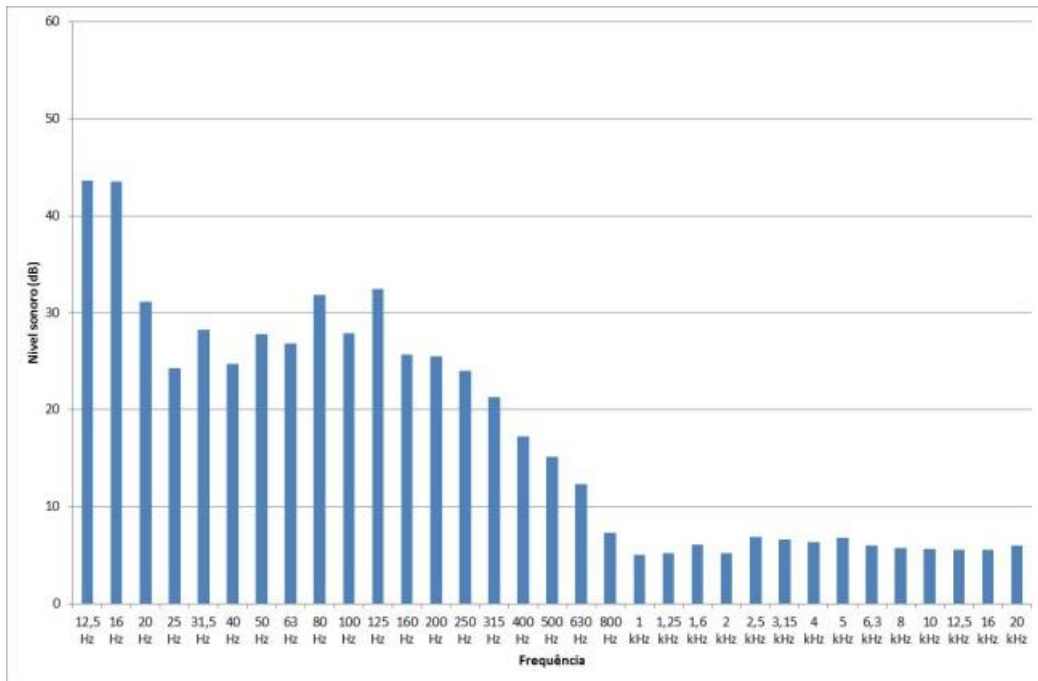


Gráfico 21 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar máxima, $L_{Ar}=47$ dB(A)

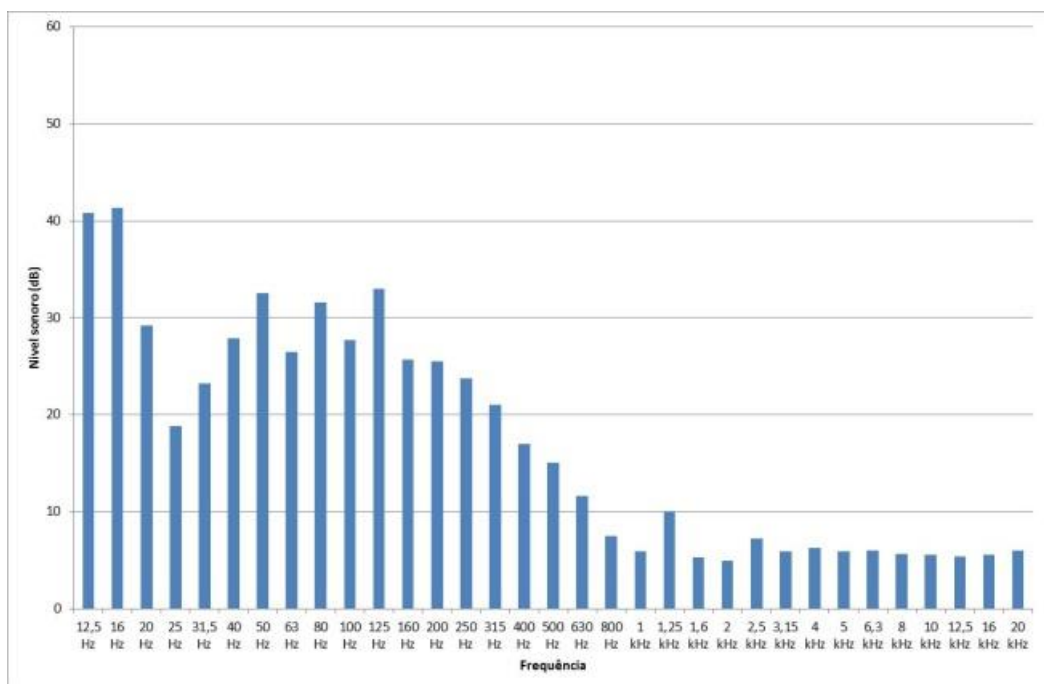


Gráfico 22 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar mínima, $L_{Ar}=44$ dB(A)

Após análise aos níveis sonoros registados na unidade hoteleira C verifica-se:

- Um nível sonoro elevado de ambiente residual no interior do hotel, com um valor igual a 42 dB(A) (Gráfico 14 e Gráfico 20) registado no interior de ambos os quartos, situação mais favorável à propagação de ruído e situação mais desfavorável a propagação de ruído devido ao facto da unidade hoteleira apresentar um hall de entrada em “U” comum para todos os quartos onde no rés-do-chão, se encontra a receção e a zona de restauração. As medições foram realizadas no período diurno e prevê-se que no período noturno estes níveis sonoros sejam razoavelmente mais baixos;
- A situação mais crítica no presente projeto é o quarto localizado na situação mais favorável à propagação de ruído localizado por baixo do chiller. No seu funcionamento normal é registado no interior do quarto um nível sonoro de 43 dB(A) (Gráfico 18), valor aceitável contudo este equipamento possui um ciclo de arranque que ocorre aproximadamente de 15 em 15 min, com uma duração aproximada de 1 min, onde os níveis sonoros registados no interior do quarto são de 66 dB(A) (Gráfico 19), nível sonoro muito superior ao recomendado,

inapropriado para repousar, pois são níveis sonoros prejudiciais a saúde humana;

- Os níveis sonoros registados no interior do quarto produzidos pelo chiller possuem uma centralização das bandas de frequência entre os 125Hz e 500 Hz representadas no Gráfico 19 que representa características de fraco isolamento vibratório o que significa que o elevado nível sonoro registado no interior do quarto possui uma componente significativa de ruído estrutural. Nas imagens seguintes podemos confirmar o mau estado dos apoios anti vibráteis assim como a borracha deteriorada e rígida devido à exposição solar.



Figura 20 – Apoio do chiller.

- No quarto favorável a propagação de ruído o normal funcionamento do equipamento e a insuflação de ar na posição mínima, média e máxima de insuflação de ar (Gráfico 15, Gráfico 16 e Gráfico 17), temos níveis sonoros no interior do quarto com valores acima do recomendável.

- No quarto desfavorável a propagação de ruído, cuja medição foi realizada em posição máxima e mínima de insuflação de ar (Gráfico 21 e Gráfico 22), o valor na posição mínima encontra-se dentro do recomendável e na posição máxima o mesmo já não acontece contudo é provável que no período noturno, com um nível sonoro de ambiente residual inferior ao período diurno o valor baixe para valores recomendáveis.

5.4 Unidade hoteleira D

A unidade hoteleira D, é um edifício de 5 pisos equipado com um sistema centralizado de ar condicionado, a unidade exterior de climatização encontra-se no terraço onde o ar é tratado e levado pelas condutas até aos difusores espalhados pelo hotel e no presente caso com maior importância até aos quartos. Nos quartos, a ordem de insuflação de ar é realizada através de um controlo na parede com a possibilidade de realizar 3 velocidades (mínima, média e máxima) com possibilidade de regular a temperatura. Apresenta-se de seguida as figuras do local de medição:



Figura 21 – Difusor localizado por cima da porta e sonómetro, unidade exterior e controlo.

De forma a localizar os quartos e o equipamento exterior apresenta-se na Figura 22 uma imagem retirada do Google Earth da unidade hoteleira D, onde a azul se identifica os equipamentos de climatização exteriores situados no terraço do Hotel e a vermelho o quarto localizado na situação mais favorável à propagação de ruído que se encontra situado no último piso do hotel, mesmo por baixo dos equipamentos exteriores. A verde localiza-se o quarto na situação mais desfavorável à propagação de ruído situado no segundo andar do hotel.

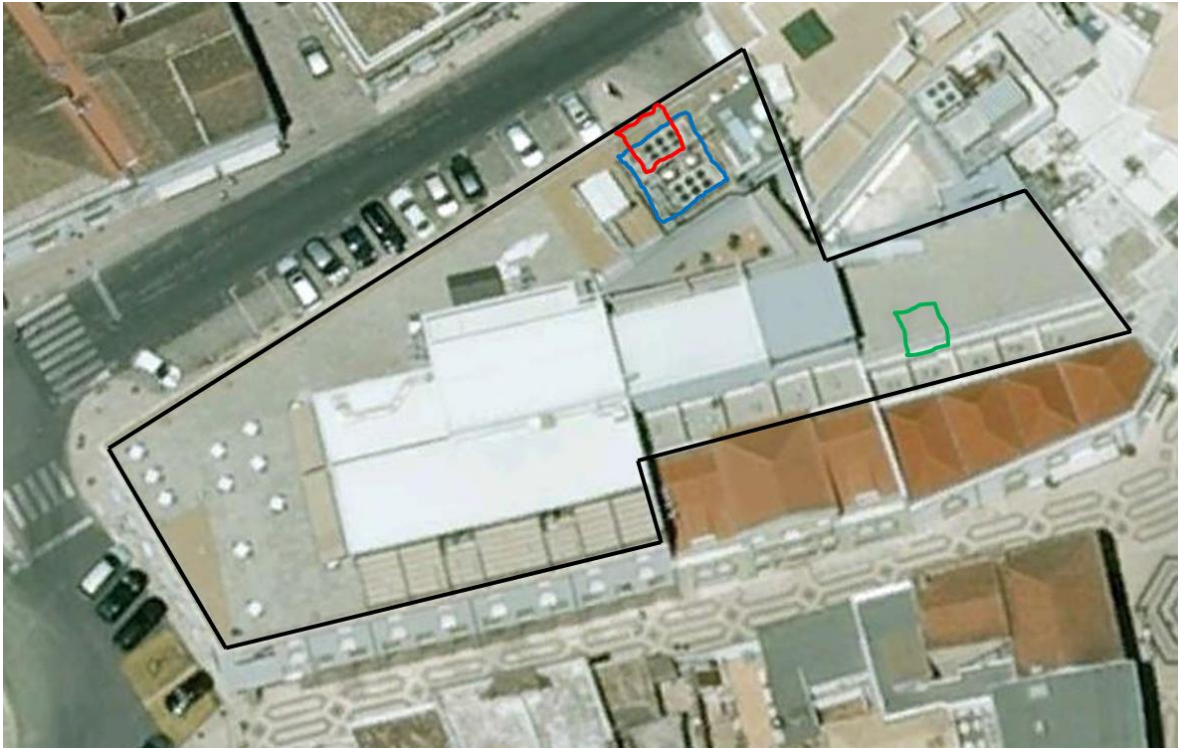


Figura 22 – Imagem retirada do Google Earth da unidade hoteleira D, com localização dos equipamentos exteriores e localização dos quartos onde foram realizadas as medições.

- Quarto localizado na situação mais favorável à propagação de ruído:

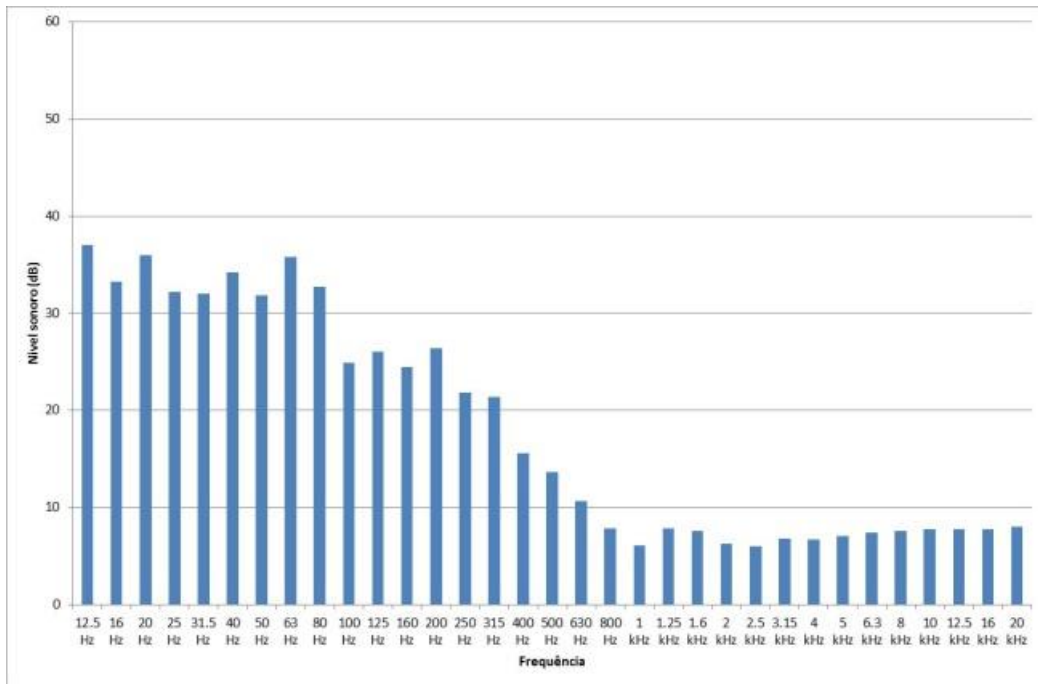


Gráfico 23 – Ruído residual, $L_{eq}=24$ dB(A)

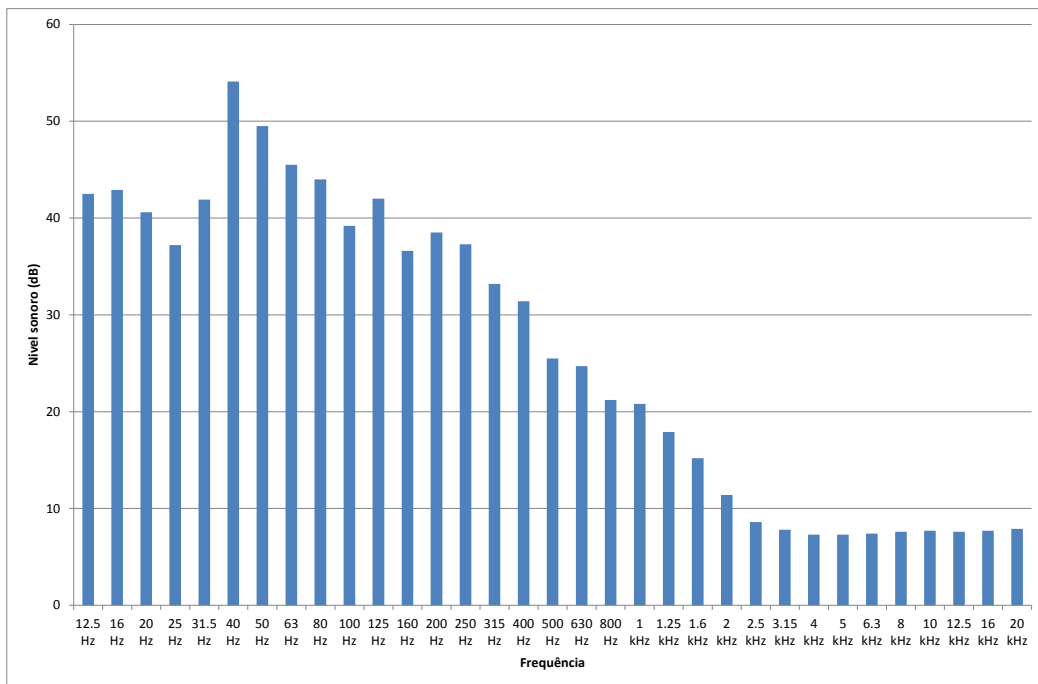


Gráfico 24 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar mínima, $L_{Ar}=36$ dB(A)

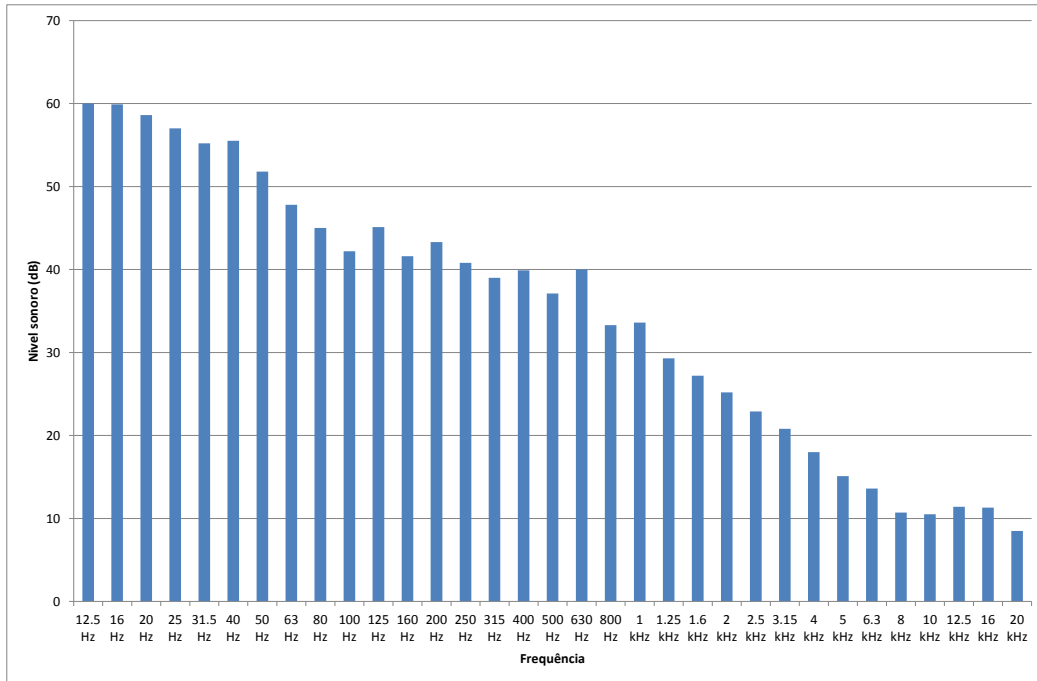
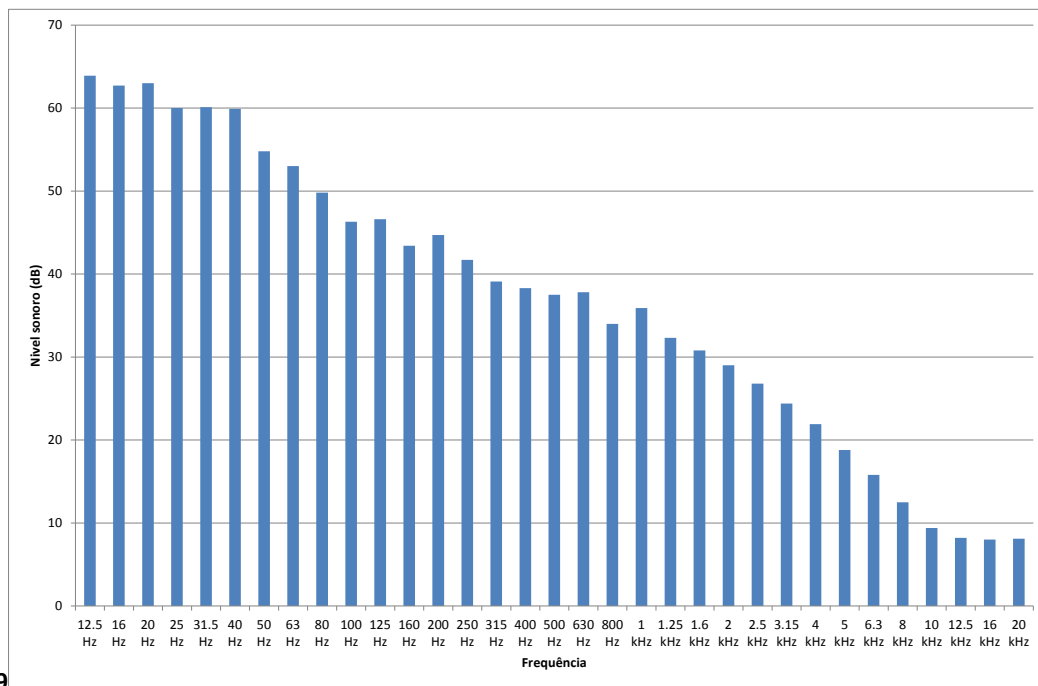


Gráfico 25 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar média, $L_{Ar}=44$ dB(A)



9

Gráfico 26 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar máxima, $L_{Ar}=45$ dB(A)

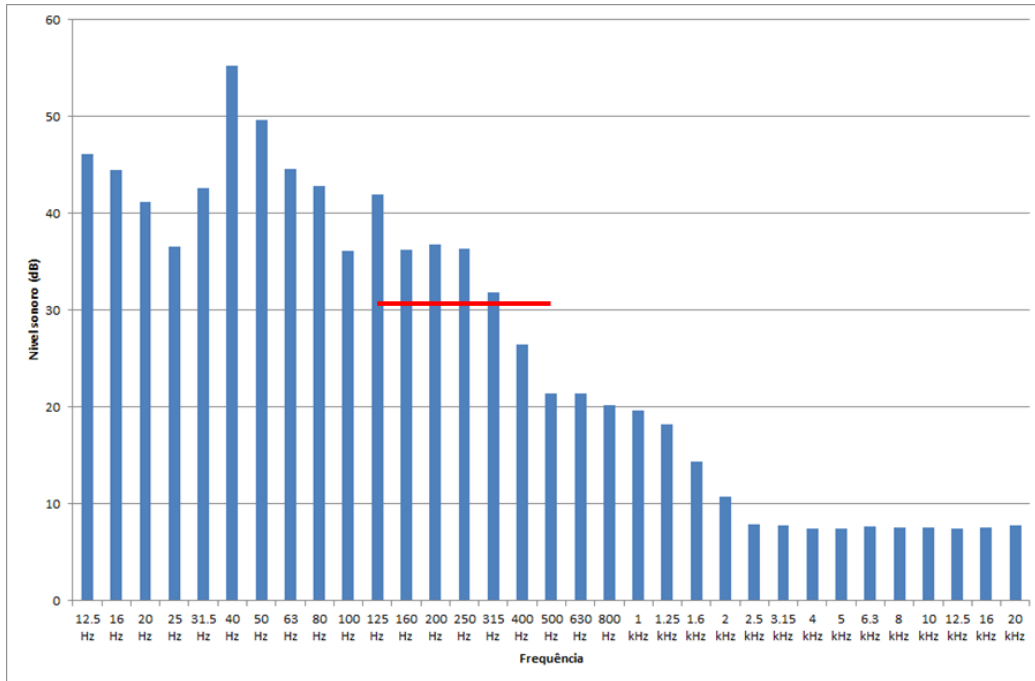


Gráfico 27 – Ruído ambiente, apenas equipamento exterior em modo normal, $L_{Ar}=35$ dB(A).

- Quarto localizado na situação mais desfavorável à propagação de ruído:

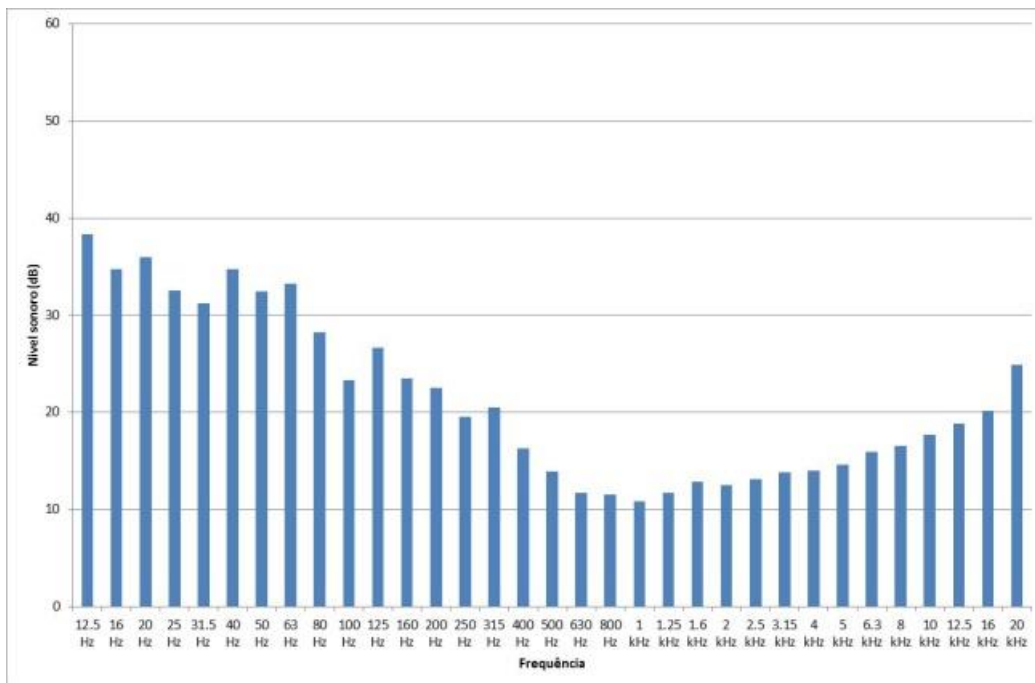


Gráfico 28 – Ruído residual, $L_{eq}=22$ dB(A)

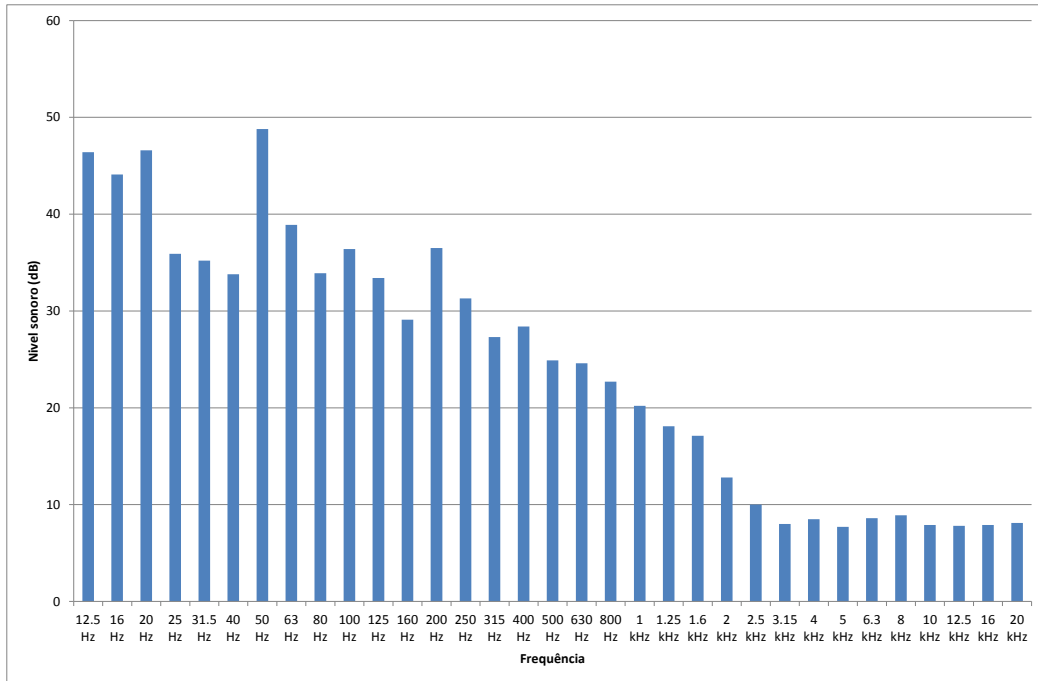


Gráfico 29 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar mínima, $L_{Ar}=36$ dB(A)

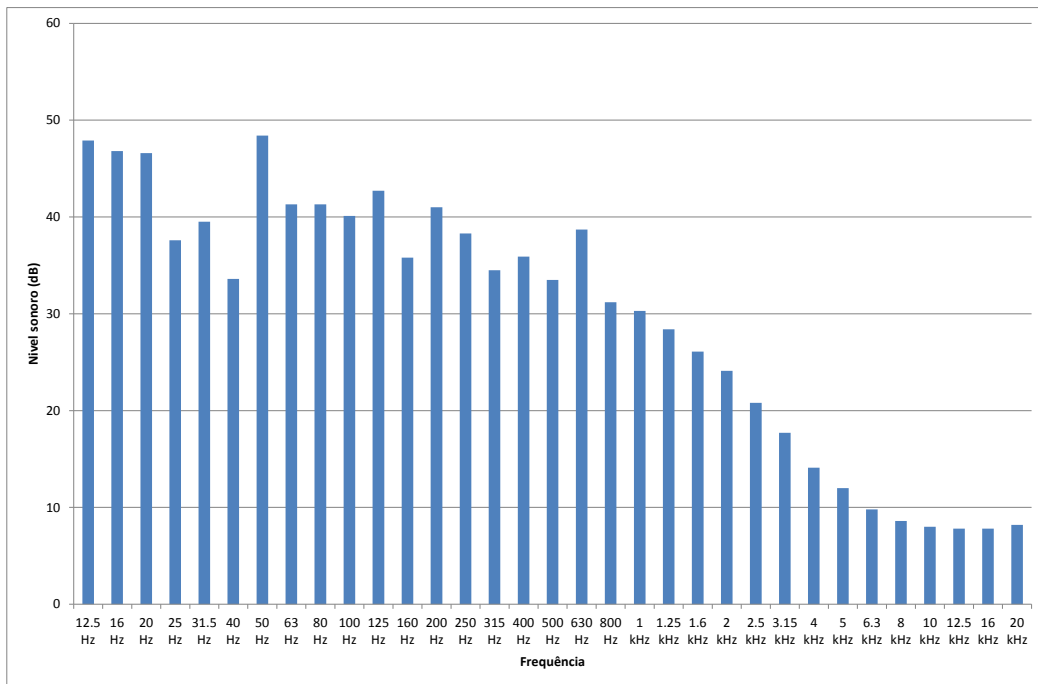


Gráfico 30 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar média, $L_{Ar}=48$ dB(A)

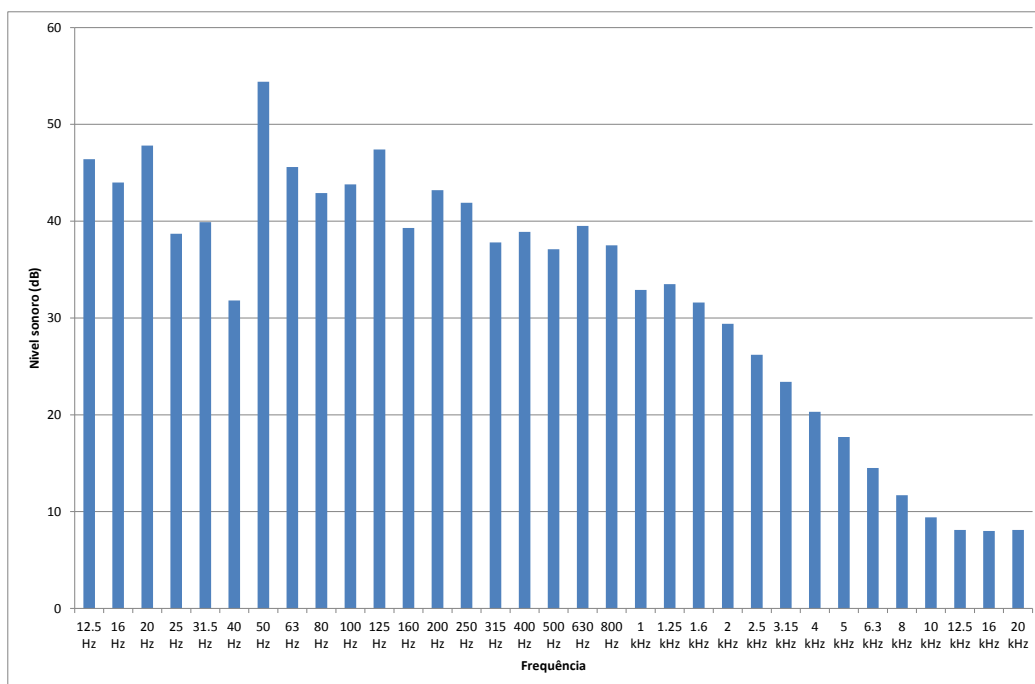


Gráfico 31 – Ruído ambiente, Funcionamento com velocidade de ar máxima, $L_{Ar}=51$ dB(A)

Após análise aos níveis sonoros registados na unidade hoteleira D verifica-se:

- Um nível sonoro de ambiente residual igual a 24 dB(A) e 22 dB(A) (Gráfico 23 e Gráfico 28) para os quartos em estudos, o que representa um bom ambiente sonoro no interior do hotel;
- Um nível sonoro entre a unidade exterior em funcionamento normal sem o ruído da insuflação de ar de 35 dB(A) (Gráfico 28), um nível sonoro aceitável no interior do quarto.
- A transmissão de ruído estrutural não é tão evidente como no hotel A e hotel C em comparação com os grandes equipamentos onde se verificou uma grande centralização das bandas de frequência entre os 125Hz e 500 Hz contudo de acordo com a Figura 23, conclui-se que os apoios anti vibráteis não se encontram fixos à base, e a mesma não é plana e a borracha já está danificada e a deteriorar-se como podemos verificar na figura seguinte:



Figura 23 – Apoio anti vibrátil.

- No quarto favorável à propagação de ruído, cuja medição foi realizada em posição, mínima, média e máxima de insuflação de ar (Gráfico 24, Gráfico 25 e Gráfico 26), o valor para as 3 posições encontra-se dentro do recomendável.
- No quarto desfavorável à propagação de ruído, cuja medição foi realizada em posição, mínima média e máxima de insuflação de ar (Gráfico 29, Gráfico 30 e Gráfico 31), apenas a posição mínima se encontra dentro do recomendável com o valor de 36 dB(A), a posição média e máxima possui valores acima de 45 dB(A), valor recomendável. Neste caso o quarto mais distante dos grandes equipamentos de climatização e com menor probabilidade de estar afeto ao ruído estrutural tem os níveis sonoros superiores ao quarto favorável à propagação de ruído, devido ao facto do ruído produzido pela turbulência do ar, a saída do difusor ser superior.

6. Conclusões

Ao realizar medições em quatro unidades hoteleiras distintas verificou-se que não existe uma preocupação acerca dos níveis sonoros serem aceitáveis no interior dos quartos. Pensa-se que tal situação, na maioria dos casos, fica a dever-se a um certo desconhecimento dos níveis sonoros recomendáveis. A noção de que realmente o quarto não possui um bom ambiente sonoro é verificado quando os níveis sonoros se encontram muito elevados e a solução aplicada, na maior parte dos casos, é a inutilização do quarto até a unidade hoteleira atingir uma lotação de 100% e, assim, necessitar desse quarto.

Na fase de licenciamento são tomados todos os cuidados para cumprir com o RRAE, contudo, após a fase de licenciamento e, ao fim de alguns anos, os equipamentos têm tendência a avariar e existe a necessidade de substituir por novos equipamentos. Aquando da instalação dos novos equipamentos é recomendável a realização de novas medições de isolamento, pois o novo equipamento terá novas características como emitir mais ou menos ruído ou produzir mais ou menos vibração.

O único hotel onde são cumpridos todos os valores recomendados no interior dos quartos é a unidade hoteleira B, que em comparação com as restantes unidades hoteleiras não possui sistema de ar centralizado assim como não possui grandes equipamentos de climatização principal causa de transmissão de ruído aéreo e ruído estrutural.

Verifica-se que as soluções aplicadas nas unidades A C e D onde são ultrapassados os níveis sonoros recomendados no interior dos quartos, não são as mais favoráveis, além de que se apurou que todos os apoios anti vibráteis se encontram danificados e que nunca foram substituídos desde a data da sua instalação, encontrando-se danificados pela exposição solar e o normal desgaste de funcionamento o que, de acordo com as medições de ruído realizadas, se verifica que os equipamentos estão a transmitir vibração para a estrutura do edifício produzindo ruído estrutural.

Dado que os níveis sonoros registados necessitam de ser corrigidos, de forma a cumprir os níveis sonoros recomendados, recomenda-se a substituição de todos os apoios anti vibráteis danificados e após substituição dos mesmos, conferir os níveis sonoros com novas medições de ruído.

Caso os níveis sonoros se encontrem ainda em incumprimento de acordo com o RRAE, deverá ser estudada uma nova solução no combate à propagação do ruído e vibrações. Concluindo verifica-se que respetivamente ao ambiente sonoro no interior das unidades hoteleiras não existe nenhuma classificação que distinga uma unidade hoteleira de 3 ou 4 estrelas. Nos dias de hoje cada vez mais os hóspedes são exigentes e as próprias unidades hoteleiras deveram tomar especial cuidado aos níveis sonoros que expõem os seus hóspedes e conforme a classificação maior será exigência por parte dos hóspedes.

7. Bibliografia

- [1] – Diário da República Portuguesa – D.L. n.º 96/2008, de 9 de Junho.
- [2] – <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=86&sub2ref=529>, acessido a Setembro de 2012.
- [3] – A practical guide to noise and vibration control for HVAC systems, Mark E. Schffer - ASHRAE (American Society of Heating, refrigerating and Air-Conditions Engineers, Inc.).
- [4] – NP ISO 1996-1:2011, Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente Parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de Avaliação.
- [5] – Acústica nos Edifícios, Jorge Patrício – Verlag Dashofer.
- [6] – Ruido fundamentos e controle, Samir N. Y. Gerges – Universidade Federal de Santa Catarina
- [7] – Engenharia acústica – P. Martins da Silva
- [8] – Noise control – Bruel & kjaer
- [9] – Regulamento geral sobre o ruído –, Jorge Patrício, P. Martins da Silva

Apêndice

A1 - Inquérito em português



Universidade do Algarve
Instituto Superior de Engenharia
Mestrado em Energia e Climatização de Edifícios

O presente inquérito foi elaborado no âmbito da tese de mestrado de um aluno da Universidade do Algarve, para obter a opinião junto dos utilizadores das unidades hoteleiras da região do Algarve.

O objectivo do inquérito consiste em verificar a qualidade do ambiente sonoro em algumas unidades hoteleiras da região do Algarve.

O inquérito é anónimo, pelo que não é necessária identificação.

Sexo: M F Idade: _____ Quarto: _____

1. Quando escolhe um hotel é com o objectivo de encontrar um local calmo e sossegado?

Sim Não

2. Qual a importância que dá ao ambiente sonoro de uma unidade Hoteleira?

Muito Importante Importante Pouco importante Nada importante

3. Se um hotel tiver um ambiente sonoro perturbador voltaria a fazer uma reserva no mesmo hotel?

Sim Não Talvez

4. Qual a percepção que teve sobre a qualidade do ambiente sonoro da unidade hoteleira?

Muito boa Boa Razoável Má

5. Houve algum ruído que lhe causou algum desconforto durante a sua estadia?

Sim Não

Se respondeu sim, identifique o ruído: _____

6. Durante a estadia conseguiu ter uma boa qualidade de sono?

Sim Não

Se respondeu não, qual a razão associada:

Ruído de equipamentos Ruído realizado por outros hóspedes Tráfego rodoviário

Outra Qual: _____

7. Se tem alguma recomendação para melhorar a qualidade do ambiente sonoro da unidade hoteleira indique de seguida:

Grato pela sua colaboração.

A2 - Inquérito em inglês



Universidade do Algarve
Instituto Superior de Engenharia
Mestrado em Energia e Climatização de Edifícios

This inquiry was developed under the master's thesis of a student at the University of Algarve, to get advice from users of hotel units in the Algarve region.

The objective of the survey is to verify the quality of the sound environment in several hotels in the Algarve region.

The survey is anonymous, so it is not necessary identification.

Sex: M F Age: _____ Room: _____

1. When you choose a hotel is aiming to find a calm and quiet place?

Yes No

2. What is the importance you give to the sound environment of a hotel unit?

Very Important Important A little important Not important

3. If a hotel is affected by a disturbing noise would you make again a reservation at the same hotel?

Yes No Maybe

4. What is the perception that you had on the quality of the sound environment of the hotel unit?

Very good Good Fair Bad

5. Have you listened a noise that caused some discomfort during your stay?

Yes No

If answered yes, identify the noise: _____

6. During your stay had a good quality sleep?

Yes No

If you answered no, what is the reason associated:

Equipments noise noise made by other guests road traffic

Another Which: _____

7. If you have any recommendations to improve the quality of the sound environment of the hotel unit describe below:

Thank you for your cooperation.