



Projeto

Mestrado de engenharia automóvel

Diagnóstico de ruído no automóvel

Bruno Ricardo Fernandes Patrício Bajouco

Leiria, 29 Novembro de 2021



Projeto

Mestrado de engenharia automóvel

Diagnóstico de ruído no automóvel

Bruno Ricardo Fernandes Patrício Bajouco

Projeto de Mestrado realizado sob a orientação do Doutor Paulo Alexandre de Matos e Henriques de Carvalho, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria

Leiria, 29 Novembro de 2021

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Agradecimentos

Com a realização deste projeto termino mais um percurso na minha vida académica, uma vida académica na qual tive o privilégio de enriquecer os meus conhecimentos com a ajuda de muitos e bons professores da Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTG).

Todavia para a realização deste projeto foi necessário apoio e dedicação de algumas individualidades que de diversas formas, contribuíram para a realização da mesma, e de quem consegui absorver conhecimentos que eu não possuía, tudo isto graças à sua dedicação e humildade de ensino. A estas pessoas o meu mais profundo agradecimento.

Ao prof. Doutor Paulo Alexandre de Matos e Henriques de Carvalho, pela sua forte capacidade de trabalho, orientação e conhecimento, sem o seu apoio este projeto seria diferente e não para melhor.

Ao prof. Doutor Helder Santos pela sua dedicação pelo apoio na decisão do tema a abordar e escolha de orientador muito acertada, sem a sua humildade característica não seria possível.

À direção da Escola Superior de Tecnologia e Gestão por conseguir criar e manter este estabelecimento de ensino com condições ideais, para que seja possível o lecionar de forma enriquecedora e profunda os conhecimentos na área automóvel.

A todos os profissionais do setor automóvel bem como todos os formadores que tive o prazer de trocar experiências e conhecimento ao longo destes 24 anos de profissão, o meu forte reconhecimento pelo enorme impacto positivo que tiveram na minha formação como profissional.

A todos os meus colegas e ex-colegas da receção de oficina, pelo tempo que dedicaram na ajuda da criação dos diferentes questionários.

Para finalizar um especial agradecimento à minha família que abdicou do seu tempo comigo para permitir realizar mais esta minha etapa académica.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Resumo

Este projeto aborda uma área cada vez mais relevante na construção de automóveis: a área do Ruído, Vibração e Aspereza (RVA). O conforto dos ocupantes é um ponto de especial atenção quer em termos de climatização quer em termos de ruído. Existe por isso forte atenção por parte dos construtores na escolha dos métodos de insonorização e isolamento combinados com a preocupação ambiental associada.

É abordado um tema que frequentemente origina reclamações nas oficinas automóveis: os ruídos parasitas. São frequentemente fonte de controvérsia acerca da sua localização e causa. Para minimizar controvérsias foi definido um manual de procedimentos para o diagnóstico e reparação de avarias associadas a ruídos. Com base nessa ferramenta toda a equipa de uma oficina estará sintonizada com a metodologia necessária à resolução efetiva da queixa do cliente.

São taxonomizados e caracterizados os tipos de ruídos conhecidos possíveis de encontrar no domínio dos veículos ligeiros de passageiros. Desta forma permite-se que o tipo de ruído seja definido de forma mais uniformizada, quer pelo cliente quer pela oficina.

Foram elaborados questionários de apoio à deteção do ruído e à replicação das circunstâncias da sua ocorrência, para otimizar o processo de diagnóstico do mesmo e promover uma reparação mais rápida e objetiva. O processo de reparação bem como as técnicas frequentemente utilizadas são igualmente abordados nesta obra.

Palavras-chave: Ruído, Vibração, Aspereza, Diagnóstico, Reparação

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Abstract

This work presents an assessment on the Noise, Vibration and Harshness (NVH) diagnosis in cars. On the field of vehicle diagnosis and repair, the lack of consistent procedures or their negligence often results in money and time losses both for the client as for the auto repair service. This is also the case in the diagnosis of parasitic noise.

This work presents a characterization of the different types of interference noise that can be found in passenger cars.

The creation of support tools such as a rapid fill form to be used during vehicle reception, was necessary to ensure that all points are checked.

The procedures and techniques to diagnose a noise are also described, as well as some products that can effectively solve the problem on a long term basis.

The dynamic test procedure, as well as the vehicle delivery process are equally important and equally covered in this work.

Keywords: Noise, Vibration, Harshness, Diagnosis, Repair

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Índice

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	V
ABSTRACT	VII
ÍNDICE	IX
LISTA DE FIGURAS	XII
LISTA DE TABELAS	XIII
NOMENCLATURA	XV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Motivação	2
1.2. Objetivos	2
1.3. Estrutura do documento	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Âmbito	4
2.2. O que é o RVA	4
2.2.1. Ruídos	6
2.2.2. Vibração	9
2.2.3. Ruídos Parasitas	10
2.3. Processos de redução de vibração e ruído	12
2.4. Controlo de ruído por absorção	14
2.5. Princípios físicos do som	17
2.5.1. Onda sonora	18
	ix

2.5.1.1.	Pressão acústica	19
2.5.1.2.	Nível de pressão acústica	21
2.5.1.3.	Volume do som	21
2.5.2.	Som audível	22
2.5.3.	Redução do som com a distância	24
2.5.4.	Efeito Doppler	24
3.	TIPOS DE RUÍDOS	26
3.1.	Percepção de ruídos	26
3.2.	Vista Geral	27
3.2.1.	Ruído de condução	27
3.2.2.	Ruídos de funcionamento	28
3.2.3.	Ruídos de informação	28
3.2.4.	Ruídos de interferência	29
4.	RUÍDOS DE INTERFERÊNCIA	30
4.1.	Matraquear	31
4.2.	Ranger	31
4.3.	Roncar/vibrar	32
4.4.	Uivar	32
4.5.	Estalidos	33
4.6.	Crepitar	33
4.7.	Estalar	33
4.8.	Moer/raspar	34
4.9.	Batida	34
4.10.	Assobiar	35
4.11.	Chiar	35
4.12.	Trepidar	36

4.13.	Marulhar	36
4.14.	Zumbido	37
4.15.	Silvar	37
4.16.	Ressonância	38
5.	PROCESSO DE DIAGNÓSTICO	39
5.1.	Receção do veículo	40
5.1.1.	Questionar o cliente	41
5.1.2.	Inspeção visual	45
5.2.	Ensaio dinâmico	50
5.2.1.	Condições de reprodução	51
5.2.2.	Métodos de ensaio dinâmico	52
5.3.	Questionário diagnóstico de condições	53
6.	PROCESSO DE ELIMINAÇÃO DE RUÍDO EM OFICINA	56
6.1.	Reproduzir	56
6.2.	Delimitação	57
6.3.	Eliminação do ruído	60
6.3.1.	Confirmação de ruído eliminado	63
7.	ENTREGA DO VEÍCULO	65
7.1.	Acompanhamento da reclamação	66
8.	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	67
8.1.	Conclusões	67
8.2.	Sugestão de trabalhos futuros	68
	BIBLIOGRAFIA	69

Lista de figuras

Figura 1 - Ruído vs. Velocidade [Fonte: Adaptado (Sheng, 2012)]	8
Figura 2 - Faixa de frequência de diferentes fontes de ruído num veículo de passageiros [Fonte: Adaptado(Sheng, 2012)]	8
Figura 3 - Isoladores de vibração [Fonte: Adaptado (Sheng, 2012)].....	13
Figura 4 - Locais de Aplicação do tratamento [Fonte: Adaptado (Sheng, 2012)].....	14
Figura 5 - Materiais de isolamento [Fonte: Adaptado (Saint, 2021)]	16
Figura 6 – Onda sonora [Fonte: Adaptado (Poggio, 2021)]	18
Figura 7 - Ondas de frequência [Fonte: Adaptado (Dantas & Cruz, 2018)].....	19
Figura 8 - Ondas de pressão [Fonte: Adaptado(Pavan, 2011)].....	20
Figura 9 - Ouvido humano [Fonte: Adaptado (Piol, 2014)]	20
Figura 10 - Valores de nível sonoro audição humana [Fonte: Adaptado (Faculdade et al., 2018)]	22
Figura 11 - Campo auditivo humano [Fonte: Adaptado (Pujol, 2018)].....	23
Figura 12 - Níveis sonoros [Fonte: Adaptado (Engenharia, 2020)]	23
Figura 13 - Emissão de som esférica [Fonte: Adaptado (OSHA, 2013)]	24
Figura 14 - Efeito de doppler [Fonte: Adaptado (Rodrigues, 2011)]	25
Figura 15 - Questionário inicial	45
Figura 16 - Lista de verificações.....	50
Figura 17 - Questionário de diagnóstico de condições	55
Figura 18 - Detecção de locais de má vedação.....	59
Figura 19 - Equipamento Soundcam (Systems, 2020)	60
Figura 20 - Produto lubrificante Carbaflo KSP 105	62
Figura 21 - Produto lubrificante Krytox GPL 105 oil	63

Lista de tabelas

Tabela 1- Materiais de apoio eliminação ruídos	61
--	----

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Nomenclatura

Lista de unidades

atm	Atmosfera
°C	Temperatura em Graus Celcius
dB(A)	Nível de pressão sonora (escala A)
dB	Nível de pressão sonora
Hz	Hertz
L	Nível acústico
m/s	Velocidade metros por segundo
km\h	Velocidade quilómetros por hora
Pa	Unidade pressão Pascal

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

1. Introdução

Este trabalho procura expor um tema que frequentemente existe nas reclamações das oficinas automóvel. As reclamações de ruídos parasitas originam grandes controvérsias sobre a sua existência e sobre a sua fonte emissora. Para minimizar essas controvérsias, torna-se necessário definir e criar um manual de procedimentos para a reparação de queixas sobre ruídos, assim deste modo, toda a equipa de uma oficina está sintonizada com a queixa do cliente, o que permite uma reparação eficiente e conseqüentemente torna-se possível transformar uma experiência negativa do cliente com uma reclamação, numa experiência positiva através de uma reparação bem efetuada.

A indústria automóvel é cada vez mais competitiva entre os diferentes fabricantes, o que requer um forte empenho para angariar novos clientes, e fidelizar da forma mais sólida os clientes já existentes. De modo a tornar possível esta fidelização é necessário corresponder positivamente às melhores expectativas dos clientes. A fiabilidade e o conforto são alguns dos aspetos com grande relevância para a satisfação dos clientes, conseqüentemente com forte impacto na decisão de compra de uma viatura. A informação sobre estes aspetos é fornecida pelo fabricante do automóvel, todavia necessita de ser validada pelo consumidor final. Durante a vida útil de uma viatura podem existir momentos em que algum destes aspetos falhe e de modo algum, os fabricantes querem que essas falhas tenham uma influência negativa na satisfação do cliente, para isso é necessário, que quando existir uma falha que esta seja detetada e solucionada de forma eficiente. O serviço pós-venda tem o papel relevante no nível de satisfação do cliente com a marca, devido às inúmeras interações de contacto efetuadas durante a vida útil de uma viatura, este serviço é de igual modo relevante para a fiabilidade da viatura. Para uma boa fiabilidade é necessária uma boa manutenção. É neste contexto que quando existe uma anomalia, se torna importante ter boas ferramentas para executar os melhores procedimentos.

1.1. Motivação

Este projeto surge no âmbito da experiência do autor, a este nível, num serviço de pós-venda automóvel. Pretende ter um papel contributivo para a melhoria do processo de diagnóstico de ruídos, em viaturas que recorrem ao serviço pós-venda com reclamação deste sintoma de falha. O processo de reclamação por parte de um cliente deve ser sempre tratado com o máximo das atenções, pois as expectativas sobre a sua viatura estão a ser colocadas em causa. Neste contexto torna-se evidente que um processo de reparação mal efetuado, servirá de catalisador para gerar um cliente insatisfeito. Em alguns casos de reclamação de ruídos a anomalia não se manifesta durante a estadia da viatura na oficina, o que por este facto torna mais difícil a sua resolução, ou até cria ao técnico a falsa perceção de anomalia resolvida. Neste caso a viatura será entregue com a anomalia por solucionar. Com isto é possível que de futuro exista um processo de reclamação repetida por parte de um cliente, o que gera dificuldades na gestão da cadência com que o serviço flui na oficina. Este tipo de reclamação torna-se mais difícil de gerir por parte da receção de oficina, existindo por isso a necessidade de ser bem fundamentada, para o cliente ter a perceção do nível de dificuldade associado à solução deste tipo de anomalias.

1.2. Objetivos

Pretende-se com este trabalho criar métodos que permitam, reforçar competências dos técnicos de serviço, bem como fazer transparecer ao cliente todo o esforço que o serviço pós-venda está a dedicar para a resolução da anomalia. Por parte do técnico de serviço que efetuar a reparação terá ao seu dispor uma ferramenta, que permitirá obter uma informação mais detalhada da real queixa do cliente, e com isto poderá direcionar as suas análises de forma mais assertiva com vista á resolução da anomalia. De modo a ser possível cumprir os objetivos delineados é necessário:

- Conhecer o conceito de ruído e vibração e aspereza;
- Perceber as várias fontes de ruído;
- Caracterizar os ruídos;
- Desenvolver metodologias de abordagem ao cliente;
- Desenvolver uma metodologia e procedimentos de diagnóstico;
- Elaborar um questionário para auxílio de diagnóstico,

1.3. Estrutura do documento

Este documento está dividido em oito capítulos incluindo este, o capítulo 1, neste capítulo é efetuado um enquadramento da temática os objetivos e descrita a estrutura do documento.

No capítulo 2 (Revisão bibliográfica) é apresentado o estado da arte, descrito com recurso à pesquisa na literatura de referência na área de estudo.

O capítulo 3 (Tipos de ruído) procura distinguir os diferentes ruídos existentes durante a utilização de um veículo, inclusivamente os que não sejam consequência de defeitos.

O capítulo 4 (Ruídos de interferência) visa descrever os ruídos parasita que frequentemente originam as reclamações do cliente.

O capítulo 5 (Processo de diagnóstico) descreve o método para efetuar um diagnóstico seguro e fundamentado do ruído, bem como as ferramentas como questionários para auxílio do diagnóstico.

O capítulo 6 (Processo de reparação) descreve métodos de eliminação de ruído enquadrados na cadência dos trabalhos assim como cuidados a ter em atenção durante a intervenção no veículo.

O capítulo 7 (Entrega do veículo) visa descrever e salientar passos importantes a efetuar durante a entrega do veículo, de modo a assegurar a satisfação do cliente.

O capítulo 8 (Conclusão e trabalhos futuros) é exposto e analisado o trabalho como um todo, são apresentadas as conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Âmbito

Para enquadrar o tema e os seus aspetos importantes, a revisão bibliográfica incide nos conceitos relacionados com o processo de desenvolvimento e construção dos veículos, na procura de um melhor conforto acústico e de vibrações transmitido para os passageiros dentro do habitáculo.

Sendo possível de perceber o quanto este especto influencia uma decisão na compra de uma viatura torna-se necessário aos fabricantes despenderem muito dinheiro em investigação e desenvolvimento, na procura do produto esperado por parte do cliente final. Existindo esta exigência por parte do cliente na compra da viatura, mais fácil será para ele perceber que algo de errado existe quando deteta um ruído ou vibração anormal. Este processo conduz a reclamações no serviço pós-venda, que podem originar insatisfação relativamente ao produto.

2.2. O que é o RVA

O RVA (Ruído, Vibração e Aspereza) afeta equipamentos tão distintos como máquinas de lavar, veículos motorizados, aeronaves ou turbinas eólicas. Qualquer objeto que se mova ou seja colocado em movimento, pode causar ruído potencialmente crítico e problemas de vibração. Assim sendo, o RVA é um critério importante para a avaliação do conforto, todas as vibrações audíveis e perceptíveis que afetam o conforto são relevantes, nas viaturas existem diversos componentes que produzem uma combinação de ruídos acústicos e vibrações, que podem afetar o conforto dos ocupantes dentro do habitáculo(Kistler, 2019).

Na construção de um veículo, vários fatores são considerados pelos projetistas de modo a criar maior conforto ao condutor e aos passageiros. No caso do condutor, os problemas são mais complexos, pois além da máxima comodidade, torna-se também necessário o acesso prático aos comandos da instrumentação.

Na construção de veículos é necessário assegurar que o veículo e seus componentes se comportem de acordo com as especificações do projeto. Cada construtor possui um departamento de controlo de qualidade, o qual tem a função de examinar os componentes do veículo e analisar a sua fiabilidade quanto às especificações do projeto, de forma a torná-los fiáveis, antes de passar para a linha de montagem. A planificação de manutenção preventiva para alguns componentes de desgaste, assim como a utilização de materiais otimizados são métodos utilizados na construção de veículos de modo a minimizar anomalias. Os fatores que mais influenciam o conforto de um automóvel são: as vibrações, o ruído, a aspereza, a ergonomia física (onde se encontram incluídos todos os ângulos do corpo humano do condutor e passageiros) e o conforto térmico, no qual o sistema de climatização tem um papel fundamental. As irregularidades das estradas produzem vibrações criadas sobre as suspensões do veículo, estas vibrações transmitem-se necessariamente à carroçaria, diminuindo o conforto. Outras perturbações, provenientes das peças mecânicas, também incomodam os ocupantes do veículo. O condutor está igualmente sujeito às vibrações da direção e de outros comandos. O banco é um dos componentes fundamentais no que se refere ao conforto interno do veículo. Estuda-se o banco do ponto de vista da fisiologia humana: as várias partes do corpo devem formar ângulos que evitem o cansaço. Para isso, os bancos geralmente possuem encosto regulável, o que ainda é insuficiente. Atualmente, o uso de materiais esponjosos de densidade variável consegue resultados mais eficientes no amortecimento de oscilações. A ergonomia física do condutor engloba também a posição de comandos tais como o volante ou os pedais. No estudo ergonômico é importante que os ângulos formados pelos membros se aproximem o mais possível do ideal. Nos veículos modernos, um número cada vez maior de comandos adicionais que têm de ser operados pelo condutor e respondem ao elevado número de sistemas disponíveis no automóvel. Assim, estes comandos adicionais são cada vez mais sofisticados, de forma a aumentar sua eficiência e igualmente a segurança do condutor e passageiros. Assim, são objeto de estudos ergonômicos e de avaliações técnicas sobre sua disposição e de perigo em caso de acidente(Ribeiro et al., 2007).

A vibração e o ruído podem causar desconforto aos passageiros e com isso tornar-se prejudicial para a percepção do cliente sobre a qualidade do veículo. O som desejado é tipicamente o relacionado com o motor, e pode ser um bom contributo para a percepção de qualidade por parte do cliente, ou por uma qualidade de som. A vibração o ruído e a qualidade de som são atributos importantes nos veículos. Constam dos principais atributos e

qualidades que os clientes privilegiam quando compram um veículo. Estes atributos são uma medida de percepção do conforto, qualidade e confiança, deste modo nos últimos anos, o som e vibrações nos veículos recebem muita atenção por parte dos fabricantes. Os outros atributos incluem dinâmica, estilo, desempenho, custo, segurança, durabilidade e economia de combustível. Alguns clientes dão muito valor ao design quando têm de escolher um veículo, enquanto outros dão mais prioridade à segurança ou à durabilidade. A vibração e o ruído raramente são o principal atributo a ter em conta na escolha de um veículo. No entanto é um dos atributos muito valorizado durante a utilização do veículo e sentida por parte dos utilizadores(Sheng, 2012). Na indústria automóvel o termo RVA (ruído vibração e aspereza) é amplamente utilizado para descrever sons e vibrações indesejadas num automóvel.

O som e as vibrações de todos os sistemas, subsistemas e componentes do veículo podem ser tratados com recurso à física e resolvidos utilizando equações diferenciais. No entanto muitos dos sistemas e condições reais, são demasiado complexas para serem tratadas deste modo, a perspectiva de fontes-caminho-recetores pode oferecer muitos tratamentos convenientes ou aproximações de vibrações e sons para sistemas reais, portanto para uma simplicidade analítica todas as peças do veículo podem ser vistas como fonte ou caminho de transferência de vibrações ou sons e ambos, contribuindo para a percepção do condutor ou passageiro(Sheng, 2012).

2.2.1. Ruídos

Sons são variações de pressão que se propagam num meio contínuo, como líquidos, materiais gasosos e sólidos. As palavras "som" e "vibração" estão frequentemente ligados. A criação de som é geralmente atribuída à vibração de objetos sólidos ou distúrbios de líquidos, o som pode ser considerado como vibrações que ocorrem em meios contínuos. A variação da pressão sonora propaga-se na forma de ondas sonoras. Existem centenas de vibrações e variados fenómenos sonoros num veículo em movimento. O motor é uma das principais fontes de vibração e ruído. As vibrações do motor são geradas pelas vibrações de componentes associadas às forças inerciais das peças móveis combinadas com a pressão variável da combustão. Isto induz vibrações quer do bloco do motor quer da caixa de velocidades que lhe está acoplada como um bloco inteiro. As fontes de ruído de um motor são: Ruídos mecânicos, Ruído de combustão e Ruído aerodinâmico. O ruído mecânico é formado devido ao efeito de inércia das peças em movimento relativo, sob pressão do ar ou

força de inércia, que consiste no ruído de impacto do pistão, ruído de movimento, ruído da árvore de cames, ruído do sistema de sincronização/distribuição, ruído de acessórios, como bomba de óleo, polia, e sistema de ventilador, etc. O ruído de combustão é formado no cilindro devido aos efeitos da onda de pressão da combustão. O ruído aerodinâmico do motor de combustão é formado principalmente nos sistemas de admissão e escape, os motores de combustão interna, geram pulsações de pressão no sistema de admissão e no sistema de escape, essas pulsações podem ser propagadas pelo sistema de admissão e escape resultando no ruído perceptível na admissão ou escape, a propagação destas pulsações pelos sistemas referidos, podem originar ruídos devido ao contacto das superfícies em todo esse sistema(Crolla et al., 2014). O ruído do sistema de transmissão também contribui para o ruído de propulsão. Além de ruídos e vibrações do sistema de propulsão, as duas principais fontes de ruído são o ruído da estrada em contacto com o pneu e o ruído do vento. Outras fontes de vibração e ruído incluem atrito e vibrações induzidas por impacto, como fonte de ruído nos subsistemas da carroçaria, a vibração e chiar do sistema de travagem e do chassi, etc. Todos os tipos de vibrações e ruídos podem ser transmitidos para o interior do veículo e deste modo ser percebido pelos ocupantes. O ruído interior percebido não depende apenas das fontes, mas também da sensibilidade do caminho que efetua a sua transferência(Sheng, 2012).

Em velocidades baixas os motores de combustão interna são uma das principais fontes de ruído e vibração nos automóveis e em determinadas condições de funcionamento, o ruído emanado pelo motor pode ser superior ao ruído externo. Por isso, nestas condições esse pode ser o ruído predominante no habitáculo do automóvel.

Em velocidades médias, o ruído dos pneus/estrada pode ser a principal fonte de ruído.

Em velocidades elevadas, o ruído aerodinâmico é geralmente a principal fonte de ruído. Basicamente, o ruído do motor, da estrada e aerodinâmico aumentam com o aumento da velocidade.

Estes tipos de ruídos são "ruídos normais", e tidos como esperado e compreendido pelos clientes, na Figura 1 pode ser verificado a relação ruído em função da velocidade. Isso acontece porque o movimento do motor, pneus e veículo estão sempre associados à formação de ruído e vibrações. No entanto, a diferença de percepção, depende da vibração e nível padrão de ruído. Portanto, é necessário suprimir este tipo de ruído e vibração a um nível de conforto adequado(Sheng, 2012).

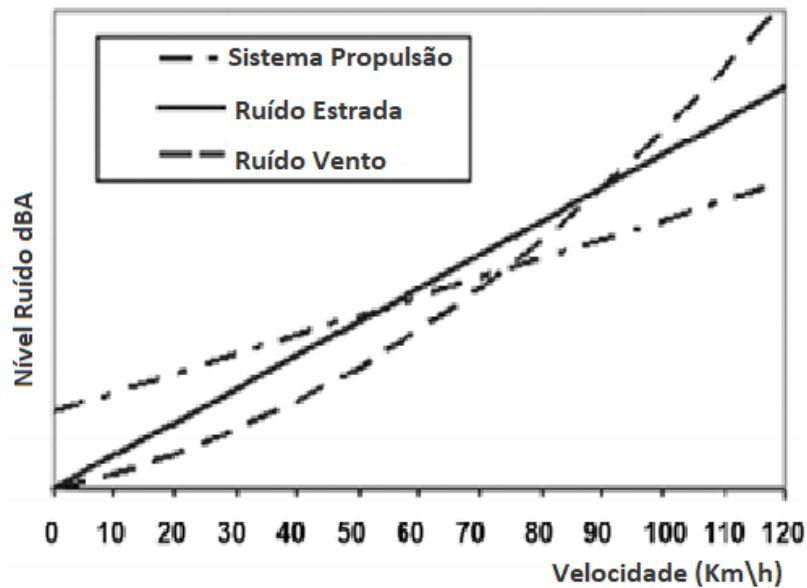


Figura 1 - Ruído vs. Velocidade [Fonte: Adaptado (Sheng, 2012)]

Existem faixas de frequência para as quais estão associadas diferentes fontes como pode ser verificado na Figura 2. As vibrações do chassi e carroçaria devido à excitação do motor e da estrada são geralmente de baixa frequência, muitas das frequências de ruído dos subsistemas do motor estão na faixa de frequência média ou alta, o ruído do vento dos pneus/estrada, assim como o ruído de impactos ou atrito estão na faixa de frequências médias a altas.

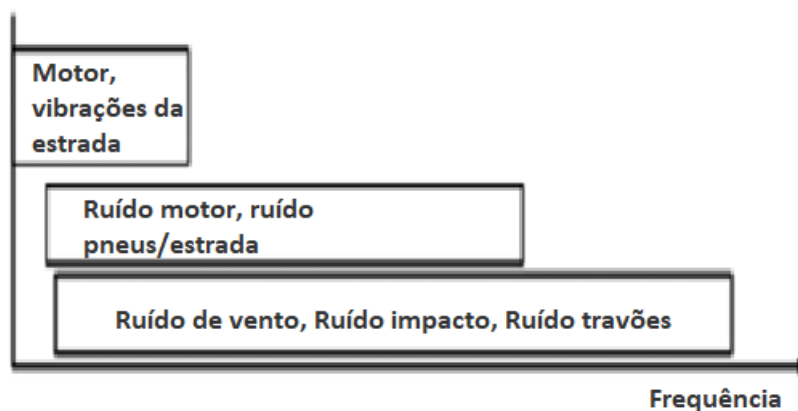


Figura 2 - Faixa de frequência de diferentes fontes de ruído num veículo de passageiros [Fonte: Adaptado(Sheng, 2012)]

O ruído tem efeitos fisiológicos e psicológicos negativos na saúde humana. Podem influenciar perdas de audição temporária, elevação do limiar auditivo ao ruído e perdas auditivas contínuas como trauma acústico. Estes problemas podem ser influenciados tanto

pelo tempo de exposição e/ou nível de ruído. Existem vários efeitos do ruído na psicologia humana, como fadiga, nervosismo, stress, diminuição da concentração, rendimento do trabalho e mudanças na memória e nos comportamentos sociais. Embora existam diferenças pessoais e públicas, geralmente é aceite que o sono e outras atividades são seriamente perturbados e os humanos ficam irritados com o barulho, quando o som nível está acima de 65 dB (A)(Ozcan & Nemlioglu, 2006).

2.2.2. Vibração

O motor de combustão interna gera vibrações resultantes das forças criadas pelo funcionamento do motor estas vibrações, podem ser perceptíveis no chassi ou habitáculo por via dos apoios, trem de rodagem ou outros componentes do veículo. Estando estas vibrações a ser transmitidas para a estrutura do veículo, torna-se possível o aparecimento de ruídos ou vibrações audíveis. O ruído audível acontece quando a vibração origina um movimento vibratório de algum componente e este cria um ruído. Podemos em alguns casos ter apenas uma vibração táctil que não sendo incomodativa como o ruído, torna-se desconfortável na utilização, é perceptível algumas vezes no volante da direção, nos assentos ou noutro componente no qual o condutor possa visualizar ou sentir(Crolla et al., 2014).

A vibração é o movimento oscilatório de um corpo ou estrutura. A vibração ocorre quando um corpo é deslocado de sua posição de equilíbrio estável por uma força. Um sistema de vibração com um número finito de variáveis desconhecidas é considerado discreto, enquanto um sistema cujas variáveis são funções de localização, e do tempo é denominado contínuo(Rao, 1986).

A excitação de um sistema de vibração é geralmente uma função do tempo. No sistema vibratório o movimento causado por excitações é referido como a resposta. E se o movimento vibratório for periódico, o sistema repete o seu movimento com os mesmos intervalos de tempo. O tempo mínimo necessário para o sistema repetir seu movimento é chamado de período, este é o tempo necessário para um ciclo completo de movimento. Frequência é definido como o número de vezes que o movimento se repete por unidade de tempo. Vibrações livres descrevem o comportamento natural de vibração de um sistema. Muitos sistemas precisam ser tratados como sistemas amortecidos devido à dissipação da energia do movimento. A excitação pode ser determinística ou uma função aleatória do

tempo. Dentro das vibrações determinísticas, a resposta em qualquer momento futuro pode ser completamente prevista pelo histórico passado, vibrações forçadas aleatórias são definidas estatisticamente, e apenas a probabilidade de ocorrência de designadas magnitudes e as frequências podem ser previstas(Sheng, 2012).

2.2.3. Ruídos Parasitas

Além do ruído do sistema de propulsão, do contacto com a estrada, do efeito do vento, existem outros fenómenos de vibração e ruído inesperados nos veículos. Ranger e matraquear é o nome de um ruído interior anormal devido à fricção e impacto, ou seja, um ruído parasita. O fenómeno de rangido e matraquear deve-se principalmente ao ruído induzido por fricção (chiar) e ruídos induzidos por impacto (matraquear) que se tornam perceptíveis no habitáculo, que são originados devido ao atrito interfacial e impacto. Esses ruídos representam uma preocupação significativa para a indústria automóvel porque afetam tanto a perceção de qualidade por parte do consumidor como acarretam despesas de garantia (Kavara & Rediers, 2001). Para abordar o problema, os engenheiros necessitam de seleccionar criteriosamente os conjuntos de materiais e controlar as tolerâncias para evitar ruídos indesejáveis e inesperados. Sons induzidos durante os testes de deslizamento (ruído de fricção) e testes de agitação (impacto matraquear) são tipicamente de intensidade suficientemente baixa para que ambos, possam ser mascarados pelo ruído de funcionamento normal de um veículo. Isso torna difícil avaliar objetivamente os conjuntos de materiais e tolerância de montagem e prever de forma confiável o seu desempenho acústico no veículo real utilizando apenas testes de bancada(Trapp et al., 1997).

O ruído interior de um automóvel de passageiros consiste em muitos elementos, um elemento fundamental está relacionado aos ruídos irritantes de matraquear e ranger composto por zumbidos, guinchos, tiques, chocalhos, etc. devido ao atrito e /ou interação de impacto de fricção ou interfaces soltas de conjuntos de peças. Essas partes incluem painel de instrumentos, painéis, fechaduras de porta, pára-brisas e plafonier, forro de proteção do teto / porta e assentos apenas para citar alguns(Crolla et al., 2014). Para os clientes estes ruídos são um indicador primário da qualidade do veículo. O ranger é um ruído induzido por fricção, causados por movimento relativo resultante de um fenómeno “stick-slip” entre as superfícies. O ciclo intermitente do “stick-slip” geralmente ocorre devido ao funcionamento da suspensão. O movimento impulsivo resultante pode produzir uma resposta na estrutura

que provavelmente causará guinchos audíveis numa faixa de frequência de 100-15.000 Hz (Harrison, 2013). A amplitude e frequência do chiar dependem de um conjunto de fatores como constituição dos materiais, coeficiente de fricção, carga normal e histórico de carga, velocidade de escorregamento, inércia e efeitos térmicos, idade, características de desgaste, condições de temperatura e humidade, etc. Matraquear é um tipo de ruído induzido por impacto que ocorre quando há um movimento relativo entre os componentes com uma perda de contato de curta duração e, em seguida, um impacto. Geralmente é causado por elementos soltos ou excessivamente flexíveis sob força excitação. O matraquear de impactos são causados quando as superfícies próximas umas das outras se movem perpendiculares entre si, forçando a separação repetida e o restabelecimento do contato. As principais contribuições são vibrações da suspensão, induzidas pela superfície da estrada, mas pode existir outras contribuições devido a outros fatores, como vibrações do sistema de propulsão (Shaw & Borowski, 1997).

Na indústria automóvel as abordagens para controlar os ruídos do tipo “ranger” e “matraquear” incluem a redução da base de movimento, bem como redução do movimento relativo, melhorando a rigidez e amortecimento da estrutura, otimizando os conjuntos de atrito para ter um contacto favorável e controlar adequadamente a geometria de contato. Movimentos relativos são originados por deficiências estruturais, como rigidez insuficiente, forças de entrada excessivas ou mau alinhamento. Uma suspensão rígida ou projetada incorretamente origina forças elevadas, gerando um movimento de base maior. A rigidez local ou global insuficiente das fixações podem contribuir significativamente para as questões de ranger e matraquear. Não apenas a rigidez, mas também o alinhamento, deve ser bem controlado (Sheng, 2012).

A degradação e desgaste de subsistemas e superfícies devido ao envelhecimento, originam o aparecimento de folgas de modo progressivo ao longo da vida do veículo. As condições de temperatura e humidade causam não só, variações dimensionais nos componentes, mas também alteram significativamente as suas propriedades de fricção, especialmente para componentes de borracha. Dependendo de sua compatibilidade (composições químicas, propriedades de superfície, condições ambientais, etc.), as superfícies podem produzir vários ruídos de “guincho” enquanto os impactos podem produzir “matraquear”. As geometrias de contacto das superfícies, inadequadas também poderão originar ruídos. A separação inadequada de duas superfícies provavelmente também origina ruídos. O controle adequado das tolerâncias tanto no projeto como na produção pode melhorar o desempenho acústico. O

teste de fricção tem sido muito importante para selecionar materiais de modo a existir uma escolha de conjunto de materiais mais compatíveis. Numa caracterização experimental e análise de fricção de materiais, após serem quantificadas as leis de fricção para vários materiais, segue-se a próxima etapa que é classificá-los em termos de desempenho de atrito, durabilidade e fiabilidade. O critério de seleção de material em termos de atrito é o pico de atrito, ou seja, o atrito estático menos o atrito dinâmico, ou o valor relativo da inclinação da curva de fricção-velocidade. Quanto menor for a diferença entre fricção estática e fricção dinâmica, ou quanto menor a inclinação de atrito versus velocidade, menor a probabilidade de os conjuntos de atrito originarem ruído. Note-se que o atrito estático pode ser dependente do tempo e pode ser significativamente dependente da humidade. Boa integridade estrutural estática implica uma adequada e rigidez dinâmica, tanto global como localmente. O requisito de rigidez é geralmente testado tendo em conta as restrições de custo e peso. Quase todos os fabricantes de automóveis fornecem lubrificações anti rangido e revestimentos, incluindo até tratamento anti rangido para couro e couros artificiais. Existem teste simuladores de torção e vibração nos veículos que tem sido amplamente utilizados para simular e caracterizar a probabilidade de eventos de matraquear, em que o subsistema é excitado por um oscilador de um ou seis eixos com varrimento senoidal, aleatória ou mesmo percursos de estrada para simular excitações. A análise de folga e tolerâncias nas peças e montagens é um dos meios mais eficazes para eliminar o matraquear (Stucklschwaiger et al., 1997).

2.3. Processos de redução de vibração e ruído

O isolamento de vibrações é uma abordagem utilizada para controlar ruídos e vibrações nos veículos. O apoio do motor, suporte de carroçaria, apoios de suspensão e apoios do eixo de transmissão são exemplos de isoladores de vibrações. A Figura 3 mostra alguns isoladores tipicamente utilizados num veículo. O isolamento da vibração é obtido separando a estrutura vibratória da fonte de energia ou força. O isolamento consiste na separação da estrutura vibratória da fonte de energia por materiais ou peças elásticas. A principal função do isolador é limitar a transmissibilidade da energia vibratória. Os materiais para isolamento de vibração incluem aço, borracha, ar ou almofadas hidráulicas. O projeto de um isolador envolve a determinação do peso do subsistema a ser suportado, a deflexão necessária e a frequência de

vibração adequada para o sistema. Por exemplo, um motor é isolado do chassi para que as vibrações do motor não excitem a carroçaria. Os pneus e os eixos são isolados de vibração do chassi e carroçaria pela suspensão e amortecedor. (Harriaon, 2004)

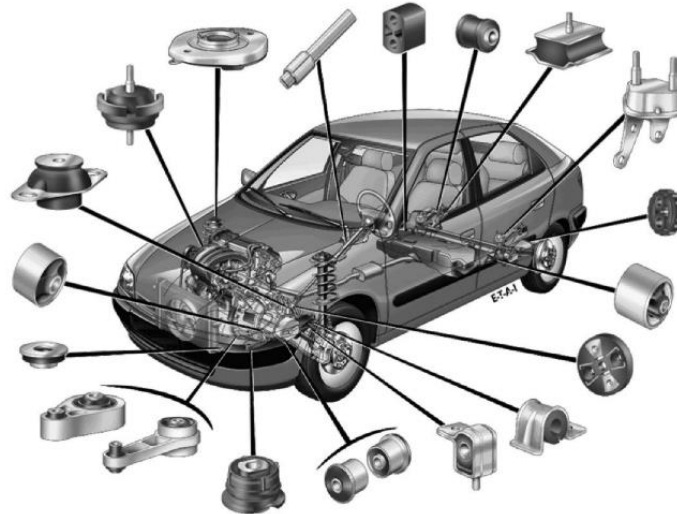


Figura 3 - Isoladores de vibração [Fonte: Adaptado (Sheng, 2012)]

Um amortecedor de vibração dinâmico é frequentemente utilizado no controlo de vibração de veículos. O amortecedor de cambota é utilizado na maioria dos sistemas de motores de veículos. Vários amortecedores ajustados em massa podem ser usados em sistemas de exaustão, colunas de direção e em muitos outros sistemas de modo a controlar vibrações numa fase posterior ao projeto.

Um material de amortecimento é capaz de absorver a vibração e converter sua energia em calor, reduzindo assim o efeito de ressonância. Superfícies vibratórias, como painéis do veículo, geralmente contêm materiais de amortecimento como uma medida de controlo de vibração. Esses tratamentos são úteis nas zonas de frequência que abrangem ressonâncias estruturais ou em frequências centrais da carroçaria do veículo. O aumento no fator de perda de amortecimento pode ser alcançado ligando uma camada viscoelástica a um painel estrutural. Através da aplicação de compostos de amortecimento viscoelástico na carroçaria, podem ser alcançadas reduções de 5-10 dBA de ruído interno. Normalmente, a espessura do material de amortecimento deve ser pelo menos duas vezes a espessura do painel de chapa. O tratamento de amortecimento é geralmente realizado por meio de endurecimento estrutural. Uma variedade de materiais de amortecimento estão disponíveis e podem ser colados, pintados, colados ou pulverizados nos painéis. A Figura 4 mostra algumas peças

típicas usadas para tratamento de amortecimento em um carro. Outros locais onde se aplica o tratamento de amortecimento são, cárter do motor, tampas das válvulas, tampas do motor, tampas da transmissão, tampas da correia dentada e sistema de admissão.(Sheng, 2012)

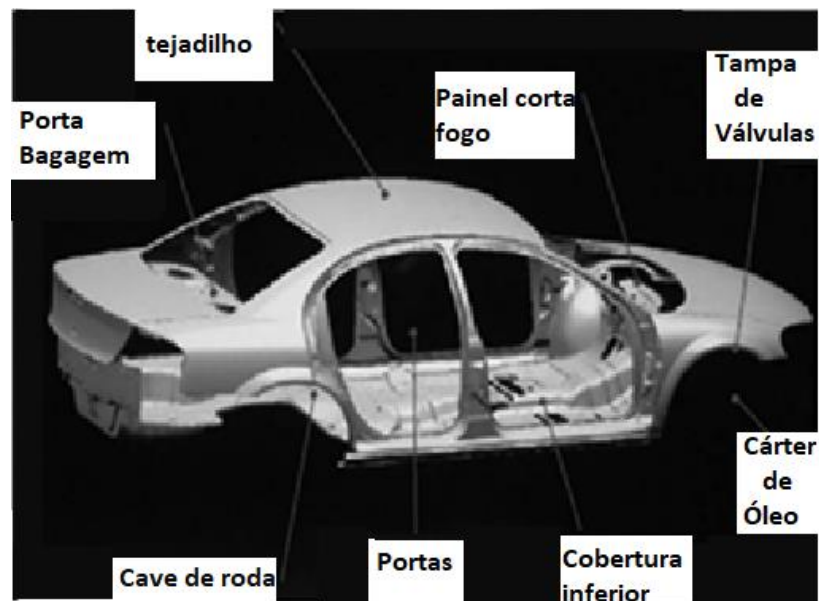


Figura 4 - Locais de Aplicação do tratamento [Fonte: Adaptado (Sheng, 2012)]

2.4. Controlo de ruído por absorção

Quando uma onda sonora é propagada na superfície de uma fibra ou material poroso, o movimento do fluxo de ar e a fricção dissipam parte da energia sonora em calor. Interstícios ou espaço entre estruturas sólidas (como fibras) desempenham um papel importante no processo de dissipação de energia. Esta função das fibras ou materiais porosos pode ser usada para tratamento de absorção de ruído num veículo. Os materiais de absorção de ruído são geralmente fabricados em formas de placas, espumas, tecidos, tapetes ou almofadas. A capacidade de absorção do som de um material é caracterizada pelo coeficiente de absorção do material, que é a razão entre a potência acústica absorvida e a potência acústica incidente.

O coeficiente de absorção é a medida da eficiência de absorção do som de um material, que varia com a frequência e o ângulo em que o som incide na estrutura. A sua magnitude depende da espessura do material, do espaço aéreo e da densidade do material. Os painéis da carroçaria geralmente são submetidos a um tratamento de amortecimento para controlar a vibração ressonante. O interior do corpo também é coberto com um tratamento de absorção

(como tapete de fibra de vidro ou espuma de células abertas) para evitar a acumulação do som ressonante no interior.(Qatu et al., 2009)

A medida do desempenho acústico do interior de um veículo antes e depois do tratamento de absorção de som é a perda de inserção (*Insertion Loss*), que é definida como dez vezes o logaritmo da razão entre a potência sonora irradiada pelo painel da fonte não tratada e a potência sonora irradiada por o painel de origem tratada no interior. A perda de inserção (*Insertion Loss*) também tem sido usada para quantificar outros tipos de tratamento de som, como a aplicação de um silenciador de escape (Pierce, 2019).

O comportamento acústico geral do interior de um corpo pode ser descrito em termos de quatro regiões de frequência.

- A região 1 está abaixo da primeira frequência ressonante do painel interno, nesta região, a perda de inserção é constante, exceto se cair rapidamente perto da ressonância do primeiro painel. Esta região é uma de região de rigidez controlada, na qual a perda de inserção depende principalmente da rigidez à flexão dos painéis e aumenta com o aumento da rigidez.

- A região 2 está acima da frequência de ressonância de primeira ordem do painel, nesta região, a transmissão do ruído é controlada pela ressonância do painel e pelo modo acústico do compartimento. A perda de inserção pode ser aumentada com o uso de amortecimento do painel e material de absorção no interior.

- Na região 3 de maior frequência, o comportamento acústico é semelhante ao da região 2. A densidade do modo ressonante do painel na região 3 é muito alta, a perda de inserção diminui com o aumento do coeficiente de transmissão do painel e aumenta com o aumento do coeficiente de absorção médio. Como o coeficiente de transmissão do painel diminui com o aumento da densidade da massa de área do painel, e a perda de inserção depende da densidade de massa, a região 3 é chamada de região de massa controlada.

- Na região 4 há uma queda substancial de perda de inserção na frequência de coincidência (a frequência em que a velocidade da onda de flexão no painel é igual à velocidade da onda acústica). Nesta frequência, o som pode ser transmitido através do painel de forma eficiente e a perda de inserção pode ser aumentada aumentando a massa ou amortecimento do painel. Podemos alterar a espessura ou as propriedades do material do painel para alterar a frequência de coincidência e permitir que fique fora da faixa de frequência de excitação.(Sheng, 2012)

Algumas estruturas ou dispositivos especiais são projetados para serem capazes de absorver ruídos de frequência específica, como silenciadores do sistema de escape. Existem dois tipos de silenciadores, os silenciadores reativos e os resistivos.

Os silenciadores resistivos ou dissipativos são feitos de tubos, aberturas / cavidades ou câmaras. As paredes internas dos silenciadores reativos são revestidas com um material acusticamente absorvente, que permite que o ar flua livremente na superfície enquanto reduz a transmissão do som, atenua o som pela ação de absorção de energia acústica do material absorvente dentro dos silenciadores. Esses dispositivos normalmente fornecem atenuação de ruído numa ampla faixa de frequência.

Os silenciadores reativos dependem do mecanismo de expansão, contração ou saliência do tubo para controlar o som. As expansões ou contrações abruptas do fluxo de ar dão origem à descontinuidade, que gera ondas sonoras reflexivas que podem resultar na atenuação das ondas incidentes. No final, isto permite que ondas sonoras mais baixas sejam irradiadas para o recetor. O reflexo das ondas acústicas na descontinuidade e a interação dessas ondas reduz a transmissão do som. Um canal com uma extremidade fechada comporta-se como um oscilador ou absorvedor acústico, o que aumenta alguma atenuação das ondas incidentes. Os silenciadores reativos são dispositivos essencialmente sintonizados que fornecem grande atenuação em certas bandas de frequência e pouca atenuação em outras. (Saint, 2021)

A Figura 5 ilustra alguns materiais de isolamento e absorção de ruído aplicados em um veículo.

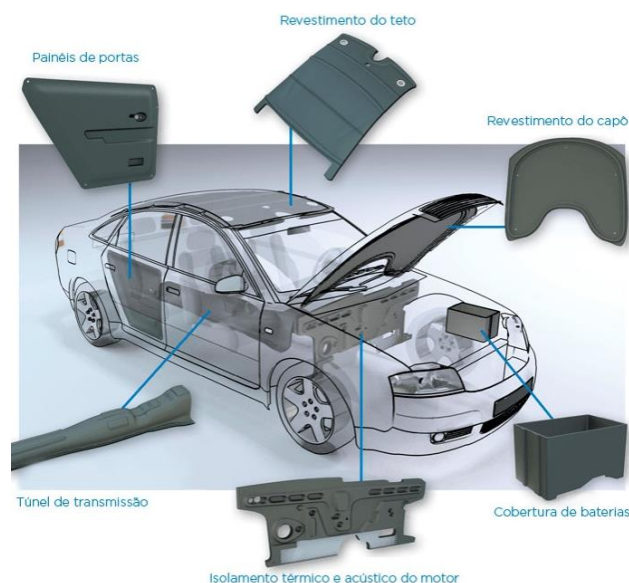


Figura 5 - Materiais de isolamento [Fonte: Adaptado (Saint, 2021)]

2.5. Princípios físicos do som

Na física uma onda é uma perturbação oscilante de alguma grandeza física, no espaço e periódica no tempo, a sua oscilação no espaço caracteriza-se como sendo o comprimento de onda, a sua periodicidade no tempo é medida pela frequência da onda. Estas duas grandezas estão relacionadas pela velocidade de propagação da onda. Fisicamente uma onda é um pulso energético que se propaga através de um meio.

Os ruídos ou os toques/tons perceptíveis para o ouvido do Homem e dos animais (sistema cerebral/ auditivo) são designados, de modo geral, como som. O som ou a onda sonora são causados pelo movimento rápido de um corpo e transmitem-se através de vibrações mecânicas de um meio (gasoso, líquido ou corpo sólido) ao seu ambiente. Por isso, distingue-se entre som aéreo, som através de líquidos e som de estrutura.

•Som aéreo

Som aéreo significa ondas sonoras que se propagam pelo ar. No som aéreo, distingue-se entre som direto e indireto. O som direto atinge o recetor sem reflexões. Com som indireto, designam-se ondas sonoras que, no seu trajeto até ao recetor, foram refletidas, pelo menos, uma vez por um objeto.

•Som através de líquidos

Tal como no ar, os sons também podem ocorrer nos líquidos devido a turbulência, pulsação ou choque. Adicionalmente o som também pode surgir devido a cavitação. Fala-se de cavitação quando, num fluxo de fluido, a pressão estática baixa além da pressão de vapor. A implosão das bolhas de vapor assim causada dá origem, localmente, a uma alteração de pressão muito rápida e, com ela, a um ruído de banda larga (p. ex., ruído na hélice de um navio).

•Som de estrutura

Como som de estrutura, designam-se vibrações mecânicas que se propagam em matérias sólidas. O som de estrutura não é perceptível pelo ouvido humano. No entanto, ele é convertido em som aéreo pela radiação de paredes, pisos e outras superfícies, sendo perceptível pelo ouvido. A superfície do corpo comporta-se como a membrana móvel de um altifalante, pondo o ar em vibração. São exemplos de som de estrutura o martelar, caminhar sobre o chão, passar numas escadas ou um sismo.(Pierce, 2019)

No vazio, não é possível a propagação de som por falta de um meio adequado.

2.5.1. Onda sonora

As ondas sonoras são ondas mecânicas, pois necessitam de um meio (material) para se propagarem. O som propaga-se numa onda longitudinal, ou seja, a vibração e a propagação efetuam-se na mesma direção assim temos que a vibração é paralela com a propagação. No ar a onda de propagação é composta por zonas de compressão e zonas de rarefação.

No ar a temperatura de 20°C e a uma pressão de 1 atm. a velocidade de propagação do som é de 340m/s já num meio líquido a velocidade de propagação é superior á velocidade do meio gasoso, e em forma geral no meio sólido a velocidade de propagação é a mais elevada. Portanto quando o som muda de um meio de propagação para outro (refração) a velocidade do som ajusta-se ao meio em que está inserido e com isto muda a sua velocidade de propagação.

Se o ar for colocado em vibrações regulares, por exemplo, por um instrumento ou uma máquina, estas vibrações propagam-se como ondas sonoras. O tempo que passa até a vibração se repetir é designado como duração da vibração. A distância mais curta entre dois pontos de uma onda sonora é designada por comprimento de onda e indicada em metros [m] Figura 6 (onda sonora).

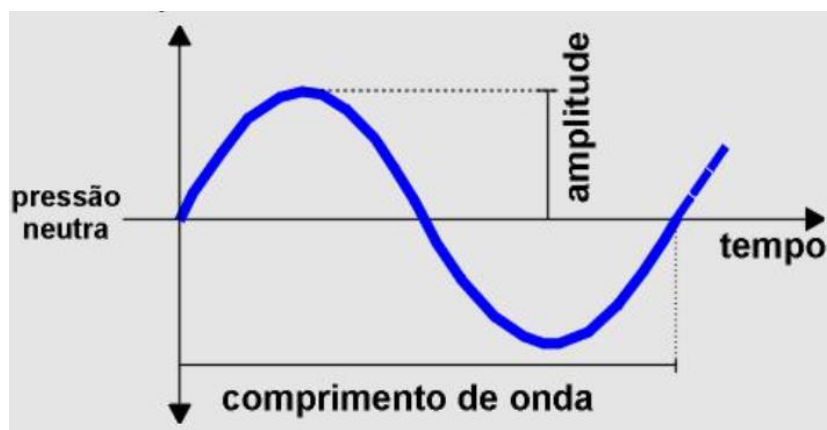


Figura 6 – Onda sonora [Fonte: Adaptado (Poggio, 2021)]

O número de vibrações por segundo corresponde à frequência e é indicado com a unidade hertz [Hz]. 1 Hz corresponde, assim, a uma vibração por segundo [1/s] Figura 7 (gráficos da frequência).

A frequência de uma onda sonora é responsável pelo nível do som. Quanto mais elevada a frequência, mais reduzido o período das vibrações e mais alto o tom. Assim a frequência permite classificar o som como agudo ou grave. Quanto maior a frequência, mais agudo é o som, e quanto menor for a frequência, mais grave é o som.

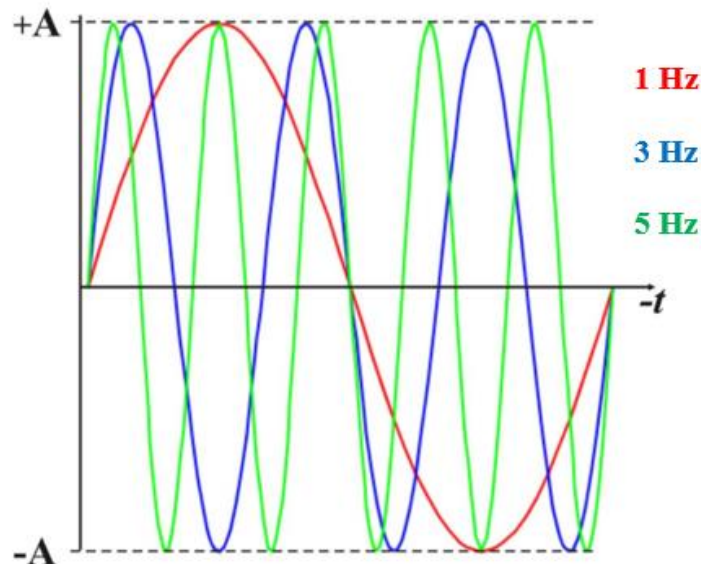


Figura 7 - Ondas de frequência [Fonte: Adaptado (Dantas & Cruz, 2018)]

A oscilação máxima de uma onda sonora sinusoidal, ou seja, a altura de um pico da onda ou a profundidade da onda, é designada de amplitude. O valor da amplitude determina a energia e, conseqüentemente, o volume perceptível de um sinal acústico/som.

2.5.1.1. Pressão acústica

O volume de ondas sonoras não pode ser medido em termos físicos. O que efetivamente pode ser medido é a pressão acústica. Em comparação com a pressão de ar atmosférica, as variações de pressão audíveis são mínimas. Em termos físicos, elas sobrepõem-se à pressão de ar existente e são designadas como pressão acústica P com a unidade pascal [Pa] (Figura 8).

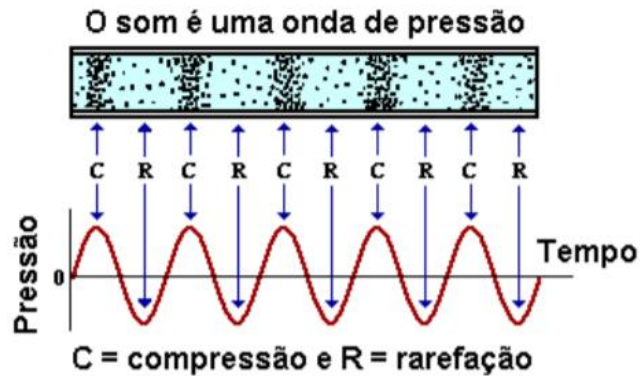


Figura 8 - Ondas de pressão [Fonte: Adaptado(Pavan, 2011)]

O ouvido humano é capaz de perceber rápidas oscilações na pressão do ar. Numa conversa normal, estas oscilações da pressão do ar situam-se aproximadamente 0,05 Pa (1/2 000 000 da pressão atmosférico).

As alterações meteorológicas, por sua vez, fazem com que a pressão de ar tenha oscilações de vários milhares de Pa num período de dias.

A sensibilidade do ouvido é importante para ignorar variações lentas da pressão, como as causadas pela diferença de altura ao subir umas escadas (várias dezenas de Pa) ou no caso de alterações meteorológicas. A pressão de ar estática existente tem um efeito igual no interior e no exterior do tímpano. Por isso, ela não tem qualquer influência na audição.

A compensação da pressão entre o interior e o exterior faz-se através da trompa de Eustáquio (denominada em honra do anatomista italiano Bartolomeo Eustachi). Ao bocejar ou noutros movimentos do maxilar, esta ligação entre a faringe e o ouvido médio abre-se para equilibrar a pressão (Figura 9).

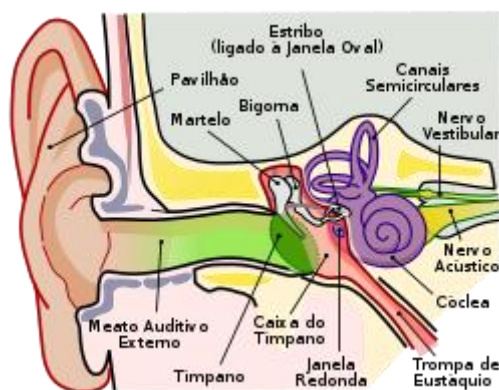


Figura 9 - Ouvido humano [Fonte: Adaptado (Piol, 2014)]

2.5.1.2. Nível de pressão acústica

O ouvido humano consegue processar uma pressão acústica no intervalo entre 0,00002 Pa (limiar de audição) e aproximadamente 20 Pa (limiar de dor). Na verdade, estes dados não correspondem, de forma alguma, à sensação do volume de som. Como a pressão acústica de um tom é muito pequena, para a indicação da intensidade sonora, a pressão acústica de um tom é comparada com a pressão de um tom ainda perceptível a 1000 Hz = 1 kHz. Esta referência relativa é designada de nível de pressão acústica L ou apenas como nível acústico. O valor é dado em decibéis [dB].

A introdução desta escala encurta consideravelmente a gama de valores. Os valores de pressão acústica de 0,00002 Pa até 20 Pa são representados pelos valores de 0 a 120 dB e apresentados numa escala logarítmica. A partir da pressão acústica e da pressão acústica relativa (limiar de audição a 1 kHz), é possível calcular o nível acústico através da seguinte fórmula:

$$L = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right) \quad [\text{dB}]$$

Onde L corresponde ao nível pressão sonora, p corresponde à pressão acústica efetiva [Pa], e p₀ corresponde à pressão acústica relativa (p₀ = 0,00002 Pa) a 1 kHz.

Como o ouvido humano funciona aproximadamente em termos logarítmicos, o valor em decibéis permite obter uma melhor conformidade com a percepção do volume de som de um sinal acústico. Um aumento do nível em 10 dB é percebido, aproximadamente, como uma duplicação do volume do som. Uma pessoa consegue detetar perfeitamente diferenças de um decibel.

2.5.1.3. Volume do som

Dois tons com o mesmo nível acústico, mas com frequências diferentes, também são frequentemente percebidos como tendo intensidades diferentes. Para além da grandeza física mensurável (pressão acústica, nível de pressão acústica), também foi, por isso, definida uma grandeza puramente subjetiva, o volume do som.

Como o ser humano é menos sensível a tons graves do que a tons agudos, introduziu-se a avaliação dB(A). O (A) a seguir ao dB designa um filtro elétrico no aparelho de medição, o qual está adaptado à sensibilidade do ouvido humano ao volume de som, sensibilidade esta que depende da frequência.

A definição do volume baseia-se na comparação subjetiva de dois processos sonoros. Para esta comparação, foi escolhido como tom de referência de 1 kHz. A escala de volume a 1 kHz corresponde, por isso, exatamente à escala de decibéis (Figura 10).

Para determinar o volume de um dado processo sonoro (sinal acústico), compara-se o sinal existente com o tom de referência de 1 kHz. A intensidade do tom de referência altera-se até que seja sentido como tendo igual volume que o sinal existente. O nível acústico legível no tom de referência corresponde, então, ao volume do processo sonoro criado.

Ao longo das frequências audíveis pelo ouvido humano de 16 a 20 000 Hz, resulta assim uma relação, obtida experimentalmente, entre o nível de pressão acústica e o volume de som.

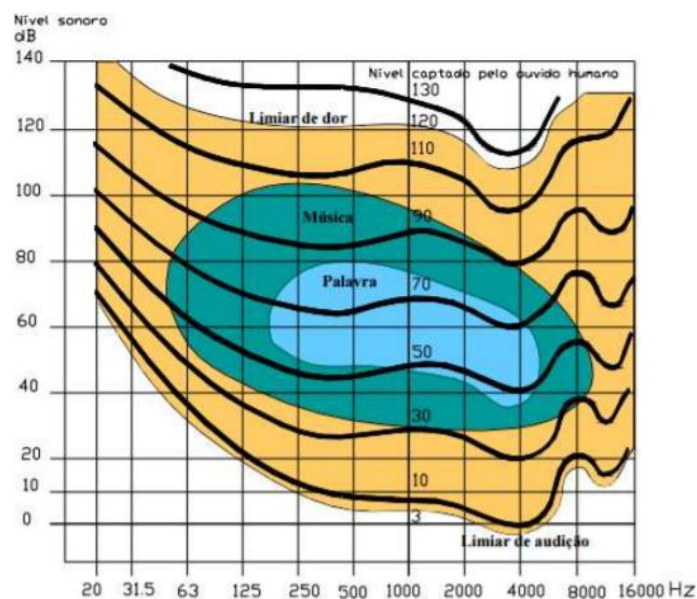


Figura 10 - Valores de nível sonoro audição humana [Fonte: Adaptado (Faculdade et al., 2018)]

2.5.2. Som audível

A gama de frequências audível pelo ouvido humano é, em geral, designada de som e encontra-se entre 16 e 20 000 hertz. Nas pessoas de idade avançada, o limiar de frequência superior é, na verdade, inferior.

Os 16 hertz são sons particularmente graves; 20 000 hertz correspondem a sons muito agudos, estridentes. A faixa abaixo do limiar de audição é designada de infrassom. Acima do limiar de audição humano trata-se de ultrassons (Figura 11).

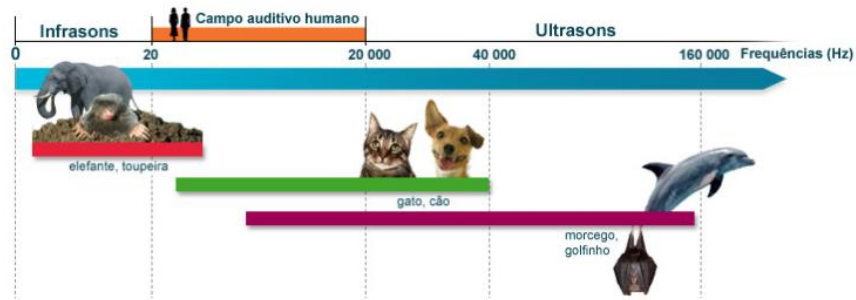


Figura 11 - Campo auditivo humano [Fonte: Adaptado (Pujol, 2018)]

Em função do nível de pressão acústica e da duração da irradiação acústica, o ouvido humano poderá ser afetado de modo duradouro (Figura 12).

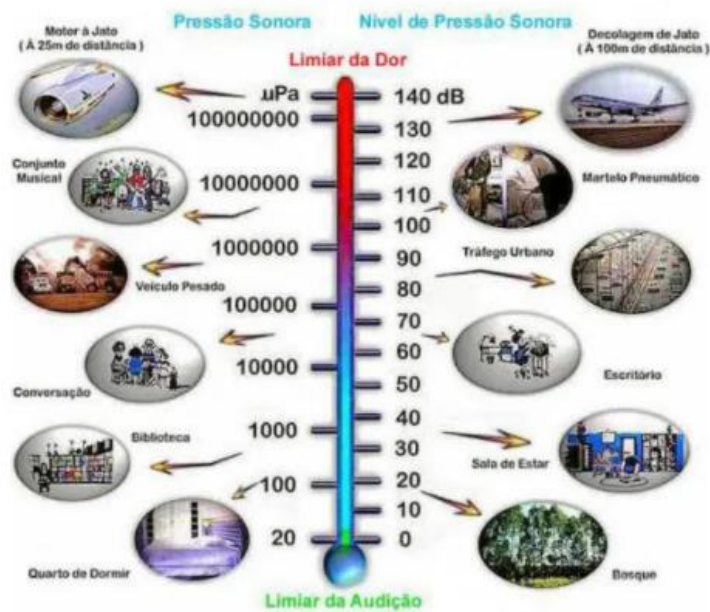


Figura 12 - Níveis sonoros [Fonte: Adaptado (Engenharia, 2020)]

2.5.3. Redução do som com a distância

Com a distância em relação à fonte de som, também se dá uma redução do nível acústico. No caso de uma emissão de som esférica, pode contar-se com uma redução de volume de 5 a 6 dB com a duplicação da distância.

Isto significa que, se se tiver medido um volume de som de 90 dB(A) a uma distância de 1 m de uma fonte de som, à distância de 3 m, ainda será mensurável um volume de 78 dB(A) (Figura 13).

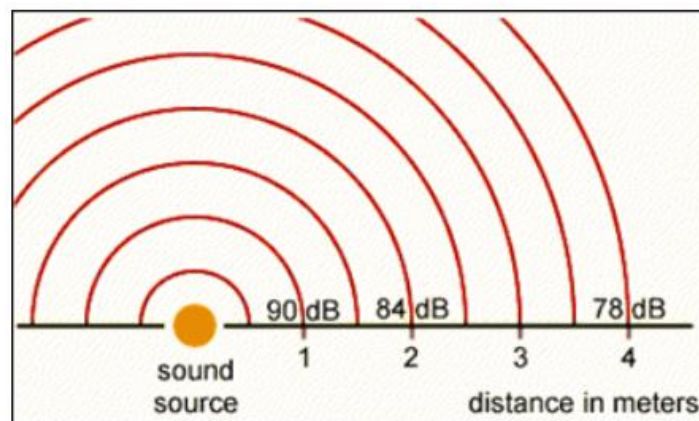


Figura 13 - Emissão de som esférica [Fonte: Adaptado (OSHA, 2013)]

Contudo, aqui o ambiente possui um papel importante. Florestas e campos de cereais, por exemplo, atenuam o ruído, enquanto que as fachadas dos edifícios emitem um eco que pode ter um efeito de reforço.

2.5.4. Efeito Doppler

Por efeito Doppler (denominado em honra do físico e matemático austríaco Christian Doppler) designa-se a variação da frequência perceptível ou medida de ondas de qualquer tipo, à medida que a fonte e o observador se aproximam ou afastam um do outro, ou seja, quando possuem movimento relativo.

Se o observador e a fonte se aproximarem, aumenta a frequência perceptível por parte do observador; se eles se afastarem, a frequência reduz-se.

Um exemplo conhecido é a alteração da altura do som da sirene de uma ambulância. Enquanto a viatura se aproxima, o tom perceptível é mais agudo do que com a viatura parada; quando ela se afasta, o tom torna-se mais grave (Figura 14).

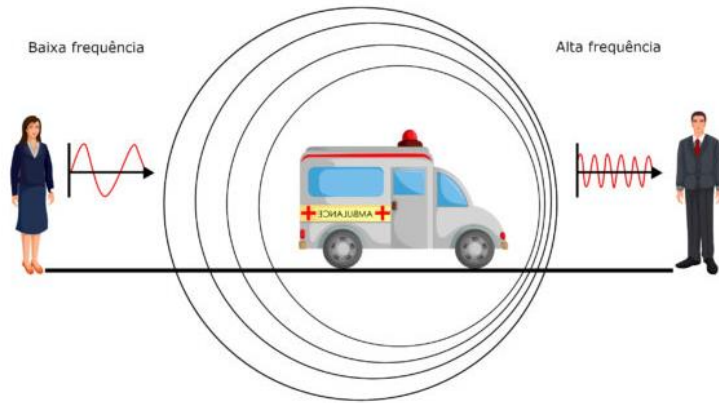


Figura 14 - Efeito de doppler [Fonte: Adaptado (Rodrigues, 2011)]

3. Tipos de ruídos

3.1. Percepção de ruídos

Os tipos de ruídos bem como a percepção inerente a estes varia de pessoa para pessoa, o que para uma pessoa é ruído para outra pode ser som, tudo isto pode ser compreensível e aceitável quando se está a discutir a nossa opinião, contudo quando é pretendido transmitir a terceiros o nosso desconforto com o “ruído” torna-se necessário que exista uma sintonia na forma de referir os ruídos, assim deste modo torna-se possível para ambas as partes intervenientes na comunicação, compreender o som que estão a discutir, mesmo que ambos não cheguem a um consenso sobre, se é um ruído ou um som, pelo menos torna-se possível perceberem que estão a falar do mesmo “ruído”.

Neste capítulo irei procurar definir alguns sons/ruídos que deste modo procuram dar a compreender a “forma” do ruído independentemente da percepção dada por cada um, pois assim torna-se possível facilitar a comunicação quer entre pessoas de áreas distintas.

O ser humano consegue perceber os ruídos de forma seletiva, isto é, ele é capaz de filtrar acusticamente o som de uma fonte, do som num ambiente carregado de ruídos. O ser humano consegue, por exemplo, concentrar-se nas palavras de um só orador num espaço cheio de pessoas a falar, suprimindo todos os outros ruídos. O aparelho auditivo alcança, nessa ocasião, uma supressão de sons de interferência de 9 a 15 dB. Isto significa que a fonte de som na qual um ser humano se concentra é percebida num volume 2 a 3 vezes mais elevado do que os ruídos ambientais.

A percepção de ruídos de interferência, contudo, é subjetiva. Se os ruídos incluírem determinadas informações que, na recordação de um ser humano, foram classificadas como negativas ou incómodas, estes também serão percebidos como perturbadores. Não existe uma grandeza física correspondente para ruídos de interferência.

Contrariamente às expectativas gerais, o nível sonoro não dá qualquer indicação sobre o quão perturbador é considerado um ruído. Também o barulho é considerado de forma diferenciada devido à percepção subjetiva.

Podemos por exemplo, imaginar a experiência de audição de uma grande orquestra que, apesar do elevado nível de volume, não é considerada perturbadora. Por sua vez, o nível significativamente mais baixo de um mosquito provoca associações negativas no ser humano. A diferença de nível é, aqui, de aproximadamente 60 dB.

Ou seja, o elemento decisor da manifestação consciente de um ruído perturbador não é o ouvido, mas o cérebro, onde se compara o teor informativo do que é escutado com os respetivos conteúdos.

Para a análise de ruídos nas viaturas, uma audição perfeita do colaborador do serviço é, apesar da sua perceção subjetiva, um instrumento indispensável e realça particularmente a sua importância na classificação e localização da fonte de ruído.

3.2. Vista Geral

De uma forma geral numa viatura e durante a sua utilização existem ruídos associados onde, alguns não causam alarme ou preocupação aos ocupantes, outros por sua vez procuram alertar para algo e deste modo podemos considerar como ruídos úteis, outros por sua vez podem tornar-se num verdadeiro incómodo dependendo de pessoa para pessoa. Podemos deste modo classificar os ruídos presentes numa viatura por diferentes categorias, neste trabalho optei por dividir pelas seguintes categorias:

- Ruídos de condução
- Ruídos de funcionamento
- Ruídos de informação
- Ruídos de interferência

3.2.1. Ruído de condução

Nos ruídos de condução estão englobados os ruídos normais inerentes à utilização de uma viatura, necessários para o efeito de locomoção bem como os ruídos naturalmente originados por essa locomoção. Dentro destes ruídos estão:

Os ruídos de acionamento são originados pelo motor, caixa de velocidades, componentes auxiliares, sistema de admissão e de escape.

Os ruídos aerodinâmicos são causados, sobretudo, em caso de uma condução rápida, através do redemoinho do ar do vento de deslocação nos bordos e folgas da superfície da viatura.

Os ruídos de rodagem ou de deslocamento são causados pelo efeito de alternância entre as superfícies de contacto dos pneus e a faixa de rodagem. Os ruídos de rodagem são tão mais elevados quanto maior a velocidade de deslocação da viatura.

3.2.2. Ruídos de funcionamento

Nos ruídos de funcionamento estão inseridos os ruídos originados com o funcionamento ou manuseamento de componentes do veículo, sendo deste modo impossível a utilização dos mesmos sem que exista um ruído associado, e, como tal estes ruídos estão presentes e por norma são aceites pelos utilizadores do veículo. Ainda assim e dentro do tecnicamente possível estes ruídos são atenuados nos processos de produção com a ajuda do departamento de RVA contudo não conseguem ser eliminados na sua totalidade. Nos processos de regulação mecânicos e/ou elétricos, bem como ao acionar interruptores, são causados ruídos voluntários ou inevitáveis (ventilador, motor elétrico de acionamento dos vidros, relé do indicador de mudança de direção).

3.2.3. Ruídos de informação

Durante a condução dos veículos existem informações de alerta que devem ser avaliadas pelos condutores, pois podem de certo modo criar condição que afetem a segurança de utilização do veículo. Estas informações deveram, portanto, ser visualizadas pelo condutor de modo a que este possa tomar uma decisão ativa para poder solucionar as mesmas, no geral dos construtores de automóveis é adicionado à mensagem “Check Control” um som não agradável e com cadência variável para deste modo chamar a atenção do condutor e assegurar de forma mais segura que o alerta de informação não passa de despercebido. Deles fazem parte os ruídos que transmitem uma determinada

informação (saída de voz do sistema de navegação, mensagem acústica do “Check Control”).

3.2.4. Ruídos de interferência

Os ruídos de interferência são ruídos com uma qualidade negativa. Isto significa que o ruído leva a uma experiência auditiva considerada desagradável, perturbadora, despoletando associações negativas ou não adequada ao produto. Por exemplo:

- revestimentos e componentes de plástico soltos;
- componentes desconhecidos no ruído de funcionamento de motor;
- ruído de vento excessivo.

Estes ruídos são frequentemente reunidos sob os termos coletivos “matraquear” e “ranger”.

Os ruídos de interferência podem ter origem em diversas fontes e conseqüentemente originar diversos tipos de ruídos de interferência. A existência de um ruído de interferência origina a necessidade, de uma intervenção corretiva ao veículo de modo a solucionar a anomalia que origina o ruído.

Este tipo de ruídos são considerados como indesejados na utilização de veículos, pois tornam essa utilização do veículo bastante desconfortável.

4. Ruídos de interferência

Para ruídos de interferência, não existe qualquer terminologia normalizada ou homogênea. No entanto, na indústria automóvel, estabeleceram-se determinados termos ou onomatopeias. Quando se fala de ruídos de interferência, trata-se, na maioria dos casos, de termos/onomatopeias como matraquear, ranger, estalar, bater, crepitar, zumbir, entre outros.

Para que ocorram muitos ruídos de interferência, é necessário que exista o emparelhamento de, pelo menos, dois componentes que entrem em contacto entre si e fiquem com movimento relativo um em relação ao outro.

A causa para a fonte de ruído originada no ponto de contacto é, em qualquer caso, uma excitação externa, geralmente causada pelo regime de condução, por exemplo, um portaluvas a matraquear ao circular sobre piso de paralelos.

As vibrações causadas por irregularidades na faixa de rodagem são então transmitidas através dos pontos de apoio cada vez mais rígidos, e colocam, pelo menos, um componente do ponto de contacto em movimento relativo. O som de estrutura assim gerado é, a seguir, dissipado na interface corpo/ar como som aéreo, que, depois, é sentido como ruído de interferência.

Em função do estado da superfície, geometria e massa do componente excitado, é definido o seu amortecimento próprio e, assim, a frequência do ruído de interferência perceptível.

Por esta razão, no desenvolvimento das viaturas, presta-se atenção para que as frequências próprias dos componentes sejam diferentes das frequências de excitação, pois, caso contrário, as ressonâncias causadas têm como consequência um reforço do ruído causado por componentes em contacto. No pior dos casos, ocorre um reforço devido à eventual existência de cavidades. Este efeito é designado por efeito de caixa de ressonância.

No entanto, os ruídos de interferência também podem surgir com a viatura parada, por exemplo, um apoio de braço no revestimento da porta que range sob carga efetuada pelo ocupante.

4.1. Matraquear

O matraquear descreve o bater de componentes uns contra os outros. No ruído parasita, o matraquear é em muitas situações detetada, a zona do automóvel onde existe a fonte emissora com relativa facilidade, pois quando o ruído se manifesta este é acompanhado com um impacto que gera uma vibração e deste modo, muitas vezes com a sensibilidade humana, ao colocar as mãos sobre componentes torna-se possível sentir a vibração originada, o que permite canalizar a atenção para a zona da fonte emissora. O matraquear também é favorecido, por exemplo, por medidas de folga cada vez mais pequenas, tanto no interior, como no exterior, e a pequena distância entre os componentes.

4.2. Ranger

O ranger é originado pelo chamado efeito “stick-slip”, no qual as superfícies dos componentes deslizam relativamente entre si. Aqui, o ruído é causado pela mudança periódica entre fixação e deslizamento e é exteriorizado como um chiar ou um rangido. Pode existir ranger deste componentes de carroçaria, suspensão ou até forras de habitáculo, por norma este tipo de ruído quando se manifesta é detetável a sua origem com relativa facilidade, pois nos componentes que originam o ruído é perceptível um diferente aspeto das superfícies de contacto.

Neste caso, a aspereza das superfícies é determinante. Se elas possuírem um revestimento escorregadio ou anti rangidos, por exemplo, vernizes antifricção especiais, o efeito “stick-slip” é consideravelmente reduzido.

Existem ainda inúmeras outras definições de ruídos de interferência que, na sua criação física podem, maioritariamente, ser atribuídos ao matraquear ou ranger e que, quase sempre, são apenas compostos por um diferente carácter de impulsionar dos sinais ou uma

outra mistura de frequências. Na sua percepção, eles podem, porém, diferenciar-se claramente do matraquear ou ranger clássico.

4.3. Roncar/vibrar

O roncar/vibrar é originado por um desequilíbrio de massa, seja por empeno da forma do componente ou por prisão do movimento, a presença deste sintoma é variável pois quando a frequência de vibração, é aumentada começa a estar associado à vibração um ruído que podemos apelidar de “ronco”. Nestes casos a tendência de manifestação do sintoma é compreendida de forma objetiva, o que facilita no processo de diagnóstico da origem do sintoma.

A presença de roncar/vibrar está em maioria dos casos associada ao grupo propulsor e cinemática do automóvel, o que origina a que seja manifestado por exemplo no veio de transmissão, compartimento de motor. Contudo o sintoma é sentido em toda a viatura, e por consequentemente por todos os ocupantes da mesma.

4.4. Uivar

O uivar é um ruído originado pelo deslocamento não programado de fluidos, sejam eles gasosos ou líquidos, no caso do fluído gasoso quando existe uma rotura de tubagem e consequentemente isso origina uma passagem não controlada do fluido quando sujeito a pressão, então pode suceder que esse ruído se assemelhe em muito com um uivar, contudo nos sistemas em que o fluido é um liquido o frequente não será uma fuga para o exterior mas sim fuga interna entre canais de diferentes pressões, que originam turbilhões e consequentemente desequilíbrios dinâmicos que são refletidos sobe a forma de ruído.

O uivar está muitas vezes agregado a sistemas como turbocompressor de gases de escape, menos frequentemente a sistema de hidráulico de direção ou bomba de óleo.

4.5. Estalidos

Os estalidos são ruídos mais estridentes, frequentemente associado a componentes metálicos de baixa espessura que quando sofrem um toque por parte de outro componente da viatura ou alguma torção inerente ao funcionamento do sistema onde se encontra inserido, este produz um ruído de estalido.

Os sistemas existentes numa viatura que estão mais propícios ao fenómeno de ruído por estalidos, são por exemplo o mecanismo de tejadilho de abrir/defletor no sistema de embraíagem durante o pressionar da mesma.

4.6. Crepitar

O crepitar descreve um ruído semelhante aos estalidos, contudo a sua cadência e intensidade não segue um padrão, é também mais suave do que o um estalido. Em maioria dos casos estamos perante arranjos de estrutura de um só componente, onde a sua estrutura interna manifesta as alterações da microestrutura através de som. Estas solicitações impostas às estruturas são normalmente efetuadas através de solicitações de torção ou por solicitação térmica com variações da temperatura. Existe porem casos em que este crepitar é originado por ligações mecânicas em materiais de diferentes composições que originam consequentemente diferentes dilatações.

O sintoma de crepitar manifesta-se em sistemas de escape, em discos de travão sendo neste caso mais frequente em discos de travão de dupla composição, em alguns sistemas de tejadilhos de correr em que a sua estrutura do mecanismo é construída em alumínio e caso a mesma se encontre “desalinhada” durante o movimento dos painéis de correr é possível que se origine o ruído de crepitar.

4.7. Estalar

O estalar é um ruído no qual se tem a perceção de um estalo que é sentido ou de forma única ou noutros casos de forma pulsante. O estalar pode ser assumido como ruídos de

estalidos, contudo em ambiente oficial quando estamos na presença de ruído por estalar por norma estamos perante um ruído acompanhado por um sulco ou carçoço que é sentido na viatura por norma no volante.

O sintoma de estalar é frequentemente sentido no sistema de coluna de direção, ou em movimentos da suspensão, ou ao girar o volante.

4.8. Moer/raspar

O moer/raspar descreve o ruído abrasivo, de um componente a raspar noutro. No caso dos ruídos parasita em veículos, o moer/raspar é de identificação relativamente fácil por parte dos técnicos de serviço, pois o nível de ruído é frequentemente bem audível e a manifestação do mesmo é feita de forma continua ou gradual, o que facilita o seu diagnóstico aquando do ensaio dinâmico do veículo.

O ruído de moer/raspar está em muito associado ao sistema de travões, ou rolamentos de rodas.

4.9. Batida

O termo batida é utilizada para descrever um ruído, normalmente associado ao motor de combustão interna, este termo é maioritariamente utilizado para descrever um “bater” considerado anormal no funcionamento do motor do veículo. A sua fonte de ruído está muitas vezes associada a tolerâncias de folga desajustadas quer seja por falta de afinação, quando possível ou pelo facto de existir alguma anomalia presente que origine o desajustamento da folga.

O ruído “batida” pode ser muitas vezes associado ao funcionamento de um motor de combustão interna alimentado com sistemas de combustível a gasóleo.

4.10. Assobiar

O assobiar descreve um ruído como o próprio nome indica, muito idêntico a um suave assobio. Tem como origem alguma interferência na aerodinâmica da estrutura de superfície do veículo, seja folgas entre painéis desajustada ou desníveis de superfícies. O sintoma de ruído por assobio manifesta-se maioritariamente, em velocidades mais elevadas, para efetuar o diagnóstico do sintoma torna-se necessário efetuar um ensaio dinâmico da viatura, a uma velocidade específica em função do ponto de início da emissão do ruído, nesse ensaio é perentório que a viatura tenha criadas as mesmas condições que seu proprietário tinha quando presenciou o sintoma ou seja nível de abertura de vidros, posição do tejadilho de vidro panorâmico ou até utilização de barras de tejadilho para transporte de bagagem ou bicicletas, pois qualquer um destes pode ser a fonte emissora do ruído.

O ruído de assobiar é frequentemente originado por componentes como, retrovisores exteriores, tejadilho de vidro panorâmico, barras de transporte no tejadilho ou por deficiente colagem de vidros e afinação de portas.

4.11. Chiar

O chiar descreve um ruído agudo e estridente, este tipo de ruído é considerado bastante irritante, neste ruído a fonte é iniciada quando existe um deslizamento contínuo entre duas, superfícies sobe uma suave pressão que permite uma vibração de frequência elevada, deste modo gerando o ruído “chiar”.

A presença do ruído chiar tem a sua origem, em muito associada ao sistema de travões do veículo, sendo em muitos casos, fácil a perceção da fonte emissora de ruído, todavia sua resolução pode não ser executada de forma tão direta, existem outras fontes emissoras de ruído chiar como por exemplo os vidros laterais das portas ou escovas de limpa vidros.

4.12. Trepidar

O trepidar retrata um sintoma que é sentido no veículo, como uma vibração ligeira, durante o período em esta vibração se manifesta por vezes evidencia alguns ruídos parasita que de outra forma, não seriam audíveis. Esse tipo de ruído pode variar em função das características e condições da sua fonte emissora, todavia existe uma cadência na emissão do ruído que se encontra alinhada com a vibração sentida no veículo, sendo portanto, neste caso, mais intuitivo de compreender a descrição do ruído quando utilizamos o termo trepidar, pois deste modo é percebido objetivamente uma ligação entre a vibração e o ruído.

Os sistemas do veículo que poderão estar na origem da fonte emissora são muito diversificados e enquadrarem-se em qualquer um dos ruídos de interferência descritos neste capítulo, contudo a origem da vibração que leva a esse mesmo ruído possa ser provocada pelo rodar do volante com a viatura parada e quando existe uma forte resistência por atrito nos pneus a esse movimento, ou por um forte desequilíbrio em algum corpo em movimento de rotação, sendo que neste ultimo caso o mais frequente é que o desconforto seja sentido pela vibração e não pelo ruído de trepidar.

4.13. Marulhar

O termo marulhar é utilizado para mencionar um ruído aerodinâmico específico, cuja sua fonte tem origem num distúrbio de fluidez, este ruído é caracterizado pela sua variação de tom, sendo em muito assemelhado a um turbilhão onde é notório as oscilações de ruído ao invés de um som aerodinâmico contínuo, no caso do marulhar, o ruído apenas é sentido numa zona determinada de velocidade e essa zona de velocidade varia em função da causa que origina a anomalia. Neste caso de ruído interferência e devido a característica do som emitido, torna-se mais fácil de localizar a zona do automóvel onde se localiza a fonte emissora, ao contrário do ruído interferência assobiar ou uivar, não significando isto que a deteção da origem da fonte de ruído seja assim de fácil diagnóstico.

Os componentes do veículo ou sistemas mais frequentes para origem deste ruído interferência são os retrovisores exteriores, vedação de portas e vidros de portas, bem como sistema de tejadilho de vidro panorâmico.

4.14. Zumbido

O zumbido descreve um ruído interferência que por norma tem a fonte emissora localizada no interior do habitáculo ocupado pelos passageiros, e assemelha-se em muito ao zumbido que o ser humano sente quando é exposto a um ruído com volume elevado durante um período de tempo considerável e logo após esta exposição é colocado num local silencioso, neste caso continua a sentir um zumbido na zona auditiva. O ruído interferência zumbido nos automóveis é igualmente um ruído de baixa intensidade, o que necessariamente leva a que apenas seja audível nas fases de maior silêncio dentro do habitáculo.

Nos automóveis as fontes emissoras de zumbido são frequentemente os altifalantes, componentes eletrónicos sujeitos a fluxo de corrente e em alguns casos nas coberturas enroláveis, quando estão em posições tensionadas, e sofrem ligeiras solicitações no sentido da flecha, no caso das coberturas enroláveis do compartimento da bagageira existente em alguns veículos de cinco portas.

4.15. Silvar

O termo silvar é utilizado para descrever um ruído de interferência, que tem como fonte emissora um distúrbio aerodinâmico que origina um ruído idêntico ao assobiar, mas com a particularidade de ter um nível de ruído inferior e frequentemente mais agudo e suave. É comum estar associado a desajustes nas folgas exteriores em componentes da carroçaria que possuam acesso direto ao habitáculo dos passageiros.

Os locais mais frequentes de originar o ruído de silvar são componentes associados ao defletor aerodinâmico, tejadilho de abrir panorâmico, portas e respetivos vidros, não tão frequentemente as forras existentes na zona do para-choques dianteiro também podem originar o sintoma.

4.16. Ressonância

A ressonância descreve um ruído de baixa frequência e com um som mais grave. A ressonância ocorre quando um sistema vibra preferencialmente a uma determinada frequência. Esta frequência é chamada de “frequência natural” então este sistema responde fortemente a qualquer força periódica nessa mesma frequência e com isto cria o ruído de interferência que é sentido no veículo por parte dos ocupantes. Este tipo de ruído por norma, manifesta-se em função da rotação de motor e/ou em função da solicitação de carga do mesmo.

A fonte emissora de ressonância num veículo pode variar entre vários componentes, todavia a sua origem mais frequente, passa por tubagem ou componentes que estejam em contacto com a carroçaria indevidamente, componentes em movimento de rotação relacionados com a caixa de velocidades, quer para caixas automáticas ou caixas manuais, componentes acessórios do motor de combustão ou componentes do sistema de transmissão.

5. Processo de Diagnóstico

No serviço pós-venda de veículos existe um objetivo primordial de assegurar que o veículo está disponível e em perfeitas condições a ser utilizado pelo seu proprietário, durante toda a sua vida útil e conseqüentemente prolongar o maior tempo possível essa vida útil. Deste modo torna-se possível assegurar níveis elevados de satisfação dos clientes, o que seguramente será refletido nos fluxos de caixa da empresa prestadora de serviço em causa. Atualmente verifica-se que as margens de lucro geradas pelos serviços pós-venda são, normalmente, maiores do que as obtidas com a venda do veículo, podendo gerar, durante o seu ciclo de vida, até três vezes o volume de negócios originado pela venda do veículo. É também necessário não esquecer que os serviços pós-venda afetam, quer a satisfação imediata dos clientes, quer as intenções de comportamento futuras. Deste modo, a eventual falta de qualidade destes serviços ou falta de coordenação entre eles manifesta-se, legitimamente, na insatisfação do cliente com o produto adquirido.

No serviço pós-venda de veículos as visitas efetuadas por partes dos clientes com o intuito de manutenção programada, tornam possível uma previsão por parte da entidade reparadora, quer do nível de custos para o proprietário do veículo quer do tempo necessário para a permanência do veículo, sendo, portanto, nestes casos, menor a possibilidade de insatisfação decorrente da visita à oficina. Todavia quando se trata de uma visita devido a um sintoma de anomalia, a predisposição do proprietário já vai afetada, pois nem a visita estava programada, nem o tempo de privação da utilização do veículo a que vai estar sujeito é fácil de estabelecer objetivamente. Associado a este fator estão os custos associados à reparação, que poderão ou não vir a ser imputados ao proprietário do veículo.

Na maioria dos veículos existentes a circular nas estradas já existe um enorme conjunto de sensores que efetuam uma monitorização constante de todo o funcionamento do veículo. Nestes casos, a unidade de comando eletrónica poderá solicitar aos vários atuadores existentes a sua intervenção, de modo a ajustar ou corrigir dentro do possível a causa dos valores monitorizados anteriormente. Nos casos de existência de sintomas anormais no veículo que originam o aparecimento de luz indicadora de anomalia, seja

no motor de combustão interna ou qualquer outro componente do grupo propulsor, a possibilidade de existir o código de erro registado na memória de falhas do veículo é enorme, e esse código de falha existente poderá ser o fio condutor para a resolução da anomalia. Nos casos de problemas associados ao sistema eletrónico, é possível, com a ajuda do sistema de diagnóstico, ler os respetivos códigos de falha e, assim, localizar rapidamente indícios da origem da falha.

No entanto, tratando-se de uma reclamação devido a um ruído de interferência, é bastante mais difícil identificar a origem da falha. Por esta razão, a adoção de um modo de procedimento estruturado e metódico por parte do técnico e da receção oficial, são requisitos essenciais para realizar uma localização da origem do problema de forma rápida e eficaz. Se um cliente reclamar de um ruído de interferência no seu veículo, podem facilmente surgir custos desnecessários tanto para o proprietário do veículo, como para a oficina, se não se proceder de forma metódica. Exemplos deste tipo de situações estão muitas vezes associados à substituição “cega” de peças com base em suspeitas ou a horas de mão de obra empregues desnecessariamente.

5.1. Receção do veículo

No caso de surgirem ruídos de interferência no veículo do cliente, é de grande importância obter, na receção da viatura, informações suficientes sobre os sintomas de erro. Muitas vezes, será essa informação obtida por intermédio do cliente que permitirá avançar de modo consistente na deteção da anomalia existente. A realização de um inquérito ao cliente pelo colaborador da receção, pode fornecer as primeiras indicações importantes, que de algum modo permite direcionar num sentido mais assertivo, a análise do sintoma. Deste modo permite reduzir o tempo de reparação bem como evitar contactos inoportunos ao cliente, para serem colocadas questões sobre o sintoma de que ele se queixa. Questões que ficam por efetuar durante a receção do veículo, e que desencadeiam a necessidade de voltar a contactar o cliente, para o questionar, podem transmitir ao cliente falta de profissionalismo ou desorientação no processo de diagnóstico. Para além disso, acarretam para a oficina dispêndio de tempo e eventual necessidade de reajuste na distribuição das tarefas do técnico até á chegada da resposta do cliente.

Torna-se evidente que o processo de recepção do veículo é o momento onde os três intervenientes da reparação estão juntos: O cliente; A oficina e O veículo. Para um bom diagnóstico, torna-se necessário que esta oportunidade seja proveitosa e que se retire o máximo de informação possível. É importante que se excluam objetivamente as hipóteses que podem ser excluídas apenas com base na resposta a um conjunto de perguntas objetivas de caracterização do problema.

5.1.1. Questionar o cliente

O questionário ao cliente será a primeira e mais segura fonte de informações para um diagnóstico dos ruídos. As descrições do cliente fornecem, frequentemente, informações muito importantes para permitir a localização da fonte de ruído. Por vezes, elas permitem, até, evitar uma permanência na oficina, por exemplo, no caso de utilização incorreta de um vidro lateral não totalmente fechado.

É tão absolutamente necessária para o diagnóstico a obtenção do máximo de informações possíveis sobre o ruído de interferência, como também é importante, por outro lado, tratar o cliente com sensibilidade. Demasiadas perguntas podem irritar o cliente, pois ele, poderá por exemplo não ser capaz de responder a todas as perguntas se forem demasiado técnicas.

Para obter as informações necessárias o mais rapidamente possível, devem ser colocadas perguntas direcionadas e objetivas. Para o efeito a oficina poderá ter um questionário de suporte que estará disponível para todos os colaboradores da recepção e estes poderão preencher com as declarações do cliente, em seguida esse questionário devidamente preenchido pelo colaborador da recepção, acompanha a obra de reparação, assim deste modo este questionário torna-se numa ferramenta de trabalho para o técnico de reparação que poderá consultar sempre que necessitar.

O questionário elaborado para preenchimento por parte do colaborador da recepção, deve conseguir descrever objetivamente o problema sem recurso a termos técnicos, uma vez que este será preenchido pelo colaborador. Desta forma, a recepção oficial poderá abordar questões técnicas elaboradas com termos que permitam a compreensão por parte do cliente. O questionário tem como principal objetivo garantir, que durante a recepção

do veículo todas as questões potencialmente necessárias para a detecção da fonte de ruído são efetuadas de forma simples, mas exaustiva o suficientemente.

O questionário é composto por uma zona de identificação, onde é possível colocar a identificação do veículo, da ordem de reparação pertencente ao questionário e também a identificação do cliente e do assessor de serviço na receção oficial. Foi colocada também uma zona onde será possível efetuar uma escrita livre de algum detalhe considerado como informação relevante para a resolução da anomalia. O preenchimento do questionário não deverá ser cansativo ou entediante para o cliente, mas deverá garantir que o assessor de serviço não permite que sejam esquecidos pontos de potencial interesse para a resolução da anomalia. O restante questionário está elaborado com preenchimento rápido, onde pode ser assinalado com um X as informações fornecidas pelo cliente, e que o técnico de serviço da oficina necessita de saber para poder direcionar os seus esforços. Contudo em todas as questões fica disponível uma zona texto livre, para, que sempre que necessário se torne possível facultar a informação relevante, e que esta esteja no local certo.

A primeira questão é: “O quê?”. Com ela procura-se perceber qual a queixa concreta do cliente. Ou seja, qual o tipo de ruído em particular.

A informação seguinte na sequência de descrição da anomalia de ruído é: “Onde?”. É importante perceber, o local que na perspetiva do cliente, evidencia ser a fonte emissora do ruído, de modo a restringir a zona de diagnóstico.

Após isto, é necessário saber é o “Quando?”. A resposta a esta questão é fundamental para o diagnóstico. O conhecimento das condições em que se manifesta o ruído permite criar um mapa mental do tipo de esforços solicitados e quais os sistemas que sofrem com esses esforços, assim deste modo, ainda que apenas de uma maneira virtual, permite começar a descartar algumas hipóteses, que em função do decorrer da análise do sintoma poderão ainda assim ter de vir a ser consideradas posteriormente.

A questão seguinte que é necessário ver respondida é “Como?”. A resposta a esta questão completa a questão anterior, pois deste modo torna-se possível interpretar de forma mais objetiva, todo o conjunto de solicitações efetuadas aos diversos sistemas do veículo e assim completar de forma mais objetiva o mapa mental que o técnico de serviço de oficina elabora durante a resolução de uma anomalia.

A última questão que este questionário procura ter respondida, serve para base de compreensão e de apoio, de modo a que o técnico de serviço da oficina possa associar a origem do ruído em função de anteriores intervenções e/ou para poder perceber o ponto de situação da anomalia bem como ouvir o ruído caso exista gravação deste.

A versão final deste questionário pretende ser objetiva, para que não exista a possibilidade de dúvida acerca de alguma da sua informação. A criação deste questionário passou por diversas fases, onde o auxílio prestado pelos rececionistas de dois concessionários, foi um dos elementos chave para a sua versão final.

Questionário inicial

IDENTIFICAÇÃO

Nº CHASSIS _____ Nº ORDEM REPARAÇÃO _____ PREENCHIDO POR _____
 _____ / _____

RESUMO/DETALHES DO SINTOMA/POSICIONAMENTO DENTRO DA VIATURA ONDE FOI PRESENCIADO O RUÍDO

DESCRIÇÃO TIPO DE RUÍDO

ASSINALAR COM **X** A DESCRIÇÃO MAIS FAVORAVÉL

	Matraquear -estalido <input type="checkbox"/> bater <input type="checkbox"/> trepidar <input type="checkbox"/> ruído palpitar <input type="checkbox"/> ruído pancada <input type="checkbox"/> ruído martelar <input type="checkbox"/>
	Ranger - ruído áspero <input type="checkbox"/> crepitar <input type="checkbox"/>
	Chiar -assobiar <input type="checkbox"/> uivar <input type="checkbox"/>
	Roncar - vibrar <input type="checkbox"/> ruído de moer <input type="checkbox"/> raspar <input type="checkbox"/> zumbir <input type="checkbox"/>
	Marulhar - ruído de vento <input type="checkbox"/> silvar <input type="checkbox"/>
	Ressonância - ruído metálico <input type="checkbox"/> ruído de ronco <input type="checkbox"/>
	Permanente <input type="checkbox"/> Temporário <input type="checkbox"/> Esporádico <input type="checkbox"/>
	Outro - _____

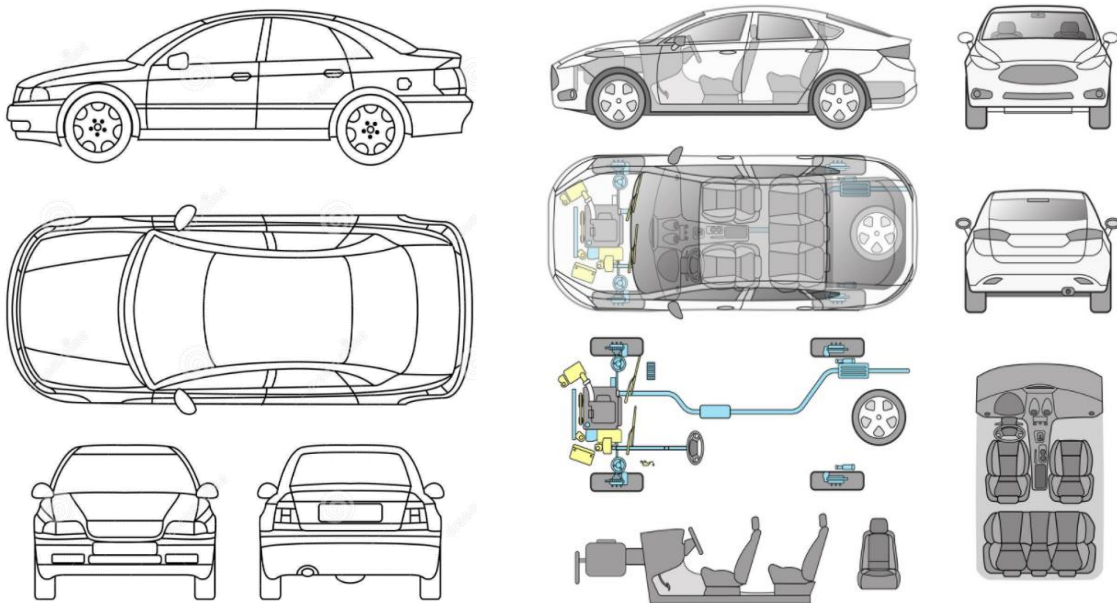
--

DESCRIÇÃO ZONA PRESUMÍVEL

ASSINALAR COM **X** A DESCRIÇÃO MAIS FAVORAVÉL

	Habitáculo zona dianteira- cockpit <input type="checkbox"/> pedais <input type="checkbox"/> para-brisas <input type="checkbox"/> direção <input type="checkbox"/> tejadilho <input type="checkbox"/> portas <input type="checkbox"/>
	Habitáculo zona traseira- bancos traseiros <input type="checkbox"/> portas <input type="checkbox"/> capota <input type="checkbox"/> bagageira <input type="checkbox"/> forras <input type="checkbox"/>
	Exterior- ruído vento <input type="checkbox"/> travões <input type="checkbox"/> motor <input type="checkbox"/> sistema escape <input type="checkbox"/> limpa vidros <input type="checkbox"/>
	Suspensão- dianteira <input type="checkbox"/> traseira <input type="checkbox"/>
	Compartimento motor- relanti <input type="checkbox"/> aceleração <input type="checkbox"/>
Outro-	

ASSINALAR COM X NA IMAGEM SEGUINTE O LOCAL PRESUMÍVEL (CASO SEJA POSSÍVEL)



DESCRIÇÃO DE QUANDO SE MANIFETA O RUÍDO

ASSINALAR COM **X** A DESCRIÇÃO MAIS FAVORAVÉL

	Veículo imobilizado (motor parado) - ao acionar os pedais <input type="checkbox"/> componentes do habitáculo <input type="checkbox"/> mover o volante <input type="checkbox"/> componentes elétricos <input type="checkbox"/>
	Veículo imobilizado (motor funcionar) - em função da rotação <input type="checkbox"/> mover o volante <input type="checkbox"/> em função da ativação de elementos elétricos <input type="checkbox"/> em função da temperatura do motor <input type="checkbox"/>

	Veículo em movimento – durante a condução <input type="checkbox"/> em aceleração <input type="checkbox"/> em travagem <input type="checkbox"/> em velocidades elevadas <input type="checkbox"/> durante o curvar <input type="checkbox"/>
Outro-	

DESCRIÇÃO DAS CONDIÇÕES EM QUE SE MANIFESTA O RUÍDO

ASSINALAR COM **X** A DESCRIÇÃO MAIS FAVORAVÉL

	Em função do piso – piso áspero <input type="checkbox"/> piso com buracos <input type="checkbox"/> piso de paralelos <input type="checkbox"/> subir passeio <input type="checkbox"/> passar por lombas <input type="checkbox"/>
	Condições climatéricas - chuva <input type="checkbox"/> sol <input type="checkbox"/>
	Em função da Temperatura exterior - quente <input type="checkbox"/> muito quente <input type="checkbox"/> frio <input type="checkbox"/> muito frio <input type="checkbox"/>
	Em função da velocidade - velocidade elevada <input type="checkbox"/> velocidade média <input type="checkbox"/> velocidade baixa <input type="checkbox"/>
Outro-	

INFORMAÇÃO ADICIONAL E COMPLEMENTOS

ASSINALAR COM **X** A DESCRIÇÃO MAIS FAVORAVÉL

	Ruído atualmente existente - presenciado <input type="checkbox"/> não presenciado <input type="checkbox"/>
	Existência de gravação de áudio/vídeo - facultada <input type="checkbox"/> não facultada <input type="checkbox"/>
	Existência de reparações anteriores
	Ruído originado após alguma intervenção na viatura
Outro-	

Figura 15 - Questionário inicial

5.1.2. Inspeção visual

Após o preenchimento do questionário que é efetuado durante a receção do veículo inspeção visual é o procedimento seguinte a realizar para localizar eventuais origens de ruídos. Pretende-se com esta lista que seja garantido de forma mais segura que a receção oficial não deixa qualquer detalhe por inspecionar.

Na verdade, as questões efetuadas anteriormente devem servir para que o assessor de serviço foque a sua atenção em determinados detalhes, pois em função das respostas

fornecidas pelo cliente existem algumas pistas que poderá em alguns casos solucionar o ruído, pois este poderá ter origem em alguma utilização inapropriada da viatura como por exemplo objetos soltos, as informações fornecidas no questionário podem também ser alvo de retificações pois as observações efetuadas durante a inspeção visual podem levar a outras questões (por exemplo, pode ser possível associar a substituição do parabrisas por um prestador de serviços externo, com o aparecimento simultâneo do ruído de interferência, indicando assim, eventualmente, para um manuseamento incorreto do revestimento do retrovisor interior ou deficiente montagem). A existência de uma receção ativa auxilia muito, pois para verificar a existência de danos na parte inferior da viatura, pode fazer sentido examinar a viatura com auxílio do elevador.

A lista de verificações possui um campo de preenchimento onde deverá ser colocado a identificação do veículo, da ordem de reparação a do assessor de serviço e do cliente que presenciou a dita inspeção.

Existe igualmente um campo de preenchimento para observações diretas que poderão ser origem de ruído, neste campo deverá apenas ser marcada com X a seleção mais apropriada, existe também um campo de escrita aberta para apreciações que possam ser consideradas relevantes para o diagnóstico.

Um outro campo seguinte foca-se nos componentes exteriores da carroçaria. Deverá ser assinalado com um “visto” para marcar que verificou aquele item e caso seja encontrado algo anormal, deverá ser assinalado com X e escrito em que componente foi detetada a anomalia. Existe também uma zona de texto livre para observações ou danos considerados relevantes.

A verificação seguinte poderá ser efetuada em simultâneo com a anterior de modo a ser rentabilizado o tempo dedicado a lista de verificações, este campo de preenchimento permite assegurar que o assessor de serviço verifica, se existe alguma deformação ou danos nas rodas, bem como o tipo de pneus, pois existem ruídos parasitas que são originados por defeitos nos pneus como por exemplo pneus escamados, ou até pneus de neve originam ruído tipo zoadas. É de igual modo permitido a escrita livre no final.

Após estas verificações exteriores o assessor de serviço deverá avançar para as verificações do interior do veículo começando pelo habitáculo dos ocupantes. Neste campo o preenchimento deverá ser efetuado do mesmo modo que as anteriores,

marcando todos os itens pois assim podemos assegurar que foi verificado e que não existe nenhuma fonte de ruído causada por objetos, situação que é muito frequente. O assessor de serviço poderá aproveitar o facto de estar no habitáculo do veículo para destrancar o capot, pois assim deste modo rentabiliza o tempo de verificação.

Em seguida deverá ser verificado o compartimento da bagageira pois em alguns casos o ruído parasita tem origem em objetos ou ferramentas da viatura que se encontram soltas na bagageira ou em compartimentos da mesma, o assessor de serviço deverá verificar também caso se aplique, a fixação da chapeleira, pois alguns ruídos são causados pelo facto do cliente inadvertidamente ter desencaixado a chapeleira e esta fica em esforço com a tampa da mala ou noutro caso solta nas fixações. Caso o assessor de serviço verifique algo que considere relevante anotar existe também o item de escrita livre.

A verificação seguinte permite ao assessor de serviço verificar se no compartimento do motor não existe qualquer forra de motor solta, ou se existem vestígios visíveis de uma fuga de admissão ou escape, pois caso isso se verifique o cliente poderá também visualizar e autorizar naquele momento essa reparação, mesmo não sendo a origem do ruído, deste modo temos uma venda extra de serviço para a oficina, o que gera receita financeira.

A última verificação apenas se torna possível quando a empresa possui um elevador livre, destinado à receção ativa de veículos. Durante esta verificação o assessor de serviço deverá verificar se existem forras soltas que possam originar ruído, bem como verificar visualmente os sistemas de suspensão, transmissão e travões quanto a possíveis danos originários de ruído.

Como será compreensível o assessor de serviço não terá as mesmas capacidades técnicas que o técnico de serviço logo as verificações mais específicas não ficam salvaguardadas com esta inspeção, todavia existem anomalias que são visivelmente a causa do ruído e para as quais o assessor de serviço poderá garantir a sua deteção e deste modo aliviar a oficina, permitindo assim uma melhor fluidez de serviço e de igual modo o cliente poderá ver a sua anomalia solucionada, o que permite ao cliente obter um grau de satisfação mais acentuado.

Em seguida pode ser verificada a lista de verificações criada para acompanhar a abertura da folha de reparação da oficina, com o intuito de direcionar o foco do assessor de serviço na verificação dos detalhes que poderão estar na origem do ruído parasita.

Lista de verificações

IDENTIFICAÇÃO

Nº CHASSIS

Nº ORDEM REPARAÇÃO

PREENCHIDO POR

_____/_____/_____

VERIFICAÇÃO INICIAL DE ESTADO

ASSINALAR COM **X** OPÇÃO FAVORÁVEL

	OK	SIM	NÃO
Barras de tejadilho			
Estado escovas limpeza vidros			
Estado para-brisas			
Outros			

CARROCERIA EXTERIOR

ASSINALAR COM **X** PARA DANIFICADO OU **✓** PARA OK (DISCRIMINAR NA COLUNA CASO NECESSÁRIO)

Folgas desajustadas	
Montagens deficientes	
Divergências em relação a equipamento série	
Elementos não adequados	
Danos	
Outro-	

PNEUS E JANTES

ASSINALAR COM **X** PARA DANIFICADO OU **✓** PARA OK (DISCRIMINAR NA COLUNA CASO NECESSÁRIO)

Medidas série/ adulteradas	
Pneus de verão/pneus de inverno	
Perfil de pneus gasto	

	Jantes com danos / empeno	
	Danos	
Outro-		

HABITÁCULO DO VEÍCULO

ASSINALAR COM **X** PARA DANIFICADO OU **✓** PARA OK (DISCRIMINAR NA COLUNA CASO NECESSÁRIO)

	Revestimentos portas – objetos soltos	
	Retrovisor interior – objetos pendurados; via- verde solta	
	Porta-luvas e consola central – objetos soltos	
	Bancos – existência objetos soltos por baixo ou nas calhas	
	Danos	
Outro-		

BAGAGEIRA

ASSINALAR COM **X** PARA DANIFICADO OU **✓** PARA OK (DISCRIMINAR NA COLUNA CASO NECESSÁRIO)

	Chapeleira – solta; objetos apoiados	
	Interior mala – objetos soltos; ferramentas da viatura	
	Roda sobresselente – fixa corretamente	
	Danos	
Outro-		

COMPARTIMENTO MOTOR

ASSINALAR COM **X** PARA DANIFICADO OU **✓** PARA OK (DISCRIMINAR NA COLUNA CASO NECESSÁRIO)

	Coberturas de motor – soltas; danificadas	
	Caixa de: filtro ar; unidades; fusíveis – soltas; danificadas	
	Tubagens – soltas; mal colocadas; fugas visíveis	
	Forras de corcovam – soltas; mal colocadas	
	Danos	
Outro-		

ASSINALAR COM **X** PARA DANIFICADO OU **✓** PARA OK (DISCRIMINAR NA COLUNA CASO NECESSÁRIO)

	Forras inferiores – soltas; mal colocadas	
	Sistemas de suspensão – danos visíveis;	
	Sistema de escape – danos visíveis	
	Sistema de transmissão – danos visíveis	
	Danos	
Outro-		

Figura 16 - Lista de verificações

5.2. Ensaio dinâmico

Nos sintomas de ruído parasita em que a reprodução do ruído apenas se torna possível, quando o veículo se encontra em movimento, torna-se fulcral a realização do ensaio dinâmico em conjunto com o utilizador do veículo, pois existem situações em que o utilizador do veículo relata como sendo claramente audível o ruído parasita, e quando o mesmo ruído é presenciado por outra pessoa, para essa nova pessoa o ruído que origina desconforto não é o mesmo, o que poderia originar uma reparação desnecessária e consequentemente a falsa sensação de anomalia resolvida para a oficina. Por vezes sucede que quando utilizador está sentado noutra posição dentro da viatura, este percebe que o ruído parasita deixa de ser audível ou está pouco perceptível quando é alterada a sua posição dentro do veículo.

O que também poderá suceder durante o ensaio dinâmico é o utilizador do veículo não conseguir reproduzir o ruído, esta falta de reprodução de ruído dificulta em muito a resolução do mesmo, contudo torna mais compressível para o utilizador do veículo o nível de dificuldade da resolução deste tipo de sintomas, e assim deste modo, no geral o utilizador do veículo também fica mais tolerável ao facto de existir a possibilidade de a oficina falhar na resolução do ruído.

O ensaio dinâmico deverá ser efetuado antes de ser intervencionado o veículo para, que deste modo seja possível ao técnico de oficina obter um grau de comparação durante a reparação, ou seja após uma tentativa de eliminar o ruído parasita existe a necessidade

de efetuar novo ensaio para verificação da eficácia dessa mesma intervenção. A confirmação de ruído eliminado, apenas poderá acontecer quando durante o ensaio dinâmico após intervenção, são criadas as mesmas condições, com as mesmas solicitações que foram efetuadas no ensaio inicial e o sintoma de ruído interferência/parasita não se manifesta.

5.2.1. Condições de reprodução

No ensaio dinâmico inicial e até ser possível reproduzir o sintoma, deverá ser o utilizador do veículo a conduzir o veículo, nesta fase o técnico deve manter-se atento ao estilo de condução e as condições do veículo, como estado de ativação dos componentes de chauffage e ar condicionado, posição de vidros, posição de caixa de velocidades e velocidade de circulação bem como aos ruídos que vão surgindo como consequência direta da utilização do veículo, pois deste modo quando o utilizador do veículo salientar que o ruído parasita se manifestou, o técnico poderá assimilar o ruído parasita com uma eventual utilização ou solicitação do veículo, e deste modo tornar mais fácil a reprodução em oficina para diagnóstico.

É também necessário ter atenção as condições climatéricas pois a presença de chuva, ou de muito calor poderão estar na origem do ruído, sendo, portanto necessário que o técnico que efetua o ensaio dinâmico observe e tenha em consideração quais as condições climatéricas existentes no momento em que foi reproduzido o ruído parasita.

Após o utilizador do veículo conseguir reproduzir o sintoma na presença do técnico, é conveniente que o técnico execute o ensaio dinâmico sendo ele a conduzir, até conseguir reproduzir o sintoma na presença do utilizador do veículo, pois deste modo é possível ao técnico garantir a correta perceção do ruído quando está ao volante, e assim ter um grau de comparação para os ensaios dinâmico a efetuar durante a reparação. Durante o ensaio dinâmico é necessário que o técnico que realiza o respetivo ensaio fique com real clareza qual o ruído que efetivamente perturba o utilizador do veículo para evitar reparações desnecessárias que acarretam custos.

Após estar claramente filtrado qual o ruído a eliminar, o técnico deverá procurar replicar o ruído, procurando deste modo compreender quais os sistemas do veículo estão a ser

solicitados e que deste modo poderão estar a originar o ruído parasita. Esta análise direcionada poderá em alguns casos estar errada, contudo no diagnóstico de ruídos a percepção do técnico é uma ferramenta fulcral, e é com ela que o técnico deverá começar a excluir possibilidades e aprofundar o diagnóstico no sistema ou local para o qual existe maior credibilidade para ser a fonte emissora do ruído.

5.2.2. Métodos de ensaio dinâmico

Na realização do ensaio dinâmico do veículo para detetar uma anomalia de ruído será sempre útil numa fase inicial efetuar o ensaio, idealmente sendo o cliente a conduzir numa primeira fase, após o cliente conseguir reproduzir o ruído e o técnico conseguir filtrar qual o ruído em análise, então deverá ser o técnico a conduzir o veículo até reproduzir o ruído e o cliente confirmar que também ouviu o ruído em queixa. Sempre que possível este passo não deverá ser anulado no processo, pois é uma das maiores fontes de informação para que se possa detetar o ruído.

Durante o ensaio dinâmico numa fase inicial deverá ser entendido se o ruído se manifesta sobe influências externas que atuam no veículo como, o tipo de piso, em função da velocidade, em função das condições climáticas ou em função de tipo de utilização sendo este tipo de utilização a origem do ruído como por exemplo ao subir/descer um passeio. Quando se torna possível durante o ensaio dinâmico entender qual a influência externa que atua no veículo e que consequentemente origina o ruído, então deverá ser efetuado várias repetições a reproduzir o ruído, durante estas repetições do ruído poderá ser testado com a introdução de novas condições de modo a entender qual a influência destas novas condições na reprodução do ruído (por exemplo um ruído de suspensão que varia o seu tom em função do ângulo de rotação do volante) com isto, torna-se possível ao técnico criar um “mapa” mental que permita perceber qual o “caminho” a percorrer até chegar á fonte emissora do ruído.

Nos casos em que as influências externas não são relevantes para a manifestação do ruído, ou seja, apenas as alterações das condições de utilização do veículo surtem efeito na manifestação do ruído, sejam essas condições ativação/desativação de sistemas como A/C ou motores de vidros ou então nos casos em que as alterações de carga de motor bem como o nível de rotação de motor originam mudança perceptível no ruído, então o

técnico deverá efetuar o ensaio dinâmico procurando perceber quais as alterações que afetam a fonte emissora do ruído e de que modo essas mesmas alterações afetam o ruído. Assim torna-se possível ao técnico criar uma relação causa efeito, que em conjunto com o conhecimento do funcionamento do sistema em causa, bem como a interação do referido sistema com os demais sistemas existentes no veículo, facilita à compreensão da origem o ruído e deste modo restringir a procura da anomalia a uma zona mais específica do veículo.

Em suma, o que deverá ser procurado no ensaio dinâmico é numa primeira fase, presenciar o ruído de modo perceptível, em seguida, entender o que influencia esse ruído e como influencia, assim deste modo é possível criar processo estruturado de causa efeito, que permite uma melhor delimitação do processo de reparação em direção á fonte emissora do ruído ou seja auxilia o processo de reparação, mesmo quando o ruído não é solucionado na primeira tentativa. Assim com o “mapa” mental anteriormente criado é sempre possível reestruturar a análise, excluindo a hipótese da tentativa já efetuada.

A elaboração do ensaio dinâmico desta forma, permite também que numa fase final da intervenção no veículo, ou seja, na confirmação de sintoma solucionado, possa ser testado novamente todas as simulações de condução/utilização efetuadas inicialmente de modo a assegurar de forma mais segura que a reparação foi efetuada eficazmente.

5.3. Questionário diagnóstico de condições

Em algumas situações, mesmo tendo sido efetuados todos os esforços anteriormente referidos, não é possível reproduzir o sintoma e também não é possível pela descrição do ruído efetuada pelo cliente, vislumbrar qual o tipo de ruído em causa o que conseqüentemente não permite uma intervenção segura, ou pelo menos fundamentada.

Para estes casos a existência de um questionário para ser entregue ao cliente pode ser a chave para o sucesso, com este questionário pretende-se que o cliente anote toda a informação possível, sobre o ambiente envolvente quando o sintoma se manifesta. A entrega deste questionário ao cliente permite por outro lado, que o cliente sinta que a oficina procura solucionar o sintoma, bem como permite ao cliente ter alguma percepção do grau de dificuldade para a solução do sintoma.

Para a elaboração deste questionário de diagnóstico de condições, foi pedido a seis pessoas quer do sexo masculino quer do sexo feminino, que não trabalhavam na área automóvel para tentarem responder aleatoriamente ao questionário, e para anotarem as dificuldades sentidas quer na caracterização do ruído quer nas condições a seleccionar. O resultado deste teste foi unanime, pois todos referiram que apenas não sabiam responder ao campo assinalado como característica do ruído, porque não tinham nenhum ruído existente de momento para apresentar, contudo todos disseram saber distinguir os diferentes ruídos existentes no questionário. Já no campo das condições todos conseguiram perceber o que era pedido.

Diagnóstico de Condições

Identificação veículo	
Número de chassis :	

Característica do Ruído	
Assinalar com <input type="radio"/> a selecção aplicável	
Matraquear	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Ranger	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Chiar	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Assobiar	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Zumbido	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Bater	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Outro	

Condições na utilização	
Assinalar com <input type="radio"/> a selecção aplicável	
Temperatura de motor	<input type="checkbox"/> Ligado <input type="checkbox"/> Desligado
Rotações Motor	<input type="checkbox"/> RPM
Velocidade do Veículo :	<input type="checkbox"/> Km/h
Ar Condicionado	<input type="checkbox"/> Ligado <input type="checkbox"/> Desligado
Ventilação Chauffagem	<input type="checkbox"/> Ligado <input type="checkbox"/> Desligado
Nível intensidade	
Temperatura seleccionada	
Auto Rádio	<input type="checkbox"/> Ligado <input type="checkbox"/> Desligado
Escovas Limpeza de Vidros	<input type="checkbox"/> Ligado <input type="checkbox"/> Desligado
Vidros de Portas	
Condutor	<input type="checkbox"/> Aberto <input type="checkbox"/> Fechado
Passageiro	<input type="checkbox"/> Aberto <input type="checkbox"/> Fechado
Condutor Traseiro	<input type="checkbox"/> Aberto <input type="checkbox"/> Fechado
Passageiro Traseiro	<input type="checkbox"/> Aberto <input type="checkbox"/> Fechado

Condições Externas		
Assinalar com <input type="radio"/> a selecção aplicável		
Tipo de Piso/Estrada		
Condição da Estrada		
	Passar em Sulco	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
	Passar em Lomba	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
	Passar em Passeio	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
	Outros	
Condições Climatéricas		
	Sol	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
	Chuva	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
	Outros	
Condições na Condução		
Assinalar com <input type="radio"/> a selecção aplicável		
Mudança Engrenada		
Fase de Arranque		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Fase de Manobras		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Inverter Sentido de Marcha		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Fase de Travagem		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
	Intensidade Travagem	0 <input type="checkbox"/> 100
Fase de Aceleração		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
	Intensidade Aceleração	0 <input type="checkbox"/> 100
Posição de Volante		
	Virar Direita	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
	Nível Rotação	0 <input type="checkbox"/> 100
	Virar Esquerda	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
	Nível Rotação	0 <input type="checkbox"/> 100

Figura 17 - Questionário de diagnóstico de condições

O cliente após a utilização do questionário anterior terá as indicações necessárias sobre os aspetos a ter em conta para uma melhor identificação do ruído.

Com a identificação do ruído assegurada, o técnico de oficina deverá efetuar um ensaio dinâmico em conjunto com o cliente de modo a confirmar o sintoma, utilizando o método descrito na alínea anterior.

6. Processo de eliminação de ruído em oficina

Nos processos de diagnóstico em automóveis existem procedimentos importantes para salvaguardar uma boa intervenção nos veículos, esses procedimentos deveram ser iniciados por uma verificação e confirmação da real existência da queixa, em seguida deveremos definir qual o problema/anomalia existente para que deste modo seja possível ajustar as decisões de reparação, em seguida deveremos delimitar o sistema do veículo, junto do qual iremos centrar o nosso foco de diagnóstico, assim que for percebido o que está errado passamos para o passo seguinte que será proceder á reparação da anomalia, por fim após a reparação efetuada deveremos efetuar a verificação final para assegurar que a reparação surtiu o efeito desejado.

Deste modo num processo de reparação de anomalia com efeitos de ruído, deveram ser efetuados os passos seguintes para que o processo de reparação fique assegurado. Após a audição do ruído os trabalhos dos técnicos reparadores deverão passar pelos seguintes passos.

6.1. Reproduzir

Existe em muitas oficinas um técnico que está destinado para efetuar os ensaios dinâmicos dos veículos com os clientes, muitas vezes não é o técnico que presenciou o ruído com o cliente, que vai proceder a reparação, portanto torna-se importante que o técnico que vai proceder à reparação esteja familiarizado com o ruído em queixa. Pois o facto de o técnico estar a efetuar a reparação sem ouvir o ruído, pode limitar a sua perceção e sensibilidade para proceder as desmontagens ou até originar desmontagens desnecessárias, é importante que exista este presenciar do sintoma para que sempre que seja possível reproduzir o ruído em oficina, o técnico possa estar a reproduzir o ruído e ao mesmo tempo ir alterando a posição de determinados componentes que estejam potencialmente relacionados com a origem do ruído e deste modo perceber se existe alteração direta do ruído em queixa.

Na presença de ruídos parasita provenientes do sistema de suspensão, é necessário ter em conta a posição de funcionamento de todo o grupo de suspensão, sendo para isso necessário assegurar que o peso do veículo está distribuído na suspensão, para tal é necessário que o veículo esteja elevado ao mesmo tempo que mantém o peso nas suas rodas, quando existe disponível um elevador de quatro colunas ou plataforma elevatória este deverá ser o método a utilizar, em a estes métodos de elevação poderá ser utilizado uma fossa de trabalho. A utilização de um elevador de tesoura ou elevador de duas colunas origina uma extensão do sistema de suspensão o que origina o deslocamento de todo o sistema de suspensão da sua zona de trabalho, com isto poderá estar a ser mascarada a fonte emissora do ruído e deste modo dificultar a reparação da anomalia.

No caso de ruídos parasita conhecidos por ressonâncias é necessário ter a perceção se para o ruído ser perceptível, é necessário colocar o sistema do grupo propulsor em carga, ou se apenas é necessário encontrar a frequência de excitação necessária para que a presença do ruído se manifeste, através do aumento do número de rotações de motor. Quando for possível reproduzir de forma perceptível o sintoma, então deverá ser delimitado a zona de procura em função da solicitação efetuada, e as suas consequências diretas nos sistemas do veículo por exemplo se for perceptível apenas com o grupo propulsor em esforço, existe uma forte possibilidade, que a fonte emissora esteja associada ao sistema de grupo propulsor. Para estas análise torna-se preponderante a experiência do técnico, pois esta experiência alienada ao conhecimento de funcionamento dos sistemas do veículo, permite mais facilmente a criação do mapa mental que leva à perceção do local provável como sendo a origem do ruído.

Quando estamos perante ruídos aerodinâmicos ou ruídos que apenas se manifestam em movimento, então o método de reprodução para análise terá que efetuado com ensaios dinâmicos repetidos para análise e verificação da ação de reparação surtiu algum efeito sobre o sintoma em queixa.

6.2. Delimitação

Delimitar a zona do veículo onde será procurado a fonte de ruído é fundamental. Durante um diagnóstico não é aconselhável ser efetuada uma análise aleatória, mas sim uma análise sistematizada e por fases, onde é efetuada a análise pormenorizada de um sistema

ou componente do veículo. Em seguida é verificado o efeito obtido com essa intervenção, de modo a que não sejam criadas novas anomalias. Caso tal se verifique, o técnico saberá facilmente em que zona está a origem dessa nova anomalia pois foi criada pela sua intervenção.

Nos ruídos parasitas provenientes do sistema de suspensão, é necessário numa fase inicial delimitar o eixo e o lado do veículo onde se encontra a fonte emissora do ruído, para que em seguida possa ser delimitado o componente que origina o ruído. Essa delimitação poderá passar por substituição de componentes para teste, por lubrificação de componentes ou em alguns casos com o desacoplamento do componente para teste, como por exemplo a barra estabilizadora do veículo.

Quando existe um ruído parasita com características de ressonância ou “bater” é necessário numa primeira fase delimitar a procura entre o interior ou exterior do veículo. Após a seleção da zona sobre a qual existe necessidade de explorar o diagnóstico deve em seguida, ser procurada a fonte emissora sempre dentro do método, de delimitar uma zona ou componente em seguida procurar indícios da existência da anomalia, verificar se o mover de alguns componentes nessa zona influenciam o ruído pois caso isso aconteça, existe uma forte possibilidade de se estar perto da fonte emissora. Assim deste modo deverá ir afinando a procura no sentido mais credível para o técnico. Sempre que for considerado que foi encontrado a origem do ruído deverá, sempre que possível ser testado a sua reprodução antes de proceder à remontagem dos componentes.

Os ruídos aerodinâmicos ou os ruídos que apenas são audíveis com o veículo em andamento têm a agravante de ser mais difícil efetuar testes ou tentativas de eliminação durante a fase em que se manifestam. Torna-se necessário procurar soluções de teste que possam delimitar a procura da fonte emissora de ruído. Em alguns casos de ruídos aerodinâmicos, essa delimitação pode ser efetuada com a colocação de fita isoladora nas folgas de carroceria ou em locais da carroceria com potencial para originar o ruído. Com a colocação da fita isoladora é possível evitar a passagem do fluxo de ar nos locais pretendidos e deste modo presenciar a consequência dessa passagem de ar ser eliminada, em seguida, quando percebido qual o local originário do ruído é possível em oficina uma melhor análise pormenorizada para perceber a origem do ruído.

No contexto de ruídos aerodinâmicos, é muito útil uma máquina de fumos para deteção de fugas. Esta pode ser utilizada para verificar a correta vedação do habitáculo do

veículo. Para tal devem ser fechados todos os vidros e portas do veículo e colocada a ventilação da *chauffage* no máximo. Com isto pretende-se criar uma pressão superior à exterior, no interior do veículo. Em seguida com a máquina de fumos e com um bocal de saída de fumos mais largo, deve percorrer todas as folgas no exterior do veículo, desde portas e vidros, por consequência quando o bocal de saída de fumo passa num local que não esteja a ser bem vedado o fumo emitido pela máquina irá consequentemente alterar o seu percurso normal, e será visível a existência de perturbação no fumo. A Figura 18 permite visualizar como se deverá colocar a máquina de fumo junto dos possíveis locais de origem do ruído.



Figura 18 - Detecção de locais de má vedação

A utilização desta técnica já permitiu a deteção de várias folgas desajustadas em situações reais. Sendo mais recorrente em veículos como *cabriolet*. Também é utilizada nos veículos sem aro de porta, todavia nestes últimos por vezes a utilização de uma folha de papel também pode ser solução para verificar, a existência de folga entre o vidro e a borracha vedante. Para efetuar a verificação da folga com recurso a uma folha de papel o procedimento a efetuar passa por, fechar a porta em questão, com o vidro totalmente fechado deixar uma folha de papel colocada entre o vidro e a borracha, em seguida é puxado lentamente a folha de papel ao longo de toda a zona de contacto entre o vidro e a borracha, e consequentemente, nas zonas de menor contacto (má vedação) é perceptível que a resistência ao deslizamento da folha de papel é menor o que evidencia a existência de um local de passagem de ar e consequentemente a possibilidade de ser a origem do ruído.

Existe no mercado um equipamento tecnológico que tem como finalidade facilitar a deteção do local onde existe uma fonte emissora de ruído (Figura 19). O equipamento é

eficaz, mas necessita de bons conhecimentos das características de ruído ou sons, o que se torna numa desvantagem para a maioria das oficinas. Associado ao referido anteriormente está também o custo do equipamento. No contacto existente com a utilização deste equipamento ficou a sensação de ser um produto interessante, em alguns casos, torna-se útil, mas o custo deste torna-se uma problemática.






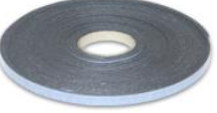





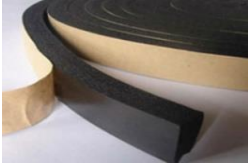
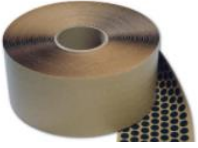

Figura 19 - Equipamento Soundcam (Systems, 2020)

6.3. Eliminação do ruído

A eliminação do ruído é o objetivo primordial do processo descrito. Para que essa eliminação possa acontecer o processo poderá passar por afinação ou ajuste de determinados componentes, pela substituição do componente que esteja na origem do ruído ou pela atenuação do contacto entre componentes, para efetuar essa atenuação de contacto existem diversos tipos de materiais que estão enquadrados nas seguintes categorias:

- Feltros;
- Borrachas esponjosas, material esponjoso e película de revestimento;
- Batentes, distanciadores;
- Fita de enrolar, fita adesiva;
- Produtos químicos.

Tabela 1- Materiais de apoio eliminação ruídos

Feltros	Material esponjoso	Batentes, distanciadores	Fita de enrolar, fita adesiva
			
			
			

Os produtos químicos são utilizados em sua grande parte, na eliminação de ruídos de rangidos, frequentes em viaturas com as carrocerias *cabriolet* ou em vidros que estão em contacto com borrachas. Nestas situações a origem do ruído deve-se ao facto do aumento do atrito devido a uma borracha “seca” ou isenta de lubrificante. Para eliminar o ruído é aplicada uma camada de lubrificante nas superfícies de contacto que originam o ruído. Para borrachas de portas por exemplo existe o produto “Carbaflo KSP105” (Figura 20).



Figura 20 - Produto lubrificante Carbaflo KSP 105

A utilização deste produto permite uma solução viável, pois em inúmeras reparações efetuadas com recurso a este produto permitiu resultados bastante satisfatórios, de tal modo que tornou desnecessário recorrer á substituição da borracha de contacto defeituosa do veículo. O fabricante do produto anuncia que a aplicação deste lubrificante soluciona de forma definitiva o problema, pela minha experiência de utilização do produto pode em alguns casos ser definitiva, contudo em borrachas exteriores do veículo que estejam sujeitas a contacto com outros produtos químicos, como por exemplo os champôs de lavagem, a eficácia da aplicação do Carbaflo KSD-105 vai desaparecendo ao longo do tempo, ainda assim tem uma duração bastante aceitável podendo chegar a anos de duração.

Para ruídos de vidros de correr originados pelo contacto de superfície entre o vidro e a borracha, devido a uma lubrificação deficiente da borracha, que conseqüentemente aumenta a resistência ao deslizar do vidro existe por exemplo o produto deslizante “krytox GPL 105 oil” (Figura 21) este produto permite que colocando algumas gotas na calha do vidro, seja garantida a sua lubrificação sem que esteja colocado em causa a integridade do funcionamento do vidro, uma vez que este fluido não deixa vestígios de gordura que permitam a acumulação de poeiras, e conseqüentemente originam uma prisão do vidro, ou até uma sujidade de gordura no respetivo vidro.



Figura 21 - Produto lubrificante Krytox GPL 105 oil

A utilização prática deste produto em situações reais permite eliminar realmente os ruídos provocados pelo contacto entre a superfície do vidro e a superfície da borracha de guia do vidro sem que seja comprometido o seu correto funcionamento.

Os produtos acima mostrados permitem em grande parte eliminar os ruídos parasitas frequentemente existentes nos habitáculos dos veículos, pois frequentemente a fonte emissora de ruído em habitáculos manifesta-se devido a superfícies em contacto de modo indesejado, com a utilização do produto lubrificante torna-se possível reduzir o efeito de atrito que origina o ruído parasita. Todavia existem ruídos parasitas que necessitam de uma solução ajustada a sua natureza, em função da causa do ruído deverá ser decidido qual o processo de reparação adequado.

6.3.1. Confirmação de ruído eliminado

A resolução da queixa do cliente não deve ser considerada solucionada assim que o técnico de oficina efetua a reparação considerada mais indicada. Verificam-se alguns casos que durante a intervenção no veículo, foi efetuado um ensaio dinâmico onde se confirmou a localização do ruído, foi efetuada a reparação considerada ideal para solucionar a queixa do cliente, em seguida durante a intervenção foi efetuado novamente um ensaio dinâmico e voltou a ser confirmado que o ruído estava eliminado, em seguida o veículo foi montado completamente e após a montagem de todos os componentes, o sintoma voltou a estar presente quando se efetuou a criação das condições necessárias,

pois por vezes essas condições passam pela necessidade de estarem todos os componentes montados, quando todos os componentes são montados no veículo existe casos em que são originados esforços adicionais aos componentes adjacentes e esses esforços adicionais originam o ruído. Em suma o veículo deverá apenas ser considerado pronto após ensaio dinâmico com todos os seus componentes montados.

É necessário que após a montagem completa dos componentes analisados, seja efetuado um ensaio dinâmico em condições iguais às condições iniciais, para confirmação de anomalia solucionada. Nesta fase do processo pode não ser necessário retornar a verificar as folhas de condições de reprodução do ruído existentes no acompanhamento da ordem de reparação. Nesta fase do processo as condições necessárias para a reprodução do ruído já são amplamente conhecidas pelos técnicos. Contudo, em caso de necessidade podem ser consultados os documentos iniciais para salvaguarda de que nenhum detalhe foi esquecido.

Após o processo de reparação ser dado por concluído pelo técnico de oficina, inicia-se o processo de entrega da viatura. Em função da dimensão da intervenção efetuada pode fazer sentido ser feita uma lavagem do veículo, pois nos casos de desmontagens de interiores muitas vezes são criados inadvertidamente pontos de sujidade que poderão fundamentar uma nova reclamação por parte do cliente.

7. Entrega do veículo

O processo de entrega do veículo tem início assim que o veículo se encontrar devidamente reparado e lavado. O assessor de serviço que irá proceder à entrega do veículo deverá efetuar uma última inspeção ao veículo, focando-se mais nas zonas intervencionadas, de modo a garantir que não se encontra nenhum defeito visível quer proveniente da reparação quer de uma possível má lavagem do veículo. Este despiste torna-se mais importante quando existe um processo de reclamação.

Após se confirmar que está tudo correto no veículo, é necessário que o assessor de serviço esteja perfeitamente inteirado dos trabalhos efetuados no veículo, assim como da origem do ruído e sua solução, para quando for efetuada a entrega do veículo ao cliente, possa ser explicada de forma coerente, e assertiva todo o processo realizado e assim transmitir ao cliente uma maior segurança sobre o trabalho efetuado.

O processo de entrega deverá ser efetuado, informando o cliente sobre a origem do ruído, em seguida com a explicação da solução encontrada.

Em seguida é importante que o técnico da receção acompanhe o cliente ao veículo, e sempre que possível mostrar a zona intervencionada, pois assim deste modo assegura-se que o cliente verificou que não encontra defeitos visuais nos locais intervencionados, este passo é de maior importância quando a solução do ruído passou por desmontagens no interior do veículo.

O último passo da entrega do veículo e um dos mais importantes é a realização de um ensaio dinâmico com o cliente, este ensaio dinâmico deverá passar pelas mesmas condições necessárias para a reprodução do ruído, que foram efetuadas com o cliente no ensaio inicial. Deste modo o cliente terá a perfeita noção que o ruído foi eliminado, e a oficina está salvaguardada para um hipotético reaparecimento de ruído, pois o cliente terá a consciência que presenciou o sintoma resolvido na entrega do veículo.

Este processo de entrega acima descrito é o ideal, contudo no dia a dia laboral por vezes existe a necessidade de reajustar, em função do tipo de cliente que está presente, mas nestes reajustes que exista necessidade de realizar deve-se procurar realizar o máximo de passos possíveis, de modo a restabelecer a satisfação do cliente e salvaguardar a integridade da empresa.

7.1. Acompanhamento da reclamação

O acompanhamento da reclamação é um procedimento fulcral para a confiança do cliente ser restabelecida. O acompanhamento efetuado por parte da recepção oficial, representa a preocupação pela correta reparação e conseqüente satisfação por parte do cliente. Mesmo nos casos em que a reclamação ou queixa do cliente não se verificou ficar solucionada, deve ser manifestada total disponibilidade e interesse para efetuar nova análise e deste modo nova tentativa de solucionar a queixa do cliente.

Este acompanhamento idealmente deverá ser efetuado pelo assessor de serviço que esteve sempre a acompanhar o processo, pois assim torna-se mais fluida a comunicação com o cliente. Assim no caso de o cliente estar insatisfeito não se tornará necessário para o cliente explicar todo o processo já efetuado no seu veículo, pois o assessor de serviço já está familiarizado sobre o que se passou durante a reparação, e será mais fácil a defesa de posição da oficina perante os relatos do cliente.

O acompanhamento telefônico deverá ocorrer num prazo de após uma semana de entrega do veículo. Assim torna-se possível ao assessor de serviço, responsável pela entrega e acompanhamento do veículo ainda estar familiarizado com o processo. Caso as condições de manifestação do ruído assim o exijam, o tempo deverá ser ajustado ao conhecimento existente acerca da queixa do cliente. Pois caso a reclamação inicial por parte do cliente indicar uma periodicidade necessária para a manifestação do ruído mais longa, então deverá ser efetuado novo acompanhamento na data que assegure essa periodicidade.

8. Conclusão e trabalhos futuros

8.1. Conclusões

A análise deste trabalho permite um melhor conhecimento acerca de um ruído de interferência que muitas vezes torna-se na razão de uma reclamação por parte do utilizador de um veículo. Aqui é possível assimilar os diferentes tipos de ruídos existentes, pois uma correta filtragem do tipo de ruído assegura um melhor diagnóstico.

Para um diagnóstico viável verificou-se que executar os procedimentos corretos no momento em que o utilizador do veículo que conhece a anomalia em causa está presente, facilita as tarefas seguintes. Isto torna o processo de receção do veículo um momento de extrema relevância.

Foi desenvolvido e proposto um procedimento a executar na receção do veículo de modo a minimizar a possibilidade de erro ou má interpretação das intenções do cliente. A elaboração de um questionário de apoio à receção do veículo permite que seja assegurada a verificação de todos os pontos de interesse na receção do veículo, tornando possível assegurar o registo de todos os pontos verificados.

O procedimento de um ensaio dinâmico focado no ruído em queixa, é outro ponto de grande relevância para o processo. Como tal, foram definidos critérios que permitam efetuar este tipo de ensaio de forma assertiva e reproduzindo as condições que permitam a identificação da avaria. Quando o ensaio dinâmico não permite a reprodução do ruído em causa, efetuar uma recolha de informação que permita identificar o sintoma. Para tal foi desenvolvido e proposto um questionário de respostas rápidas para entregar ao cliente. Deste modo o cliente poderá auxiliar o diagnóstico ao mesmo tempo que percebe a dificuldade do mesmo.

O procedimento de reparação focado nos métodos apresentados, permite evitar desperdício de tempo em desmontagens desnecessárias, assim com prevenir a criação de novas anomalias consequentes desses procedimentos desnecessários. Para a implementação de uma metodologia de diagnóstico e reparação de: “reproduzir,

delimitar e eliminar”, foram elaborados procedimentos, de forma a que a reparação seja assegurada de forma eficiente e duradoura.

A entrega do veículo ao cliente deve cumprir requisitos específicos que certifiquem a qualidade da reparação efetuada. Desta forma, também o processo de entrega do veículo foi revisto e descrito.

O encerramento de todo o processo de diagnóstico e reparação apenas deverá ser concluído com o procedimento de acompanhamento efetuado ao cliente e que foi igualmente abordado neste trabalho.

8.2. Sugestão de trabalhos futuros

Como trabalhos futuros apresento algumas sugestões que foram tidas em conta como necessárias a este trabalho, todavia não foi possível executar. Algumas visam confirmar junto de clientes que estejam perante uma situação de reclamação de ruído.

As sugestões de trabalhos futuros são as seguintes:

- Efetuar a entrega a técnicos de receção de oficina, independentes para estes poderem aplicar a elaboração dos questionários de forma a ser verificada flexibilidade da sua utilização.
- De igual modo conciliar a entrega do questionário de diagnóstico de condições a um cliente real que ainda não tenha conseguido perceber como se manifesta o ruído parasita existente na sua queixa, assim poderia ser assegurado a real eficácia do respetivo questionário.
- A criação de onomatopeias que pudessem facilitar a associação de um som conhecido de forma unanime, a um ruído parasita assim deste modo seria mais seguro a compreensão do ruído em queixa.

Bibliografia

- Crolla, D., Foster, D. E., Kobayashi, T., & Vaughlan, N. (2014). Encyclopedia of Automotive Engineering. In *Encyclopedia of Automotive Engineering*. <https://doi.org/10.1002/9781118354179.auto001>
- Dantas, J. D., & Cruz, S. da S. (2018). Um olhar físico sobre a teoria musical. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 41(1), 1–12. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2018-0099>
- Engenharia, R. B. F. (2020). *dBa e Nível Sonoro - Ruído de Baixa Frequência*. <https://www.ruidobaixafrequencia.pt/dba-e-nivel-sonoro/>
- Faculdade, P., Aut, A., & Ac, D. (2018). *Pressão Sonora e Nível em dB : Nível de Pressão Sonora (Lp ou NPS) NPS \square 20 log \square \square* . 1–34.
- Harriaon, M. (2004). *vehicle refinement: controlling noise and vibration in road vehicle*.
- Harrison, M. (2013). vehicle refinement-Controlling Noise and Vibration in Road Vehicles. In S. International (Ed.), *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Kavara, F., & Rediers, B. (2001). Squeak and rattle-state of the art and beyond. *Sound and Vibration*.
- Kistler. (2019). *NVH (noise, vibration, harshness) | Kistler*. <https://www.kistler.com/en/glossary/term/nvh-noise-vibration-harshness/>
- OSHA. (2013). *OSHA Technical Manual (OTM) | Section III: Chapter 5 - Noise | Occupational Safety and Health Administration*. https://www.osha.gov/dts/osta/otm/new_noise/
- Ozcan, H. K., & Nemlioglu, S. (2006). In-cabin noise levels during commercial aircraft flights. *Canadian Acoustics - Acoustique Canadienne*, 34(4), 31–35.
- Pavan, P. T. Z. (2011). *Visão Geral da Física Aplicada à Fonoaudiologia*.
- Pierce, A. D. (2019). Acoustics: An Introduction to Its Physical Principles and Applications. In *Acoustics*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-11214-1>

- Piol, F. (2014, April 22). *Palestra Proteção auditiva*. <https://pt.slideshare.net/FlaviaPiol1/palestra-proteo-auditiva>
- Poggio, G. (2021). *Poder Naval Online - Dossiê*. <https://www.angelfire.com/space/portoseguro/GAS/concbas.htm>
- Pujol, R. (2018, June 6). *Campo auditivo humano*. <http://www.cochlea.org/po/som/campo-auditivo-humano>
- Qatu, M. S., Abdelhamid, M. K., Pang, J., & Sheng, G. (2009). Overview of automotive noise and vibration. *International Journal of Vehicle Noise and Vibration*, 5(1–2), 1–35. <https://doi.org/10.1504/IJVNV.2009.029187>
- Rao, S. S. (1986). *Mechanical Vibration* (Addison-Wesley (ed.)).
- Ribeiro, T. M., Câmara, J. J. D., & Engler, R. C. (2007). *interior design and development*. Universidade de Palermo ISSN 1850-2032.
- Rodrigues, L. (2011). *Efeito Doppler - o que é, como ocorre, resumo - Física - InfoEscola*. <https://www.infoescola.com/fisica/efeito-doppler/>
- Saint, G. (2021). *Soluções de isolamento ISOVER para carros*. <https://www.isover-isolamento-tecnico.pt/>
- Shaw, H., & Borowski, H. (1997). A CAE methodology for reducing rattle in structural components. *SAE Paper No. 972057*.
- Sheng, G. (2012). Vehicle Noise, Vibration, and Sound Quality. In *Vehicle Noise, Vibration, and Sound Quality*. <https://doi.org/10.4271/r-400>
- Stucklschwaiger, W., de Mendonça, A., & alves dos Santos, A. (1997). *The creation of car interior noise quality index for the evaluation of rattle phenomena* (paper No.2001-01-1550).
- Systems, C. (2020). *The First Handheld Sound Camera for Everyone by SOUND CAM — Kickstarter*. <https://www.kickstarter.com/projects/351002836/the-first-handheld-sound-camera-for-everyone>
- Trapp, M. A., McNulty, P., & Chu, J. (1997). Frictional and acoustic behavior of automotive interior polymeric material pairs under environmental conditions. *SAE Paper No 2001-01-1550*.