UNIVERSIDADE DE LÉON

Departamento de Ciências Biomédicas

Tese de Doutoramento

***Risco de exposição ocupacional a vibrações
Análise da aplicação da DIRECTIVA 2002/44/CE***

***Riesgo de Exposición Profesional a las vibraciones
Revisión de la implementación de la Directiva 2002/44/CE***

Henrique Guisado

Léon 2015

UNIVERSIDADE DE LÉON

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS
BIOMÉDICAS

RAMOS DO CONHECIMENTO:
MEDICINA PREVENTIVA E SAÚDE
PÚBLICA

**Risco de Exposição Ocupacional a
vibrações. Análise da aplicação da
DIRECTIVA 2002/44/CE**

Orientação: Professora Doutora Mónica Dias Teixeira

Co-Orientação: Professor Xavier Madera

Henrique Guisado

Léon 2015

DEDICATÓRIA

- ❖ *Aos meus Avós, **Joaquim e Dilar**, pelo apoio incondicional que sempre me deram enquanto estivemos juntos, pelos conselhos e motivação que criaram para orientar a minha vida, pelo seu amor e todas as outras coisas boas que me proporcionaram.*
- ❖ *Ao meu Pai, **Henrique Guisado**, meu grande mentor, pelo exemplo de competência, honestidade, trabalho e abnegação, enquanto exercia a sua profissão de médico; pelo amor e forma de ser e estar, humano, exigente para consigo mesmo no campo do conhecimento científico, querendo, sempre actualizado, melhor poder servir os seus doentes. **Pai, apesar de já não estares entre nós, sei que estejas onde estiveres, vais gostar muito do que fiz.***
- ❖ *A minha querida Mãe, **Mariana**, pelo amor, carinho, dedicação e apoio, que me deu sempre ao longo de toda a minha vida que apesar de nos ter deixado há pouco tempo continua comigo nesta caminhada, dizendo nas alturas difíceis, força filho vais conseguir. **Obrigado por tudo, Mãe***
- ❖ *A minha mulher, **Maria Suzel**, por todo o apoio, incentivo e dedicação para a concretização deste sonho.*
- ❖ *Aos meus filhos, **Henrique e João**, pela compreensão que sempre têm tido, ao longo de todos estes anos; sei que foram, possivelmente, prejudicados, pela falta de apoio resultante do investimento em tempo neste trabalho. Ele é também vosso, esperando, um dia, que à semelhança do meu pai, possa ser para vós um exemplo.*

AGRADECIMENTOS

- ❖ *Aos meus Professores, Doutora Mónica Dias Teixeira e Doutor Javier Madera Garcia, orientadores desta tese, agradeço todo o apoio, incentivo e motivação, assim como a partilha de conhecimentos, o nível de exigência, e as preciosas indicações, para a realização do mesmo. Desde já a minha gratidão pelo acompanhamento e ajuda ao longo da investigação, assim como por estimularem o meu interesse pelo conhecimento nesta matéria.*
- ❖ *À Drª Ana Bicker e ao Engº Ricardo Amaral, do ISQ, por me facultarem os dados e me permitirem acompanhá-los nos trabalhos de medições de vibrações, demonstrando assim que a colaboração, a partilha e permuta de serviços, entre empresas que operam no mesmo ramo, é possível, salutar e factor de enriquecimento e crescimento mútuos.*
- ❖ *As empresas que me permitiram acompanhar medições e/ou me facultaram relatórios e dados sobre as mesmas, tendo em vista uma análise detalhada da situação e a minimização deste risco, o meu muito obrigado.*
- ❖ *A TICA (Margarida Pombo), pelas possibilidades que me deu de inscrição neste doutoramento, assim como por todo o apoio dado desde então.*
- ❖ *Ao meu velho amigo de tempos de colégio “Pepe” Pedro Teixeira, que com a sua paciência me ajudou a traduzir o texto para Espanhol.*
- ❖ *A todos os meus amigos, pela sua generosidade, disponibilidade e aconselhamento para conseguir juntar e coligir a informação necessária para a concretização deste trabalho.*
- ❖ *Aos meus ex-professores, e atuais colegas e amigos do INDEG/ISCTE, em particular, Mestres José Manuel Monteiro, Dias da Silva, e Rocha Martins, por todo o apoio e incentivo que me têm dado ao longo destes anos.*
- ❖ *Ao meu velho amigo Dr. João Cunha, pela possibilidade que me abriu, ao possibilitar o meu contacto com o Grupo Barraqueiro, e o programa GISFROT, assim como aos trabalhos desenvolvidos pelo grupo.*
- ❖ *Aos meus colegas da AMBIPLUS, pela colaboração e entreajuda, na obtenção de dados para a realização deste trabalho*

- ❖ *A Dr.^a Ana Paula Vieira, por toda a amizade e apoio dado na obtenção de dados e informações, sobre este assunto que me facultou e disponibilizou.*
- ❖ *Ao Professor Doutor Júlio Montalvão e Silva, meu professor da cadeira de Vibrações Mecânicas, do curso de Eng. Mecânico do IST, pelo desafio lançado na altura (1981), para a realização de um trabalho, e que agora espero que se venha a concretizar. Pois é professor desta não estava a espera.*
- ❖ *A todos aqueles que durante a minha vida dando-me conhecimentos e conselhos contribuíram para a minha formação e educação, em particular aos Irmãos Maristas do colégio de Carcavelos, que na minha meninice me educaram, dando princípios de que hoje me orgulho*
- ❖ *E por ultimo aos meus colegas deste doutoramento, pela franca camaradagem, pelo espírito de entreajuda e colaboração, que sempre houve entre todos, e que espero que se venha a manter.*

A todos o meu sincero muito obrigado por me ajudarem a concretizar este sonho

E como já dizia o poeta:

*Eles não sabem que o sonho
é uma constante da vida
tão concreta e definida
como outra coisa qualquer,
como esta pedra cinzenta
em que me sento e descanso,
como este ribeiro manso
em serenos sobressaltos,
como estes pinheiros altos
que em verde e oiro se agitam,
como estas árvores que gritam
em bebedeiras de azul.*

*Eles não sabem que sonho
é vinho, é espuma, é fermento,
bichinho álaçre e sedento,
de focinho pontiagudo,
que fossa através de tudo
num perpétuo movimento.*

*Eles não sabem que o sonho
é tela, é cor, é pincel,
base, fuste, capitel,
arco em ogiva, vitral,
pináculo de catedral,
contraponto, sinfonia,
máscara grega, magia,
que é retorta de alquimista,
mapa do mundo distante,*

*rosa-dos-ventos, Infante,
caravela quinhentista,
que é cabo da Boa-Esperança,
ouro, canela, marfim,
florete de espadachim,
bastidor, passo de dança,
Colombina e Arlequim,
passarola voadora,
pára-raios, locomotiva,
barco de proa festiva,
alto-forno, geradora,
cisão do átomo, radar,
ultra-som, televisão,
desembarque em foguetão
na superfície lunar.*

*Eles não sabem, nem sonham,
que o sonho comanda a vida,
Que sempre que um homem sonha
o mundo pula e avança
como bola colorida
entre as mãos de uma criança.*

(António Gedeão, *Pedra Filosofal*)

Desde a juventude que este poema sempre reforçou o meu sonho de termos um mundo onde **Trabalho, Honestidade e Competência** não sejam meras palavras, mas sim princípios.

Procurei, com esta investigação, contribuir para a promoção do desenvolvimento humano, para a nobre actividade do trabalho sem causar lesões ou danos a todos os que a exercem.

A TODOS, MUITO OBRIGADO!

Lisboa, Novembro de 2015

Henrique Guisado

EPÍGRAFE

**“A VIDA É UM BOM COMBATE,
QUE OS FRACOS ABATE”**

Santo Marcelino Champagnat

RESUMO

Introdução: O risco da exposição dos trabalhadores a vibrações, há muito, que é conhecido. No entanto, só recentemente foi introduzida na legislação comunitária a Diretiva 2002/44/CE, para avaliar este risco, que resulta praticamente da transposição das normas ISO para legislação.

Objetivo: Avaliar o grau de aplicação e o cumprimento da Diretiva 2002/44/CE (vibrações) em Portugal, Espanha e restantes países da União Europeia.

Metodologia: Nas avaliações efetuadas os métodos de medição utilizados são os previstos na Diretiva 2002/44/CE e na norma NPEN ISO 2631-1:2007 para as vibrações Corpo Inteiro, através da utilização dos equipamentos SVAN 948, com o acelerómetro triaxial LR106 - 3143M-1, e o SVAN 948 com o acelerómetro triaxial SVANTEK SV 39A. Nas vibrações Mão-Braço seguiu-se o definido na diretiva supra citada e nas normas ISO 5349-1 e 2 de 2001, utilizando-se os equipamentos SVAN 958, com o acelerómetro triaxial Dytran 3023M2 e o SVAN 948 com o acelerómetro triaxial Dytran 3023M2.

Resultados: Os dados obtidos indicam uma fraca representatividade e confiança das amostras efetuadas no que concerne a proteção de todos os trabalhadores que se encontram expostos a vibrações nas empresas estudadas. Assim como diferenças resultantes da forma de tratamento dos resultados das amostras, assim como diferenças entre os resultados utilizando as metodologias propostas nas diretivas 2002/44/CE e 2006/42/CE, para a avaliação das vibrações de Corpo Inteiro. E também diferenças nos resultados obtidos nas metodologias rms e VDV, no caso das vibrações de Corpo Humano aplicando a diretiva 2002/44/CE, uma vez que a última diretiva não refere o método VDV.

Conclusão: Os resultados do estudo apontam para a necessidade de revisão da Diretiva 2002/44/CE.

A INVESTIGAÇÃO

Na análise efetuada procurou-se, em primeiro lugar, identificar o estado da arte no momento, quantificar a dimensão do problema, i.e. o número de trabalhadores expostos a vibrações na Europa, dando particular atenção a Portugal e Espanha, analisando de seguida o grau de implementação e cumprimento da Diretiva 2002/44/CE e da Diretiva 2006/42/CE, relativamente a este risco, em Portugal.

A introdução recente desta legislação no espaço comunitário, baseou-se na transcrição para legislação comunitária das normas ISO 2631-1:1997 para as vibrações de Corpo Inteiro e ISO 5349-1:2001 e ISO 5349-2:2001 para as vibrações Mão-Braço, as quais apesar de já apresentarem revisões, também são recentes.

Como as normas ISO são normas geralmente de aplicação voluntária, da sua transposição para legislação podem resultar situações que ao não serem acauteladas, podem resultar em inconsistências na legislação resultante.

Desta forma foram analisadas situações (lacunas, dificuldades e contradições) verificadas na aplicação das diretivas supra citadas, apontando possíveis soluções para melhorar a aplicação destas em Portugal e na U.E.

Percurso da pesquisa

A investigação levada a cabo conheceu evoluções durante o tempo em que decorreu: assim é que, inicialmente em 2012, pretendia-se analisar a aplicação da Diretiva 2002/44/CE e a perceção e risco de exposição ocupacional a vibrações pelos operadores de equipamentos numa unidade mineira.

Não era expectável nessa altura que, face às alterações previstas na recente diretiva Máquinas 2006/42/CE, entrada em vigor em 2009 (que requer a alteração da forma de cálculo das vibrações Corpo Inteiro, a obrigação dos fabricantes em declarar as vibrações e as incertezas associadas), assim como a exigência da publicação do relatório indicado na diretiva 2007-30-CE, sobre a aplicação das diretivas especiais, que deveria ter ocorrido entre 2012 e 2013, que

até este momento não tivesse ocorrido uma revisão da Diretiva Vibrações, revendo as formas de cálculo nela previstas, assim como outras lacunas entretanto identificadas.

Esta revisão, necessária para a conformidade legislativa, deveria incorporar e dar resposta a algumas das lacunas anteriormente identificadas, de que é exemplo o trabalho de investigação *“A Diretiva Europeia 2002/44/CE: dificuldades e consequências na proteção dos trabalhadores face aos riscos de vibrações”* (Guisado, 2008), onde então se referia que *este tema se encontrava num estágio inicial, no domínio científico, e algumas questões colocadas não tinham ainda resposta*, nomeadamente:

- *Qual a duração de tempo correta para se fazerem as medições das vibrações, que nos permitem uma amostragem representativa da realidade?*
- *Qual o desvio verificado entre os dados reais das vibrações e o proposto pelos fabricantes dos equipamentos, quando o fazem?*
- *Como podemos avaliar a existência ou não de impulsos que, associados a outras vibrações estabilizadas, vão alterar a capacidade de recuperação e resistência do corpo humano à semelhança do que se passa nos equipamentos?*
- *Qual o efeito que determinada frequência de vibração provoca nos órgãos do corpo humano quando esta os faz entrar em ressonância?*

No entanto no desenvolvimento do trabalho, surgiu a primeira dúvida, “Como trabalhar os dados recolhidos na amostra?”. Com a aplicação do indicado na Diretiva 2006/42/CE, a resposta a esta questão fica resolvida para as vibrações Corpo Inteiro, mas a mesma Diretiva é omissa relativamente as Vibrações Mão-Braço. Tendo surgido uma outra questão sobre a utilização e comparação dos métodos r.m.s. e VDV para a avaliação das vibrações de Corpo Inteiro.

No entanto com a entrada em vigor desta Diretiva surgiu pois a necessidade de tornar claro que a situação dúbia de avaliar as vibrações de

Corpo Inteiro uma prevista na diretiva 2002/44/CE – Vibrações e outra na Diretiva 2006 /42/CE, conduziam a resultados diferentes, não podendo nem devendo a atual situação manter-se de acordo com os resultados recolhidos e analisados, i.e. duas formas de cálculo para avaliar a mesma situação e ambas cobertas por legislação em vigor.

Da mesma forma procurou-se tornar claro que a expressão “amostragem significativa”, tem pouco significado quando se procede a uma análise detalhada das amostras efetuadas.

Esta que numa empresa deve ter como base a listagem de equipamentos existentes e que expõem os trabalhadores a vibrações, assim como o registo dos tempos de exposição em que os trabalhadores estão expostos às vibrações.

Assim como foram comparados os resultados obtidos com os dados dos fabricantes, quando o fazem, sendo aqui também proposta uma abordagem diferente tendo em vista levar os fabricantes dos equipamento e/ou seus representantes na europa a indicar os valores expectáveis das vibrações produzidas pelos seus equipamentos e sua incerteza, divulgados através de uma base de dados publica e europeia.

Ficando ainda outra dúvida, esta última diretiva nada refere sobre a aplicação do método VDV para avaliação das vibrações de corpo inteiro?

A estrutura do trabalho assenta no enquadramento teórico e prático, desenvolvido nos capítulos:

Capítulo I – Enquadramento teórico e revisão bibliográfica

Capítulo II – Estudo experimental

Capítulo III – Resultados e sua análise

Capítulo IV – Conclusões

Sendo completada pelas análises efetuadas nos seguintes anexos principais:

Anexo 1 - Dimensão do Problema

Anexo 2 - Vibrações Mão-Braço

Anexo 3 - Vibrações Corpo Inteiro

Anexo 4 - Análise das Amostras

Outros anexos que completam informação existente na tese e que detalham em pormenor cada uma das situações

Palavras-Chave: Equipamentos, vibrações, vibrações Mão-Braço, vibrações de Corpo Inteiro, Amostras (Dimensão, Grau/Nível de Confiança), Resultados, Formas de Cálculo, Tempo de Exposição, Valor de Ação, Valor Limite de Exposição.

RESUMEN

0.1. Introducción

Hay un problema que se cree importante para solucionar: el elevado número de trabajadores expuestos a vibraciones en la U.E. Por eso es importante actuar sobre el riesgo real, defendiéndose con una metodología única, clara para evaluar los dos tipos de vibraciones, mano-brazo y cuerpo completo.

En este trabajo de investigación, la aplicación de la Directiva 2002/44/CE se analizó mediante la evaluación del impacto de la misma en materia de prevención de riesgos de la exposición ocupacional a las vibraciones.

La reciente introducción de dicha legislación en la Comunidad U.E, se basa en la transcripción al Derecho comunitario de las normas ISO 2631-1:1997, aplicada a las vibraciones de cuerpo completo, ISO 5349-1:2001 y ISO 5349-2:2001 para la vibración mano-brazo, que a pesar de que ya están revisadas, también son nuevas.

Como las normas ISO son en general de aplicación voluntaria, su transposición a la legislación puede dar lugar a situaciones que no están salvaguardadas y a incoherencias en la legislación resultante.

En el análisis realizado, hemos intentado, primero, identificar el estado de la técnica en el momento, para cuantificar la magnitud del problema, es decir, el número de trabajadores expuestos a vibraciones en Europa, con especial atención a Portugal y España, analizando a continuación el grado de aplicación y cumplimiento de la Directiva 2002/44/CE y la Directiva 2006/42/CE, en relación con este riesgo en Portugal.

También analizamos algunas situaciones (lagunas, dificultades y contradicciones) detectadas en la aplicación de las directivas citadas anteriormente, señalando posibles soluciones para mejorar su aplicación en Portugal y en la U.E.

0.1.1. Caracterización del problema

Los problemas, derivados de riesgo de exposición a las vibraciones, surgen por lo general en pocos o muchos años después de haber comenzado la exposición, según lo declarado por M.J. Griffin en "requisitos de salud y seguridad mínimas para los trabajadores expuestos a vibraciones", entre otros.

Como también se menciona en el documento de investigación "La Directiva Europea 2002/44/CE: Problemas y consecuencias para la protección de los trabajadores frente a los riesgos de vibraciones" (Guisado H., 2008), que luego declaró que "este tema se encontraba en un primera etapa, en la ciencia, y algunas preguntas aún sin respuesta".

Conviene señalar que no es fácil relacionar una lesión verificada en un trabajador con exposición a las vibraciones en el trabajo, ya que esta exposición también se puede verificar a menudo cuando viaja hacia y desde el lugar de trabajo, o bien en otro lugar en el que el empleado ha desarrollado su actividad anterior, así como otras actividades relacionadas con el tiempo libre del mismo.

Esta es una razón que dificulta un enfoque claro a este problema, el otro es el que se refiere a la evaluación de riesgo de exposición a las vibraciones y la forma en que se hace.

0.1.2. Encuesta Rut

La investigación llevada a cabo evoluciono bastante durante el tiempo transcurrido, y en principio en 2012 tenía la intención de examinar la aplicación de la Directiva 2002/44/CE y la percepción y el riesgo de exposición ocupacional a la vibración por los operadores de equipos de unidad minera.

No se esperaba en el momento en que, dados los cambios contenidos en la nueva Directiva de Máquinas 2006/42/CE, que entró en vigor en 2009 (lo que requiere cambiar el método de cálculo de las vibraciones de cuerpo completo y la obligación de los fabricantes para declarar el valor de las vibraciones y las incertidumbres asociadas en sus equipos), así como el requisito de la publicación del informe indicado en la Directiva 2007-30-CE, relativa a la aplicación de las

directivas especiales, en particular, la Directiva 2002/44/CE, que debería haber tenido lugar entre 2012 y 2013, que hasta el momento aún no se había publicado.

Así que no espero que no hubieran sido revisadas en la Directiva Vibraciones, la revisión de las formas de cálculo previsto, así como otras deficiencias que ya han sido identificadas.

Esta crítica, que era necesaria para el cumplimiento legislativo, ya que hay dos directivas que indican las formas de cálculo, que presentan resultados diferentes para la vibración de cuerpo completo, y deben incorporar y responder a algunas de las lagunas identificadas previamente, como se ejemplifica lo anterior, en el trabajo de investigación "La Directiva Europea 2002/44/CE: problemas y consecuencias para la protección de los trabajadores contra los riesgos de las vibraciones" (Guisado H., 2008):

- ♣ ¿Por cuánto tiempo es el tiempo correcto para hacer las mediciones de vibraciones que nos permitan una muestra representativa de la realidad?

- ♣ ¿Cuál es la diferencia entre los datos reales de las vibraciones y los propuestos por los fabricantes de los equipos cuando lo producen?

- ♣ ¿Cómo podemos evaluar la presencia o ausencia de impulsos asociados a otras vibraciones estables y como pueden cambiar la resistencia y la fuerza del cuerpo humano similar a lo que ocurre con el equipo?

- ♣ ¿Cuál es el efecto que cierta frecuencia de vibración hace en los órganos del cuerpo humano cuando entran en resonancia?

Las vibraciones son una fuerza alternada que actúa sobre un cuerpo o una parte, en las tres direcciones x, y, z, por lo que la cantidad que debe considerarse en el módulo de la suma de los 3 ejes total, es decir la cantidad total de la vibración.

La Directiva 2006/42/CE corrige la situación de la directiva anterior, en la que se debe considerar que tanto las vibraciones mano-brazo como las vibraciones de cuerpo completo, son el valor total de la vibración.

Sin embargo, en el desarrollo del trabajo, surgió una primera pregunta:

"¿Cómo trabajar con los datos recogidos en la muestra?".

La Directiva 2006/42/CE responde a esta pregunta lo que indica que, por las vibraciones de cuerpo completo debe considerarse "el valor eficaz más alto de aceleración ponderada a la que está expuesto todo el cuerpo", y sin embargo nada sobre mano-brazo.

Con la entrada en vigor de la última Directiva y el mantenimiento de la Directiva 2002/44/CE, se crea una situación dudosa, ya que indican diferentes maneras de evaluar las vibraciones de cuerpo completo. Estas dos formas conducen a diferentes resultados, y no pueden ni deben permanecer la situación actual de acuerdo con los resultados recogidos y analizados, es decir, dos formas de cálculo para evaluar la misma posición y ambos cubiertos por la legislación, y pudiendo quien realiza las evaluaciones elegir el más conveniente.

Otro caso se refiere al tratamiento de los datos de la muestra, de la vibración mano-brazo, una situación que no está contemplado en la Directiva 2002/44 / CE.

En la ley también no hay recomendación/obligación de:

- a) Existencia de un listado de las empresas que se enumeran todos los equipos que exponen a los trabajadores a las vibraciones, lo que indica la fecha de adquisición y la cantidad de vibraciones que se hace referencia por los fabricantes.
- b) El registro y control de los tiempos de uso y tiempos de exposición, lo que conduce a la ausencia de registros confiables de los mismos.

Estos tiempos son de fundamental importancia para la determinación del valor de la exposición final, así como para la definición de la población objetivo (universo muestra). Sin población adecuadamente por definir, ¿cómo se puede escalar la muestra, con el fin de ser posible decir que es representativa y que no admite error?

Del mismo modo que trató de dejar claro que la expresión "muestra significativa", tiene poco sentido cuando se lleva a cabo un análisis detallado de las muestras realizadas.

Para ajustar el tiempo de exposición total a las vibraciones a las que están sujetos los trabajadores, es necesario primero conocer los equipos existentes en la empresa, que exponen a los trabajadores a las vibraciones y cuáles son sus tiempos de uso.

Esta lista no es requerida por la ley.

Sobre la base de esta lista y registrar su uso del tiempo, podemos empezar por determinar los tiempos de exposición cuando los trabajadores están expuestos a vibraciones, a sabiendas de que deben ser objeto de análisis más rigurosos que se hacen referencia en este trabajo.

Otro punto, también es importante en este análisis son los datos sobre vibraciones indicados por los fabricantes. Directiva 2006/42 / CE indica que el manual del equipo debe proporcionar la información relativa a las vibraciones transmitidas por la maquinaria / equipos. Estos valores son importantes para diversas decisiones desde el principio, en la decisión sobre la adquisición de equipos, así como para una posible evaluación preliminar de los niveles de exposición.

Por lo tanto, los resultados de las mediciones se comparan con los datos del fabricante, cuando éstos indiquen. Los fabricantes de equipos y / o sus representantes en Europa, deben indicar los valores esperados en su equipo en relación a las vibraciones e incertidumbres. Estos datos deben ser publicados en una base de datos europea integrada.

También se verifico la situación de utilización de la metodología "Valor dosis de Vibración" que se encuentra referida en la norma ISO 2631-1:1997 y en la directiva 2002/44/CE pero que nos es referida en la directiva 2006/42/CE.

0.2. Capítulo I – INTRODUCCIÓN

Breve introducción al tema sobre las vibraciones, y los resultados cuando los trabajadores se encuentran expuestos a las mismas. Se hizo un breve análisis de los resultados de exposición a las vibraciones resultantes de los viajes en los autobuses, las rutas a los lugares de trabajo "in itinere".

Lo conocemos que las consecuencias de la exposición a las vibraciones dependerán de muchos factores, y en función de las características físicas de los propios trabajadores y otras situaciones que tienen que ver con la comodidad con el rendimiento, o la salud y que son funciones de las características de vibración - intensidad, frecuencia, dirección, punto de aplicación y duración de la exposición.

Sin embargo todo este contexto académico, aunque muy importante, no responde en un asunto muy simple.

"Cómo minimizar los riesgos de la exposición a las vibraciones en el lugar de trabajo y controlar las vibraciones con el fin de garantizar que se cumplen los valores límite y que los trabajadores están expuestos a un riesgo controlado".

Con los objetivos generales, específicos y objetivos, de este estudio, se llegó a la conclusión de que sin un seguimiento eficaz de las vibraciones en el lugar de trabajo, conociendo en realidad dos valores parámetros de la vibración a la que está expuesto el trabajador y la duración de la exposición se hace muy difícil establecer un plan para minimizar este riesgo.

Creemos, por tanto, que los resultados y conclusiones obtenidos en este trabajo, pueden constituir un valor añadido a varios niveles.

0.3. Capítulo II – MATERIAL Y MÉTODOS

0.3.1. Objetivo General

Por este motivo, y por las situaciones encontradas, esta investigación tiene como objetivo:

“Evaluar el grado de aplicación y cumplimiento de la Directiva 2002/44/CE (vibraciones) Portugal y España y los U.E.”

0.3.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos se consideraron importantes teniendo en cuenta que puedan ser señalados caminos y dar soluciones:

- Evaluar el riesgo de exposición a las vibraciones de los trabajadores en Europa, particularmente en España y Portugal.
- Analizar la aplicabilidad de la Directiva Europea 2002/44/CE en Portugal.
- Analizar la aplicabilidad conjunta de la Directiva Vibraciones 2002/44/CE y la nueva Directiva de Máquinas 2006/42/CE.

El análisis de deficiencias y limitaciones en la aplicación, así como la percepción posible que los trabajadores puedan enfrentar el riesgo de la exposición ocupacional a las vibraciones.

Sacar conclusiones acerca de estas lagunas y dificultades y formas que indican el fin de mejorar la aplicación de la Directiva en Portugal y en la U.E., con el fin de aclarar las deficiencias detectadas y para reducir ese riesgo, para reducir al mínimo los problemas de los trabajadores de la exposición a vibraciones.

0.3.3. Metodologías utilizadas

0.3.3.1. Evaluar el riesgo de exposición a las vibraciones de los trabajadores en Europa, particularmente en España y Portugal

- Para la evaluación del número de trabajadores expuestos a vibraciones en Europa, particularmente en España y Portugal, así como su posible conocimiento del problema, hemos utilizado los datos publicados por las diversas investigaciones llevadas a cabo por la Fundación Europea para la Mejora de la Vida y condiciones de trabajo (Eurofound) y publicado como la Encuesta Europea de Condiciones de Trabajo (ECWS).
- Análisis de los equipos existentes en la empresa, que exponen a los trabajadores a las vibraciones.
- Evaluar cómo llevar a cabo el muestreo significativo para el control de vibraciones, también la evaluación del tamaño de las muestras efectuadas.
- Determinar el nivel de confianza de las muestras efectuadas
- Analizar cómo procesar los datos de las muestras recogidas para determinar la cantidad de vibración, así como las metodologías propuestas para la evaluación de riesgos.
- Comparar los resultados con los datos de los fabricantes y medir efectivamente la vibración.
- La comparación de las desviaciones / errores encontrados en la determinación de la duración de la exposición y el valor de vibración.

0.3.3.2. Analizar la aplicabilidad de la Directiva Europea 2002/44/CE en Portugal:

Para evaluar la aplicación de la Directiva 2002/44/CE (Vibraciones) en Portugal se realizaron encuestas, los organismos acreditados, realizadas y acompañadas de medidas, así como el cumplimiento de las metodologías utilizadas en la preparación de informes.

Las siguientes situaciones han sido analizadas:

- a) Las muestras hechas para controlar las situaciones;

b) Métodos de cálculo aplicado a la evaluación de las vibraciones.

Así como:

- Monitoreo de las operaciones y el respectivo Tiempo de Exposición.
- La cantidad de tiempo para hacer mediciones correctas de las vibraciones que nos permiten una muestra representativa de la realidad.
- El nivel de confianza de las muestras realizadas.
- Los métodos de cálculo aplicados para la evaluación de las vibraciones de acuerdo con las dos directivas y las diferencias verificadas.

0.3.3.3. Analizar la aplicabilidad conjunta de la Directiva Vibraciones 2002/44/CE y la nueva Directiva de Máquinas 2006/42/CE

- La aplicación actual de las Directivas vibraciones 2002/44/CE y 2006/42/CE.
- Cuantificar los niveles de exposición de los trabajadores a las vibraciones mecánicas.
- También han sido comparados los resultados obtenidos en las mediciones de 85 equipos para las vibraciones de cuerpo completo, utilizando las metodologías propuestas en las 2 directivas, e así como la comparación de las fórmulas de cálculo que se pueden utilizar en el caso de la directiva 2006/42/CE.
- La diferencia encontrada entre los datos reales de las vibraciones, y propuesto por los fabricantes de los equipos cuando lo producen?
- También fueron analizados los resultados obtenidos en algunos trabajos para las mediciones de las vibraciones del Cuerpo completo, utilizando el método VDV con base de la directiva 2002/44/CE. Esto ha ocurrido porque este método no es utilizado en Portugal y por eso no ser posible obtener resultados de las mediciones en Portugal.

En cuanto a la percepción del riesgo, nos muestra la experiencia que un trabajador sólo tiene la percepción de un riesgo, cuando se le causa objetiva lesión o dolor. Hay algunos riesgos cuyos efectos sólo se dejan sentir después de larga exposición a la misma.

Por lo tanto, es necesario y obligatorio que los trabajadores sean informados sobre los riesgos a que están expuestos, así como y de forma clara y objetiva como evitarlos.

Un simple análisis de las posibles acciones de formación que incluyen vibración, sus objetivos, las competencias de los formadores y los resultados que se pueden lograr, no hemos obtenido resultados en esta tesis, que nos aseguran que los trabajadores efectivamente están siendo informados sobre el riesgo de exposición a las vibraciones.

Cuando la situación es desconocida, como puede ser la percepción del riesgo?

Realizar mediciones

Las mediciones se realizaron de acuerdo con los métodos especificados en las normas y guías de buenas prácticas.

Equipamientos Utilizados

En las evaluaciones de 72 mano-brazo y 72 de cuerpo completo, se utilizó el siguiente equipo:

ISQ - Sistema de Medición/Sistema de Identificación de medición de cuerpo completo:

- Unidad de lectura: LR105
- Fabricante: SVANTEK
- Modelo: SVAN 948

- Número de serie: 6985
- Acelerómetro triaxial: LR106 - 3143M1 - N° de serie 842

ISQ - Sistema de Medición/Identificación de Sistema de Medición de la mano-brazo:

- Unidad de lectura: LR129
- Fabricante: SVANTEK
- Modelo: SVAN 958
- Número de serie: 14296
- Acelerómetro triaxial: Dytran 3023M2 - Número Serie 2977
- Calibrador: LR - Vibrador PCB - Número Serie 3111

El equipo de medición utilizado para las mediciones, mano-brazo 6 y cuerpo completo 13, que se celebraron otra empresa, fue:

- Sistema de Medición – Identificación del Sistema de Medición
- Marca: Svantek
- Modelo: SVAN 948
- N° de Serie: 6985
- N° de identificación: LR 105

Acelerómetro triaxial - Mano-Brazo:

- Marca: DYTRAN – N° de serie: 9516
- Modelo: 302M2

Asiento Triaxial – Cuerpo completo:

- Marca: SVANTEK – N° de serie: 842S
- Modelo: SV 39^a
- Acelerómetro: Dytran – 3143M1 – N° de serie: 842

0.4. Capítulo III – RESULTADOS

Este trabajo es uno de los pocos que se dio cuenta de dónde se dirigen, tratados y analizados de forma simultánea, las vibraciones mano-brazo y cuerpo completo, el tratamiento de una gran cantidad de datos sobre estos dos tipos de vibraciones.

0.4.1. Análisis de la Evolución del estudio del efecto de las vibraciones

0.4.2. Teórico y revisión de la literatura

En este capítulo, se discute el origen y la evolución histórica del estudio de las vibraciones y algunos conceptos básicos como la clasificación de los tipos de vibración y la exposición de la vibración del cuerpo humano.

En "matemáticas - principios que recuerdan", hizo un breve análisis de cómo las vibraciones son tratados en los cálculos de ingeniería mecánica para el diseño de estructuras expuestas a las vibraciones, la situación análoga verificada en el cuerpo humano. También la evaluación de los conceptos r.m.s y VDV.

En la revisión de la literatura analizada las normas y la legislación aplicada para evaluar este riesgo, así como muchas otras informaciones a que se refiere en la bibliografía.

Una comparación con otras críticas y directrices para el análisis de vibraciones, como también se hizo:

- ⇒ Comparación de mano-brazo vibración con la norma ISO 5349:1986 y BS 8642:1987;
- ⇒ Mano-Brazo vibración en comparación con la norma ISO 5349:2001;
- ⇒ Mano-Brazo vibración: Otras observaciones;
- ⇒ La vibración de cuerpo completo en comparación con la norma BS 6841:1987;
- ⇒ La vibración de cuerpo completo en comparación con la norma ISO 2631:1997;
- ⇒ La vibración de cuerpo completo: Otras observaciones.

En Revista Jurídica Europea actualmente en vigor, se examinó:

- ⇒ Historia y Desarrollo de la Directiva 2002/44/CE;
- ⇒ La aplicación de la Directiva 2002/44/CE en 27 países;
- ⇒ Objetivo de la Directiva 2002/44/CE;
- ⇒ Requisitos mínimos;
- ⇒ Resumen.

En la legislación portuguesa vigente, tuvimos que prestar especial atención a:

- Las normas ISO están traducidas para portugués y en vigor;
- Directiva 2002/44/CE del Consejo, de 25 de junio de 2002, transpuesta por el Decreto-Ley No. 46 de 2006;
- Directiva 2006/42/CE - Nueva directiva de máquinas, transpuesta por el Decreto-Ley N ° 103/2008;
- Mano-Brazo vibración - en comparación con la Directiva 2002/44/CE con la Directiva 2006/42/CE;
- La vibración de cuerpo completo - en comparación con la Directiva 2002/44/CE con la Directiva 2006/42/CE;
- Directiva 2007/30/CE del Consejo de 20 de junio 2007.

Para verificar la obligación de los empleadores en relación con este riesgo, la obligación de determinar y evaluar el riesgo fue analizada, así como las disposiciones obligatorias para evitar o reducir la exposición, y también a la necesidad de dar información y formación de los trabajadores y los requisitos de vigilancia de la Salud.

En relación con el informe de aplicación de las directivas especiales, se verificaron las obligaciones legales a este informe.

También se hizo en este capítulo revisar la aplicación de las Directivas 2002/44/CE y 2006/42/CE, teniendo en cuenta en particular, la aplicación de la Directiva 2002/44/CE y la análisis de la Directiva 2006/42/CE - Nueva Política de Seguridad en las máquinas.

La metodología propuesta por estas dos directivas y normas conexas para evaluar el riesgo de vibraciones:

- Mano-Brazo vibración;
- Vibraciones transmitidas al cuerpo completo;
- ¿Qué dicen las guías de buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2002/44/CE;
- ¿Qué forma de cálculo r.m.s, se debe utilizar para evaluar la vibración del cuerpo completo;
- ¿También se analizó la aplicación del método que cuantifica la dosis de energía aplicada al cuerpo humano, VDV, cuando se expone a las vibraciones.

En el análisis de los datos de los fabricantes y dada la dificultad de obtener datos de los fabricantes en la vibración de cuerpo completo, se prestó especial atención vibraciones mano-brazo.

En los análisis realizados consideran:

- Los valores diferentes de vibración y su significado;
- Entidades y/o personas que participan;
- La responsabilidad del fabricante;
- La responsabilidad del empleador;
- El objetivo de las normas de emisión de vibraciones, para comparar herramientas;
- Los datos de entrada para las evaluaciones de riesgos;
- El desarrollo y la revisión de las normas de emisión de vibraciones, y la nueva política que requiere una revisión de las normas aplicadas, las medidas de vibración en los equipos que causan vibraciones;
- Vibraciones en el lugar de trabajo y los valores declarados por el fabricante;
- ¿Cómo hacer cálculos aproximados de la exposición a la vibración, NTP 792:2008;
- Bases de Datos Europeas sobre Vibraciones.

0.4.3. Número de trabajadores expuestos

Fue aquí realizada el análisis de los resultados, haciendo una especial atención a: Escala del problema - Trabajadores implicados.

En la primera parte se analiza la magnitud del problema y el número de trabajadores expuestos, la cuantificación de la situación a través de los datos proporcionados por Eurofound, ECWS 2005 y 2010.

Así como el informe de consulta "la exposición del lugar de trabajo a las vibraciones en Europa una revisión de expertos".

Se verificó el número probable de los trabajadores expuestos a las vibraciones en Europa, con especial atención a la U.E. (EC) 12, 15 y 27, así como a las posiciones de Portugal y España.

Analizando en particular, el grado de exposición, tiempo de exposición, tipo de vibraciones a las que están expuestos los trabajadores, la exposición por sectores, exposiciones de hombres y mujeres y la exposición de acuerdo a la edad.

Se puede afirmar acuerdo con la Tabla 12 y 13, tenemos en el 2010 después de la exposición de los trabajadores a las vibraciones.

Tabla A - Exposición de los trabajadores a las vibraciones

	EC12	EC15	EC27	PORTUGAL	ESPAÑA
Industria	48,4%	48,1%	47,5%	59,8%	54,4%
Prestación de servicios	12,0%	12,0%	12,0%	16,4%	12,3%

Un número importante, para hacer frente a este riesgo, como si se tratara de un menor riesgo.

La formación desarrollada en vibraciones

Con base en el número de trabajadores expuestos y el conocimiento que decir de los riesgos en el lugar de trabajo (HST), analizar el número de sesiones de formación que deberían haber sido dados cuando se trata de la vibración de la

exposición, y la información que afirman tener los riesgos en el lugar de trabajo a que están expuestos. Parece que entre estos valores, hay una gran disparidad que es, hay una falta de información sobre este riesgo en la mayoría de los trabajadores.

0.4.4. Análisis de Aplicación de la Directiva 2002/44 Vibraciones / CE en Portugal

Fue posible el análisis de la aplicación de la Directiva en Portugal mediante la realización de una encuesta entidades acreditadas para realizar la medición y procesamiento de los resultados.

Encuesta europea de Portugal en 2014 - Una respuesta posible

Tener acceso a la investigación, en la que la comunidad solicita información de los Estados miembros en 2014 y que en este momento no hay información publicada, por lo que las preguntas presentadas plantearon como una posible respuesta si se les hizo la misma para responder.

0.4.4.1. Análisis de los equipos existentes en las empresas y su registro

En el análisis realizado se encontró que no existe en las empresas un registro completo de todo el equipo que exponen a los trabajadores a las vibraciones, con indicación de su fecha de entrada en funcionamiento.

Esto se justifica, en particular, para el control de las obligaciones derivadas de la nueva Directiva de Máquinas 2006/42/CE, la indicación en los manuales de los equipos de los valores de las respectivas vibraciones y incertidumbres, requeridos a partir de 2008 en Portugal por la transcripción de la directiva.

Se encontró en el equipo de las empresas en las que se realizaron las mediciones que no hay registro completo de este equipo. En este caso se debe proporcionar en la legislación un registro completo de la marca, modelo, año de adquisición y para los equipos adquiridos a partir de 2009, la cantidad de vibración y las incertidumbres.

0.4.4.2. Análisis del tamaño de la toma de muestras lleva a cabo

Determinar el tamaño de la muestra para decir que lo que están representando son otras situaciones que no están cubiertas por la legislación vigente, que se limita a decir que deben ser representativas.

Decir que queremos una muestra representativa, es una declaración relacionada con el tiempo mínimo para realizar las lecturas y el total de las lecturas que cubre todos o casi todos los casos de uso del equipo.

Para el tiempo mínimo para realizar la lectura, la norma EN 14253: 2003 + A1, - mecánico de vibración "Medición y cálculo de la exposición ocupacional a la vibración de cuerpo completo", en la sección 6.1.7 indica que, como mínimo, debe ser más que 3 minutos. El NP ISO 2631-1:2007 se refiere a las mediciones con el fin de tener un nivel de confianza de la muestra en el orden de 90%, debe tener una duración del orden de 227 segundos ($\approx 240 \text{ s} = 4 \text{ min}$), siendo este el tiempo utilizado por los laboratorios certificados que normalmente se usa para cada lectura.

El problema se presenta ahora para el número de lecturas que tenemos que considerar en una muestra significativa. Esto es (número total de lecturas = tiempo de muestreo) en comparación con (universo de la muestra = tiempo total de exposición).

Sin conocer adecuadamente este último (tiempo de exposición total), que no es necesariamente requerido por la ley, es prácticamente imposible determinar con cierta precisión el tiempo de muestreo.

Conociendo el tiempo de uso se hace más fácil hacer una aproximación al tiempo de exposición, y aquí se presenta una metodología que es conocer el tiempo de exposición y establecer el error permisible nos puede ayudar a determinar el tiempo de muestreo.

Como cabe señalar que el análisis realizado el error probable admisible encontrado en muestras efectuadas es significativo ($\approx 50\%$), ya que para un

dispositivo que se ejecuta aproximadamente 7 horas a la semana, debe tener una muestra de 3 horas a un error 50%, lo que nunca ocurre.

0.4.4.3. Nivel de confianza de muestras efectuadas

El NP ISO 2631-1:2007 se refiere en que las mediciones deben tener un nivel (grado) de la muestra fiable del orden de 90%.

Utilizando la metodología descrita en el apartado 4.3 del Anexo 4 "Metodología para la clasificación de las muestras de las mediciones realizadas," se encontró que en comparación con la desviación estándar encontrada en la muestra y establecer el nivel de confianza (nivel de confianza $1-\alpha = Z_{\alpha} / 2$) y el error de la muestra, es posible establecer el número de mediciones de tiempo igual, que deben llevar a cabo para comprobar un grado definido de confianza.

Con la metodología desarrollada también es posible clasificar las muestras. En el caso de la vibración mano-brazo, en equipos de 72, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla B - Las muestras de la mano del brazo - confianza

Las muestras de la mano del brazo confianza	Nº DE AMOSTRAS %
Inferior a 50%	8%
50% <Muestra ≤ 70%	32%
70% <Muestra ≤ 75%	10%
75% <Muestra ≤ 80%	7%
80% <Muestra ≤ 85%	15%
85% <Muestra ≤ 90%	12%
90% <Muestra ≤ 92,5%	8%
92,5% <Muestra ≤ 95%	5%
95% <Muestra ≤ 97,5%	4%
97,5% <Muestra ≤ 99%	1%
Muestras > 99%	0%

Se encontró que sólo 18% de las muestras con un nivel de confianza igual o superior a 90%.

Cuando se hace el Grado de confianza del análisis, cuando hay mediciones en ambos brazos, tenemos:

Tabla C - Confianza de las muestras de la mano del brazo

La confianza de las muestras de la mano del brazo - Equipo con las mediciones del brazo derecho y brazo izquierdo	NÚMERO DE MUESTRAS%
Grado de confianza =	44,8%
Dif. Grado de confianza = 1	20,7%
Dif. Grado de confianza = 2	24,1%
Dif. Grado de confianza = 3	3,4%
Dif. Grado de confianza => 4	6,9%

Vemos, pues, que sólo alrededor del 45% de las muestras muestran el mismo grado de confianza cuando hay muestras en los dos brazos, ¿cómo se pueden comparar adecuadamente estos resultados?

En el caso de las vibraciones de cuerpo completo, en los primeros 72 dispositivos, se obtuvieron los siguientes resultados

Tabla D - Grado de confianza de las muestras de cuerpo completo

Grado de confianza de las muestras de cuerpo completo	NÚMERO DE MUESTRAS	Diretiva 2002/44/CE Nº DE MUESTRAS %	NÚMERO DE MUESTRAS	Diretiva 2006/42/CE Nº DE MUESTRAS %
Menos de 80%	2	3%	5	7%
80% < Muestra ≤ 85%	4	6%	4	6%
85% < Muestra ≤ 90%	5	7%	4	6%
90% < Muestra ≤ 92,5%	11	15%	13	18%
92,5% < Muestra ≤ 95%	20	28%	21	29%
95% < Muestra ≤ 97,5%	22	31%	20	28%
97,5% < Muestra ≤ 99%	4	6%	4	6%
Muestra > 99%	4	6%	1	1%
TOTAL	72	100%	72	100%

0.4.5. La comparación de los resultados con la Directiva 2002/44/CE (Vibración) y Directiva 2006/42/CE

0.4.5.1. Vibración mano-brazo

Parece ser perfecto y de acuerdo con las prácticas utilizadas y los propuestos por las directivas. Sin embargo, la Directiva 2006/42/CE se limita a decir "el valor total de la vibración a la que están expuestos los miembros superiores" y a dejarlo por la libertad total para el tratamiento de los resultados de la muestra que puede ser tratada de diversas maneras.

Tomando calcular ahv la expresión 33, figura en el Anexo 2, se tiene:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$$

Calculamos primero la AHV NORMA utilizando la fórmula en el anexo 2, apartado 2.5.4:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i}$$

Luego calculamos "MEDIAS-MEDIA", donde se calculó el promedio de AHV y determinamos su desviación estándar.

Dist VAL Max - Este valor se calculó usando la regla estadística para una distribución normal $x + 3\sigma$.

VAL.Verif Max. - Esta cifra se obtiene encontrando el valor máximo de la hv calculada.

ahv base MÉDIA dos awd - Este valor se obtuvo utilizando encontrar el promedio de la AWD medido y la expresión para el cálculo de ahv.

Utilizando los valores (m / s²) obtenidos a partir de 72 equipos valoran inicialmente, y las diferentes formas de trabajar los datos que tenemos los siguientes resultados:

Tabla E - Vibración mano-brazo - Resultados.com las diferentes formas de trabajar los datos

Dist VAL Max	VAL.Verif Max.	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv	ahv MÉDIA awd	Max Verif. /Max. Dist
6,43	5,47	4,20	4,12	4,09	87%

Conseguir en promedio los siguientes horarios para el Valor Acción (VA) y el valor límite de exposición (ELV).

- TVA - Tiempo para la Acción Valor (VA)
- TLEV - Tiempo para el valor límite de exposición (ELV).

Tabla F - Vibración mano-brazo - Tiempos.com las diferentes formas de trabajar los datos

TVA- VAL Max dist	TVA- Val. Max verif.	TVA AHV NORMA	TVA- MÉDIA dos ahv	TLEV- VAL Max dist	TLEV- Val. Max verif.	TLEV AHV NORMA	TLEV- MÉDIA dos ahv
19,98	22,20	64,14	74,22	79,93	88,79	256,58	296,87

También hay que señalar que el método de cálculo utilizado por los laboratorios acreditados en Portugal es "ahv MÉDIA awd".

Si se utiliza la misma metodología que se propone para las vibraciones de cuerpo completo por la Directiva 2006/42/CE, se obtuvieron los resultados indicados como "VAL.Verif Max.", que como se muestra está cerca de la "Dist VAL Max", de modo que cubre la mayor parte de los resultados obtenidos en la muestra, siendo también importante población (resultados registrados durante todo el tiempo de exposición).

0.4.5.2. La vibración de cuerpo completo

Hay 2 métodos de cálculo para el conjunto de las vibraciones del cuerpo, que se basa en los valores rms y otro basado en el cálculo de la VDV.

Sin embargo, uno que se utiliza normalmente en laboratorios acreditados en Portugal, que llevan a cabo las mediciones es el valor eficaz.

Como se ha indicado que hay, en efecto, dos formas de determinar el valor eficaz de la exposición de todo el cuerpo, una indicada por la norma ISO 2361:1997 y la Directiva 2002/44/CE (Vibración), y otra por la nueva Directiva de Máquinas 2006/42/CE.

El último de los cuales indica si se debe utilizar el valor total de la vibración, teniendo en cuenta el valor cuadrático medio más elevado de la aceleración ponderada que está expuesto todo el cuerpo.

Sin embargo, hay dos fórmulas para calcular el valor total de las ecuaciones de vibración 13 y 14, como se indica en el apartado 2.8.4.1:

$$a_v = \sqrt{k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2}$$

Ecuación 13

$$a_v = \sqrt{1.4 a_{wx}^2 + 1.4 a_{wy}^2 + a_{wz}^2}$$

Ecuación 14

Registramos los posibles resultados con diferentes formas de trabajar los resultados obtenidos en la muestra, sin olvidar que la Directiva 2006/42/CE indica que se debe considerar "valor eficaz más alto de aceleración ponderada a la que se expone todo el cuerpo".

La solución prevista en la norma NP EN ISO 2631-1:2007 y utilizada por los laboratorios acreditados es calcular la media de las columnas awd x, y, z, con la

ponderación y el valor más alto entre los promedios calculados, es la cantidad tomada para el cálculo de los tiempos para los valores de exposición.

Tabla G - Valor Max Encon Médias awd

Valores Calculad.	Média	0,413	0,415	0,848	0,848	Max Encon
----------------------	-------	-------	-------	-------	-------	--------------

Otra posibilidad de hacer los cálculos es:

Tabla H - Valores calculados:

Valores Calculados.	Média	0,413	0,415	0,848	0,848	$\bar{X}+\sigma$
	Desv Pad	0,055	0,055	0,157	0,157	1,006

Maior VAL por Eixo ind

Aquí mirando a cada columna awd con el peso y se selecciona en cada medición la cifra más alta registrada, tomando entonces el valor más alto, es decir, escogiendo el valor más alto que se encuentra en todos los tres ejes.

Tabla I - Maior VAL por Eixo ind

Maior VAL por Eixo ind	0,498	0,512	1,142	1,142
------------------------	-------	-------	-------	-------

Média+DESVP c/Corr.Am

La muestra de los equipos tiene un grado de confianza 6, es decir, el 90%, el factor de corrección de 1,645 (Anexo 3 WBV), que en este caso es igual a la situación prevista por la base de datos de PAF. Y luego tomado el valor más alto registrado (Ejemplo: $0.413 + (1,645 * 0,055) = 0,504$).

Tabla J - Média+DESVP c/Corr.Am

Média + DESVP c/Corr.Am	0,504	0,505	1,107	1,107
----------------------------	-------	-------	-------	-------

Aún aquí para tomar el valor más alto registrado.

Tabla K - VAL. MAX. Distrib

VAL. MAX. Distrib	0,579	0,579	1,320	1,320
	De las columnas anteriores awd x, y, z ($\text{media} + 3 * \sigma$)			El valor más alto encontrado

De cualquier forma de cálculo para el presente documento, se basan en "el mayor valor del eje" situación utilizado hasta ahora.

Teniendo en cuenta el valor efectivo, nos encontraremos con un método similar al utilizado hasta ahora en el cálculo de la vibración mano-brazo.

Tabla L - AHV base médias awd

AHV base médias awd	0,413	0,415	0,848		1,031
---------------------	-------	-------	-------	--	-------

Aquí se calcularon los promedios de awd, equivalente a "calculado" y luego extrajo la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados.

Tabla M - AHV MAX – Ecuación 13

AHV MAX – Ecuación 13	1,317
-----------------------	-------

AHV se calculó para cada medición de acuerdo con la Ecuación 13 y elegir el valor más grande de los valores encontrados.

Tabla N - AHV MAX – Ecuación 14

AHV MAX – Ecuación 14	1,450
-----------------------	-------

AHV se calculó para cada medición de acuerdo con la Ecuación 14 y elegir el valor más grande de los valores encontrados.

Los 3 últimos valores se calculan tomando el valor total de la vibración que se hace referencia en la Directiva 2006/42/CE.

Usando la segunda ecuación (14), debe ser exclusivamente a la diversidad y el número total de equipos evaluados (85), el interés académico para analizar y discutir las diferencias observadas con el uso de estas dos ecuaciones.

Los valores encontrados con las diferentes formas de trabajar resultados de la muestra son:

Tabla O - Vibración de cuerpo completo - valores encontrados con las diferentes formas de trabajar resultados

Valor Max Encon Médias awd	Valores Calculados - Média+ σ	Maior VAL por Eixo ind	Média+DESVP c/Corr.Am	VAL. MAX. Distrib	AHV base médias awd	AHV MAX Eq 13	AHV MAX Eq 14
0,485	0,585	0,630	0,637	0,798	0,687	0,869	0,939

Los valores más bajos de vibraciones son tomados en cuenta para la primera situación que es el valor máximo encontrado en el "medio de awd", que es el método de cálculo utilizado por laboratorios acreditados.

Este enfoque está en consonancia con la Directiva 2002/44/CE, con las Directrices para la aplicación de esta directiva y con eso en NTP 839. Dependiendo de cómo se elaboran los resultados de la muestra, podemos obtener los primeros 5 resultados.

Cuando el cálculo se realiza de conformidad con lo dispuesto en la Directiva 2006/42/CE y considerando el valor total de las vibraciones, con base en el promedio de los valores de medición, éste es el mismo que el método de cálculo de la vibración mano-brazo, somos "AHV base médias awd".

Cuando el cálculo se realiza tomando el mayor valor observado, tenemos los dos últimos resultados, puesto que se consideran más usuales como "AHV MAX Ecuación 13", ya que es idéntico al método de cálculo utilizado en ingeniería, para el cálculo de vibraciones de fatiga, como se muestra aquí.

Desde ambas Directivas 2002/44/CE y 2006/42/CE, ambas en vigor sin en que la última anule algo de la primera y sin especificar el método de cálculo, estos son los resultados que podemos obtener.

Por tanto, es urgente para aclarar la situación, dada la dispersión de los resultados que podamos obtener.

0.4.6. Comprobación de la diferencia entre los datos reales de las vibraciones y las propuestas por los fabricantes de equipos

Además de la situación antes mencionada, la correcta identificación de los equipos, en el caso de la vibración mano-brazo, podemos encontrar datos de los fabricantes de una cantidad importante de equipos (39), teniendo en cuenta los 72 equipos analizados, después de haber sido encontrado estos resultados:

Tabla P - Vibración mano-brazo - Datos del fabricante

Datos del fabricante (Mod o similar) identif. La Red	39	
Nº de mediciones analizadas (med existido casos en los 2 brazos)	55	
Nº de casos en que los datos de la tela. (Valor Compar) > Medido	34	62%
Nº de casos en que los datos de la tela. (Valor Compar) < Medido	21	38%

Incluso en el caso de la vibración mano-brazo, se hace necesario tener en cuenta el criterio aplicado por el fabricante, para verificar la necesidad o no de utilizar el factor de multiplicación a que se refiere el CEN/TR 15350:2006.

En el caso de las vibraciones de cuerpo completo, no ha sido posible hacer esta comparación, ya que no se encontraron datos para el equipo de los fabricantes.

Un análisis general para el tipo de equipo, donde había un mayor número de mediciones, se lo hizo (carretilla elevadora) (Anexo 3).

0.4.7. La influencia de los tiempos de exposición y de lo valor de la vibración en el valor diario de exposición

Como se ha demostrado, es importante saber exactamente los tiempos de exposición, para determinar, con cierta exactitud, el tamaño de la muestra. Se hizo, en este punto, una simulación donde varían, en proporciones porcentuales, tiempos de exposición y valores medidos de vibraciones. Después de haber llegado a la conclusión de que los tiempos de exposición, a veces, también son muy importantes, no es correcto minimizar la influencia de estos valores en el valor final de la demostración diaria.

Dado que la legislación concede especial importancia a los valores medidos de vibraciones, no tiene sentido no se referir a la obligación de registro, seguimiento y control de los tiempos de exposición.

0.4.8. Valor Dosis Vibración (VDV) y su aplicación

El concepto de evaluar el efecto de las vibraciones y sus causas en el cuerpo humano, se refiere a la aplicación de los conceptos físicos de fuerza, trabajo y energía. Esta evaluación fue iniciada por un grupo de ingenieros del ejército de Estados Unidos a mediados de 60. Los principales resultados de su investigación se resume en un documento (paper SAE No. 680091- "Análisis analítico de vibración humana" Lee RA, Pradko F., 1968) que era muy crítico de la filosofía detrás de lo (entonces en curso) desarrollo de la primera versión de la norma ISO 2631:1974, que fue transferido, en gran medida, a la última versión 1997.

Esta técnica ha sido aplicada, recientemente, por uno de los asociados en aquel proyecto de investigación (el Instituto Nacional Sueco para la Vida Laboral-NIWL), después de los prometedores resultados obtenidos durante los últimos 10 años, en el campo de las vibraciones transmitidas a la mano (Lundström R., P. Holmlund, L. Lindberg, Absorción de la energía Durante la exposición a la vibración de todo el cuerpo, Reino Unido Reunión del Grupo Informal de la respuesta humana a la vibración, 1995).

El Valor Dosis Vibración (VDV) se utiliza principalmente en Inglaterra y los países de la Commonwealth. Lo método VDV introduce el concepto de dosis de vibraciones con un potencial de lesiones, un concepto que ya se utiliza para otros riesgos, como el ruido, radiación, etc.

Sin embargo, no deja de ser curioso que la Directiva 2006/42/CE, mediante la modificación del método de cálculo de la vibración de todo el cuerpo, no hay considerado el concepto VDV para la evaluación de la vibración de cuerpo completo

Lo que se produce en el equipo aquí evaluado, de acuerdo con el análisis realizado, es que, muchas veces, usando los valores de lo método rms, se

obtienen valores entre el valor de la acción y el valor límite de exposición; sin embargo, utilizando el método VDV, se obtienen valores que superan la vibración dosis de 21 m/s^{1,75}.

¿Cómo se evalúan exposiciones en los vehículos que circulan en un terreno irregular, que sufren impactos (shocks) o impulsos, y siendo el método de dosis de vibraciones, a cuarta potencia, más sensible a los picos que el método de evaluación básica (rms), debido a la utilización de la cuarta potencia que el método rms no usa. Parece lógico que con lo método VDV se obtienen valores más altos.

La propia Norma ISO 2631:1997 nos dice que "Se reconoce que en la actualidad los problemas de salud están influenciados por los valores máximos y son posiblemente subestimadas por única evidencia basada en los valores medios eficaces."

No entiendo por qué la Directiva 2006/42/CE, se ha omitido este método de evaluación.

Se complementa con los análisis realizados en los siguientes archivos:

- Anexo 1 - Problema y Dimensión: analizar la exposición de los trabajadores a las vibraciones en Europa sobre todo España y Portugal.
- Anexo 2 - Mano-Brazo de vibración.
- Anexo 3 - Vibraciones de cuerpo completo.

Se realizó el análisis de la exposición de los trabajadores a la vibración mano-brazo y cuerpo completo, de acuerdo con la Directiva 2002/44/CE.

- Anexo 4 - Análisis de Muestras.
- Otros Anexos: anexos que complementan la información de la tesis.

0.5. Capítulo IV - Discusión de Resultados

En este trabajo se presenta una situación que, a menudo, no se encuentra: un análisis simultáneo de las vibraciones mano-brazo y cuerpo completo, proponiendo soluciones.

0.5.1. El número de trabajadores expuestos a vibraciones en Europa, sobre todo España y Portugal.

A partir de los datos presentados en la Tabla A, podemos decir que en Europa hay un gran número de trabajadores expuestos a vibraciones de riesgos. Es necesario que esta situación no continúe a ser menorizada por parte de entidades gubernamentales, y emprender de forma concreta medidas de fácil aplicación para minimizar la misma.

0.5.2. Aplicación de la Directiva 2202/44/CE - Vibraciones en Portugal

Como ha sido evidente, la presente Directiva, que indica cómo se debe hacer la evaluación del riesgo de exposición a las vibraciones, no tiene una presencia muy significativa en Portugal.

Véase a sí mismo en Portugal, el número de mediciones realizadas por laboratorios acreditados, así como una posible respuesta a la encuesta europea sobre la aplicación de esta política.

0.5.2.1. Análisis de los equipos existentes en las empresas y su registro

No hay ninguna disposición en la Directiva 2002/44/CE o en la legislación posterior al registro, antes citada, que lo diga que es imprescindible conocer todos los equipos que exponen a los trabajadores a las vibraciones, lo de su tiempo de actividad y los trabajadores que los utilizan.

En todo ello, en la legislación no hay ninguna referencia sobre cómo las organizaciones deben mostrar y registrar el equipo que puede exponer a los trabajadores a vibraciones o cómo monitorear los tiempos de exposición.

0.5.2.2. Las muestras: de su tamaño y grado de confianza

Con base en el número de horas de actividad de cada equipo, se puede determinar los tiempos de exposición vibraciones de los trabajadores causadas por el equipo.

¿Qué se considera la población, el tamaño de la muestra, puede ser claramente definido, donde legalmente determinado de error aceptable, como se ha demostrado anteriormente.

ISO 2631-1: El punto "5.5 Medición Tiempos" refiere que el nivel de confianza de la muestra debe ser de 90%, aquí se llama Grado confianza.

Cuando se realiza la muestra, e hizo el tratamiento de los datos, se puede determinar el grado de confianza de la muestra. Legalmente definir el tamaño de la muestra y el grado de confianza que podemos recoger datos, para lograr este tamaño y este intervalo de confianza.

No parece aceptable querer comparar los resultados en una muestra "considerado significativo" con un valor de referencia "Acción Valor" o "Valor Límite de Exposición" sin tener ninguna definición de los parámetros que deben cumplir la muestra, con el fin de que sea considerada significativa.

0.5.3. La comparación de los resultados con la Directiva 2002/44/CE (Vibración) y Directiva 2006/42/CE

0.5.3.1. Evaluación Vibraciones mano-brazo

La evaluación de la vibración mano-brazo determina que la evaluación debe ser hecha por el importe total de la vibración.

Sin embargo, ni las reglas ni las directivas se refieren a cómo los datos de la muestra deben ser tratados. Si puedo tratar los datos de la muestra de manera diferente, puedo procesar datos y obtener resultados completamente diferentes, como se muestra demostrado (Tabla E y F).

Las mediciones llevadas a cabo por laboratorios acreditados sólo se vean la situación de un trabajador expuesto a vibraciones causadas por un solo equipo.

Todos los informes de mediciones observadas son hechos de esta manera. No es registrada la exposición a otras fuentes (equipos) de vibración, para un trabajador.

0.5.3.2. Evaluación de las vibraciones de cuerpo completo

Si se aplican las reglas de la Directiva 2002/44/CE, en el caso de la vibración de todo el cuerpo, el máximo de los valores encontrados son "1,4awx, 1,4awy, awz". Luego, continúa a verificarse el problema, con la definición de la forma de tratar los datos de la muestra.

Sin embargo, la nueva Directiva de Máquinas, 2006/42/CE, indica que la evaluación de estas vibraciones debe hacerse por el importe total de la vibración.

Con esta nueva forma se demuestra en esta tesis que aumenta significativamente el valor de las vibraciones. Una análisis sobre los informes, ya sea en las guías de aplicación o en cualquier otro documento, hace referencia aquí con el método establecido en la Directiva 2002/44/CE; es más conveniente (valores de exposición más pequeñas), y por lo tanto implica un menor desarrollo de acciones para corregir la situación.

La fórmula, que permite la evaluación de la exposición total a vibraciones de cuerpo completo (VCE) se describe en las normas aplicables de la siguiente (Ecuación 13):

$$a_v = \sqrt{k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2}$$

Ecuación 13

También es utilizado por muchos autores y algunos laboratorios acreditados que realizan las mediciones, la forma que se indica a continuación (Ecuación 14), segundo (Dong et al., 2011) lo que lleva a una relajación de la exposición de los valores VCI de alrededor del 10%, la situación aquí no se ha verificado.

$$a_v = \sqrt{1.4a_{wx}^2 + 1.4a_{wy}^2 + a_{wz}^2}$$

Ecuación 14

Sin embargo, Melo & Miguel (2004) muestran haber encontrado una diferencia de más de 60% en los valores de exposición ocupacional a VCI.

En este caso, la comparación de los resultados obtenidos y las diferencias en las mediciones de acuerdo con la Directiva 2006/42/CE en 85 equipos. Utilizando las ecuaciones 13 y 14, se encontró una diferencia de 41,25%, tal como se indica en la Tabla 160 - Comparación del uso de las ecuaciones 13 y 14. La ecuación 14 nos presenta valores superiores a la ecuación 13. Justificando la continuación de la investigación en el que la ecuación se utiliza y en los factores de seguridad adecuados.

0.5.4. Comprobación de la diferencia entre los datos reales de las vibraciones y las propuestas por los fabricantes de equipos

La Directiva 2006/42/CE exige a los fabricantes de equipos, o sus representantes comerciales, en Europa, que en los manuales de usuario se informe el valor esperado de las vibraciones, la incertidumbre esperada y indicarán la norma por la que se realizaran las pruebas.

En el caso de la vibración mano-brazo, se encontró que ya hay muchos datos de vibración disponibles en los sitios web de los fabricantes, así como las bases de datos sobre el tema, por lo que ya es posible una evaluación preliminar razonable utilizando los datos de los fabricantes.

¿Qué debería revisarse teniendo en cuenta las mediciones en tres ejes.

En el caso de las vibraciones de cuerpo completo, se hace muy difícil, si no casi imposible, de usar los datos del fabricante.

Sin embargo, hay que señalar que en los manuales de los equipos, además de la información ya disponible, debería ser de uso más fácil la información distribuida a los trabajadores, facilitando su comprensión: como ejemplo, en el semáforo luminoso (Anexos 2 y 3) que indica el tiempo esperado para lograr el Valor Acción y Valor Límite de Exposición.

0.5.5. La influencia de los Tiempos de Exposición y Valor de Vibración en el Valor Diario de exposición

Se demostró que los tiempos de exposición tienen una influencia significativa en los valores finales de las vibraciones de exposición. No puede ni debe ser desestimado como se hace actualmente.

El valor de las vibraciones y los tiempos de exposición son necesarias para preparar el informe sobre la exposición a la vibración; sin embargo, la responsabilidad de los tiempos de exposición se deja a discreción del empleador?

Como podemos ver, ambos valores son muy importantes en el valor final de la exposición, aunque hay una mayor sensibilidad a las diferencias observadas en los valores de vibración.

Por lo tanto, es urgente y importante, para definir las medidas legales, implementar un control real de los tiempos de exposición. Sin los datos mencionados en los informes sobre las vibraciones, este control puede ser dudoso.

0.5.6. Valor Dosis Vibración (VDV) y su aplicación

No entiendo, por qué en la Directiva 2006/42/CE, se ha omitido este método de evaluación.

La pregunta a responder ¿Cómo se evalúan exposiciones en los vehículos que circulan en un terreno irregular, que sufren impactos (shocks) o impulsos, y siendo el método de valor dosis vibración a cuarta potencia el más sensible a los picos que el método de evaluación básica debido a la utilización de la cuarta potencia.

La propia norma ISO 2631:1997 nos dice que "Se reconoce que en la actualidad los problemas de salud están influenciados por los valores máximos y son posiblemente subestimadas por la única evidencia basada en los valores medios eficaces."

Con el método VDV se obtienen valores que no parecen coincidir con los valores de VLE obtenido por el método r.m.s.

Así se justifica la continuación de la investigación "dosis de vibración", así como la aplicación del método de VDV.

Se complementa con los análisis realizados en los archivos mencionados en 3.9.

0.5.7. Orientación cuantitativa versus orientación cualitativa

En el caso de las vibraciones transmitidas a la mano-brazo, debido al conocimiento limitado de la dependencia del valor de exposición de la vibración, frecuencia de vibración, dirección de vibración, duración de la visualización de diario y anual junto con el tipo de agarre, la posición y la postura de las manos, temperatura y otros factores, no se pueden predecir con exactitud la probabilidad de la vibración inducida blanco dedo.

El conocimiento de los factores que influyen en otras enfermedades (por ejemplo, neurológicas y musculo esqueléticas) es mucho menos profundo.

Con la vibración de cuerpo completo, la amplia divergencia entre las medidas RMS y VDV (para exposiciones a corto plazo) es una indicación de la falta de conocimiento de los tipos de lesiones causadas por estas vibraciones.

Sin embargo, la incertidumbre es grande para todas las duraciones de exposición; existe un conocimiento considerable, mostrando que tipo de lesión, la probabilidad de lesión o de la gravedad de la lesión, que se produce en cualquier momento de la exposición a la vibración de cuerpo completo.

Puede ser lógico esperar que la vibración de cuerpo completo pueda causar lesiones, pero no es lógico pensar que la lesión se evitará por cualquier cantidad particular de la exposición acción o el valor límite de exposición.

De acuerdo con el conocimiento actual de los efectos de las vibraciones transmitidas a la mano-brazo y cuerpo completo, esto indica que no es prudente asumir que el valor de acción de exposición establece un límite de exposición segura.

Por ejemplo, parece cierto que algunas exposiciones a vibración mano-brazo, por debajo del valor de acción de exposición, puede causar una alta incidencia de dedo blanco inducida por vibración, si las exposiciones son continuadas por un número considerable de años.

Los que tratan estos problemas insisten en el valor de acción de exposición, pero no asumen que las exposiciones controladas a niveles más bajos que el valor de acción no son suficientes para prevenir los riesgos previsibles de la lesión. Teniendo en cuenta que:

- (i) Se sabe que la exposición a vibraciones muy similares indican un riesgo de lesiones similares (por ejemplo, lesiones reportadas en el mismo lugar de trabajo o trabajos similares en otros lugares).
- (ii) Incluso si la lesión no se ha comunicado con exposiciones similares, magnitudes de vibración y la duración de la exposición no son suficientes para predecir el riesgo de lesiones causadas por la orientación de las normas existentes.
- (iii) El conocimiento de la magnitud de las duraciones de vibración y de exposición no son las mejores formas de predecir el riesgo debido a que las frecuencias de ponderación, dependencias de tiempo y otros recursos a los estándares actuales son inexactos.

Así que no es suficiente reducir la cantidad de vibración y la duración de la exposición a una cantidad más o menos arbitraria mencionada en las normas o legislaciones actuales.

Se puede argumentar que la legislación se basa en las normas, pero éstas, en algunas áreas, no tienen una base lógica en la que se establece una relación directa entre la vibración y la lesión.

Sin embargo, también puede todavía argumentarse que hay conflictos entre la legislación y las normas, una vez que sugieren una alta probabilidad de lesión para algunas exposiciones por debajo del valor de acción de exposición y muy por debajo de los valores límite de exposiciones cuando estas se verifican a lo largo de muchos años.

Así como el caso de las vibraciones de Cuerpo completo, las diferencias encontradas en el mismo equipo y mediciones utilizando los métodos RMS y s VDV, nos deja algunas preguntas, sobre cuales debemos utilizar (según la ley) para sacar conclusiones.

Estos críticos están de acuerdo en poner de relieve la debilidad inevitable de orientación cuantitativa en la legislación.

0.6. Capítulo V – CONCLUSIONES

Este estudio tiene como objetivo profundizar en el tema de la exposición del riesgo a las vibraciones, donde podemos deducir:

- Existen inexactitudes en el análisis realizado al riesgo de exposición a las vibraciones.

- Las directivas 2002/44/CE y 2006/42/CE deben ser revisadas de manera que la evaluación del riesgo de exposición a las vibraciones, sea estandarizada/uniforme en las dos directivas y en toda Europa y aclarar los siguientes puntos:

- a) La necesidad en que las empresas tengan un registro de todos los equipos (marca y modelo del fabricante), fecha de compra, marcado CE, y el valor o valores de vibraciones indicados por el fabricante.
- b) La directiva debe incorporar la norma EN 14253:2003 + A1:2007 y imponer un control y el registro de los tiempos de uso de dichos equipos, con el fin de controlar o predecir con alguna precisión los tiempos de exposición.
- c) El indicado para la vibración cuerpo completo, también se debe aplicar a la vibración mano-brazo, y teniendo en cuenta considerar: "El mayor valor medio cuadrático de aceleración ponderada".
- d) En los casos verificados con choques y impulsos, se recomienda utilizar el método de VDV.

- La revisión de las normas para la medición de las vibraciones por el fabricante debe ser realizada rápidamente.

- Creación de una base de datos única y europea sobre las vibraciones, con el registro de todos los equipos vendidos a partir de 2008, que exponen a los trabajadores a las vibraciones, para mantener la marca CE. Y estas mediciones deben ser realizadas por laboratorios independientes acreditados para realizar mediciones de vibración

- La orientación cualitativa es mucho más correcta que la cuantitativa, es decir "Los riesgos derivados de la exposición a vibraciones mecánicas deberán eliminarse en su origen y/o reducirse al mínimo."

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede concluir que los riesgos asociados con las vibraciones se pueden controlar, es necesario aplicar estas Directivas y que se cumplan efectivamente sus recomendaciones.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Corpo em vibração.....	47
Figura 2 - Caraterização da vibração	48
Figura 3 - Tipos de vibração.....	50
Figura 4 - Classificação das vibrações segundo a frequência Mansfield (2005)	51
Figura 5- Vetor	52
Figura 6 - Componentes de um vetor 3D	53
Figura 7 - Parâmetros da vibração	54
Figura 8 - Onda pura sinusoidal.....	55
Figura 9 - Inicio surgimento de 10% de dedo branco de acordo com a ISO 5349 (1986), Fonte - <i>M J Griffin - Occup Environ Med 2004</i>	58
Figura 10 - Probabilidade de branqueamento do dedo de acordo com a ISO 5349:1986, Fonte - <i>M J Griffin - Occup Environ Med 2004</i>	58
Figura 11 - Probabilidade de 10% de branqueamento dedo de acordo com a norma ISO 5349-1 (2001), Fonte - <i>M J Griffin - Occup Environ Med 2004</i>	59
Figura 12 - Comparação de valores da Diretiva Vibrações com a BS 6841 (1987).....	62
Figura 13 - Metodologia para verificação das vibrações mão – braço de acordo com a Diretiva 2002 / 44 / CE	68
Figura 14 - Metodologia para verificação das vibrações Corpo Inteiro de acordo com a Diretiva 2002 / 44 / CE	69
Figura 17- Valores de atuação vibração Mão-Braço, Fonte - <i>M J Griffin - Occup Environ Med 2004</i>	79
Figura 18 - Diferenças verificadas entre VDV e rms vibrações de corpo Inteiro (1).....	84
Figura 19 - Diferenças verificadas entre VDV e rms vibrações de corpo Inteiro (2).....	84
Figura 20 - Valores de atuação vibração corpo inteiro, Fonte - <i>M J Griffin - Occup Environ Med 2004</i> –.....	85
Figura 21- Exposição diária a vibrações	98
Figura 22 - Os Operadores estão expostos a vibrações provenientes de diferentes fontes	100
Figura 23- A avaliação da exposição a vibrações.....	102
Figura 15 - Lixadora elétrica BOSCH PSS 200 AC com indicação dos valores de vibrações	109
Figura 16 - Martelo Pneumático ATLAS COPCO DKR 36 com indicação dos valores de vibrações.....	109
Figura 24 – Tensões de Corte.....	197

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Valores de vibrações verificados em autocarros de passageiros	24
Tabela 2 - tempo médio de deslocação, 2001 e 2011	25
Tabela 3 - Valores de Ação e Limite de Exposição - Diretiva 2002/44/CE	67
Tabela 4 - Normas, transcritas para Português	77
Tabela 5- Grupos de normas sobre vibrações.....	78
Tabela 6- Tempos de Exposição e Valores das Vibrações de acordo com a Diretiva Europeia.	80
Tabela 7- Evolução das normas para avaliar a emissão de vibrações Mão-Braço nas ferramentas	106
Tabela 8 - Exemplo de publicidade do fabricante europeu de equipamentos, que inclui baixa vibração como uma das cinco principais características.....	110
Tabela 9- Dados das despesas dos Municípios relativas a Ruído e Vibrações	111
Tabela 10 - Exposição a vibrações no local de trabalho na Indústria.....	113
Tabela 11 - Exposição a a vibrações no local de trabalho nos Serviços.....	114
Tabela 12- Percentagem de trabalhos expostos a vibrações nos locais de trabalho	115
Tabela 13 - Duração da Exposição dos trabalhadores expostos a vibrações	115
Tabela 14 - Exposição de acordo com a idade – EU a 15.....	117
Tabela 15 - Nº de trabalhadores avaliados relativamente a vibração de Corpo Inteiro	121
Tabela 16 - Nº de trabalhadores avaliados relativamente a vibração Mão-Braço.....	122
Tabela 17 - Inquérito sobre vibrações às entidades acreditadas.....	126
Tabela 18 - Análise do 1º envio de inquéritos.....	127
Tabela 19 - Resultados do 1º Envio de inquéritos	127
Tabela 20 - Estimativa do nº de empresas onde foram efetuadas medições	129
Tabela 21 - Número de locais onde foram efetuadas medições	130
Tabela 22 – Nº de equipamentos onde foram efetuadas medições de vibrações	131
Tabela 23 - Número de medições efetuadas por equipamento – amostra.....	131
Tabela 24 - Tempo médio por medição por amostra (seg)	132
Tabela 25 - Análise setorial - Construção Civil e Obras Públicas.....	133
Tabela 26 - Indústria e Minas	134
Tabela 27 - Outros setores.....	135
Tabela 28 - Número de empresas onde se efetuaram medições	136
Tabela 29 - Equipamentos analisados Mão Braço.....	137
Tabela 30- Equipamentos analisados Corpo Inteiro	138
Tabela 31 - ACT - Avaliação de Vibrações	139
Tabela 32- Tabela para registo de Equipamentos.....	140
Tabela 33 - Ex: de horas de trabalho do trabalhador/equipamento por semana.....	144
Tabela 34- Análise do número de amostras a considerar.....	145
Tabela 35 - Análise dos tempos de medições – Mão Braço.....	146
Tabela 36 - Análise dos tempos de medições – Mão Braço / Trabalhador exposto.....	147
Tabela 37 - Erro admitido na amostra – Mão Braço.....	148
Tabela 38 - Nº de Amostras Vibração Mão-Braço Medições Relatório AHV 1.....	150
Tabela 39 - Análise dos tempos de medições - Corpo Inteiro.....	151
Tabela 40 - Tabela com os erros de amostragem Corpo Inteiro.....	152
Tabela 41 - Tabela com os erros de amostragem Corpo Inteiro variando dimensão da amostra	152

Tabela 42 - Tabela para definição das amostras.....	153
Tabela 43 - Tabela para cálculo do nº de medições.....	154
Tabela 44 - Grau de Confiança da Amostra Equipamento 1 Anexo HAV1	154
Tabela 45 - Grau de Confiança da Amostra Equipamento 3 Anexo HAV1	155
Tabela 46 - Cálculo da confiança das amostras Mão Braço	156
Tabela 47- Grau de confiança das amostras Mão Braço.....	156
Tabela 48 - Registo 3 Serra de corte elétrica – Milwaukee	157
Tabela 49 - Análise do Grau de Confiança para medições nos dois braços.....	159
Tabela 50 - Grau de confiança das amostras Corpo Inteiro	160
Tabela 51 - Classificação do nível de confiança das amostras Corpo Inteiro	160
Tabela 52 - Grau de confiança da amostra Equipamento 1 Corpo Inteiro	161
Tabela 53- Medições Relatório AHV 1 – P1	163
Tabela 54 - Medições Relatório AHV1 – P2	164
Tabela 55 - Tempos de exposição para atingir Relatório AHV1-Equipamento 1 – Medições Mão-braço	165
Tabela 56 - Tempos de exposição para atingir Relatório AHV1-Equipamento 2 – Medições Mão-braço	166
Tabela 57 - Valores de exposição Relatório AHV 1	166
Tabela 58 - Valores de exposição em função do Val Max Distrib Relatório AHV 1	166
Tabela 59 - Medições Relatório AHV2 – Equip 1 /registo 3	167
Tabela 60 - Medições Relatório AHV2 – Equipamentos 2,3,4 / registos 4,5,6	168
Tabela 61 - Resumo das medições Relatórios AHV 1 e 2	169
Tabela 62- Valores considerados - Relatório WBV 1 – Cálculo AWV.....	172
Tabela 63 - Valores considerados - Relatório WBV 1	174
Tabela 64 - Resumo das Operações, Medições e Tempos de Exposição - Relatório WBV 1	174
Tabela 65 - Valor de Exposição Diária calculado em função de Ti - Relatório WBV 1 (reanalise).....	175
Tabela 66 - Relatório WBV 1- <i>Valor total das vibrações</i>	175
Tabela 67– Resultados do Cálculo do Valor de Exposição Diária base AHV - Em função de Ti	176
Tabela 68 - Valores Calculados.....	176
Tabela 69 - Valores Calculados Média EQ 1	177
Tabela 70 - Valores Calculados Maior VAL por Eixo ind EQ 1	177
Tabela 71- Folha de cálculo para registar os resultados Corpo Inteiro – Equip 1.....	178
Tabela 72 - Média + DESVP c/Corr.Am EQ 1	179
Tabela 73 - VAL. MAX. Distrib EQ 1	179
Tabela 74 - AHV base médias awd EQ 1.....	179
Tabela 75 - AHV MAX – Equação 13.....	180
Tabela 76 - AHV MAX – Equação 14.....	180
Tabela 77- Equipamentos e Medições Corpo Inteiro Anexo WBV 2	181
Tabela 78 - Valores das vibrações Anexo WBV 2	182
Tabela 79 - Tempo para se atingir o Valor de Ação Anexo 9 WBV 2.....	184
Tabela 80 - Tempo para se atingir o Valor de Limite de Exposição Anexo 9 WBV 2	184
Tabela 81 - Analise das amostras dos equipamentos medidos WBV 3	185
Tabela 82 - Número de medições nas amostras dos equipamentos medidos WBV 3	185
Tabela 83 - Número de registos por amostra dos equipamentos medidos WBV 3	186
Tabela 84 - Grau de Confiança das amostras dos equipamentos medidos WBV 3.....	186
Tabela 85 - Comparação do Grau de Confiança das amostras - Corpo Inteiro	187

Tabela 86 - Tempo para atingir o Valor de Ação em função da forma de cálculo utilizada	189
Tabela 87 - Tempo para atingir o Valor de Ação em função da forma de cálculo utilizada - Resumo	190
Tabela 88 - Tempo para atingir o Valor Limite de Exposição em função da forma de cálculo utilizada	192
Tabela 89 - Resumo - Tempo para atingir o Valor Limite de Exposição em função da forma de cálculo utilizada	193
Tabela 90 - Vibrações de Corpo Inteiro - Anexo 7.3 - WBV4 Equações 13 e 14, as menores 20 diferenças entre as 2 equações	194
Tabela 91 - Vibrações de Corpo Inteiro - Anexo WBV4 - Equações 12 e 13, as maiores 20 diferenças entre as 2 equações	195
Tabela 92 - Médias utilizando equações 12 e 13 em 530 registros	196
Tabela 93 - Mão-Braço - Equipamento identificados – Dados dos fabricantes	199
Tabela 94- Situação dos dados do fabricante, identificados na net – Mão-Braço	200
Tabela 95 - Resumo da análise comparando Dados do Fabricante com valores de Vibração Mão-Braço HAV norma	200
Tabela 96 - Análise comparando Dados do Fabricante com valores de Vibração Mão-Braço HAV norma	201
Tabela 97 - Dados do fabricante dos equipamentos	207
Tabela 98 - Comparação de resultados Dados do Fabricante / Valores Medidos	208
Tabela 99 - Vibrações de Corpo Inteiro – Equipamentos analisados	210
Tabela 100 - Empilhadores BASE PAF	211
Tabela 101 - Equipamentos adquiridos a partir de 2010	212
Tabela 102 – Resultados do Cálculo do Valor de Exposição Diária. – Método de cálculo WBV de acordo com a Diretiva 2002/44/CE (laboratórios acreditados) e fazendo variar o Tempo e Valor da Vibração	217
Tabela 103- Resultados do Cálculo do Valor de Exposição Diária. – Seguindo o método com a Diretiva 2006/42/CE fazendo variar o Tempo e Valor da Vibração	218
Tabela 104 - Valores Mão-Braço Unidade de Portalegre	219
Tabela 105 - Variação dos tempos de exposição Mão - Braço	221
Tabela 106 - Variação do Valor da Vibração Mão - Braço	222
Tabela 107 - Valores Corpo Inteiro Unidade de Portalegre	223
Tabela 108 - Situação inicial - Valores Corpo Inteiro Unidade de Portalegre	223
Tabela 109- Variação dos tempos de exposição Corpo Inteiro	225
Tabela 110 - Variação do Valor da Vibração Corpo Inteiro	226
Tabela 111 – Mão - Braço comparação simultânea	227
Tabela 112 - Corpo Inteiro - Comparação simutânea	228
Tabela 113 - Resumo Variações Simultâneas Mão - Braço e Corpo Inteiro	229
Tabela 114 - Comparação Diretiva / Met. Laboratórios Acreditados	231
Tabela 115 - Influência do erro da determinação dos tempos de exposição	232
Tabela 116 - Variações Homologas	235
Tabela 117 - Nº de trabalhadores que Não Excedem Valor de Ação	236
Tabela 118 - Nº de Trabalhadores que Excedem V.A e não o V.L.E	237
Tabela 119 - Nº de Trabalhadores que Excedem o V.L.E	238
Tabela 120 - Nº de equipamentos a atingir o valor de ação num dado tempo	239
Tabela 121 - Nº de equipamentos a atingir o valor Limite de Exposição num dado espaço de tempo – Vibrações Mão-Braço	240
Tabela 122 - Tempo para atingir o Valor de Ação – Vibrações de Corpo Inteiro	241

Tabela 123 - Tempo para atingir o Valor Limite de Exposição – Vibrações de Corpo Inteiro	242
Tabela 124 - Medição da Exposição WBV em RMS e VDV - Dumper, Trucks. Wheel Loader and Loader	253
Tabela 125 - Medição da Exposição WBV em RMS e VDV - Drilling Machine, Bulldozer, Excavator, Motor Grader, Cars 4WD and Locomotive	254
Tabela 126 - Quadro Resumo	255
Tabela 127 - Resultados VDV – motorista e cobrador	258
Tabela 128- Comparação r.m.s / VDV – motorista e cobrador	258
Tabela 129 - Tempos de Exposição Mão Braço e Corpo Inteiro	265
Tabela 130- Tempos de Exposição Mão Braço e Corpo Inteiro	266
Tabela 131- Exposição de trabalhadores à vibração por setor na EC Portuga e Espana ...	266
Tabela 132 - Confiança das Amostras Mão Braço	273
Tabela 133 - Confiança das Amostras Mão Braço – Ambos os braços.....	273
Tabela 134 - Grau de confiança das amostras Corpo Inteiro	274
Tabela 135 - Vibração Mão-Braço valores em função da forma de tratar a amostra	275
Tabela 136 - Tempos para o Valor de Ação (VA) e para o Valor Limite de Exposição (VLE).	276
Tabela 137 - Empilhadores BASE PAF	286

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Meio de transporte utilizado nos movimentos pendulares, em % da população, 2001 e 2011	25
Gráfico 2 - População por tempo médio de deslocação, 2001 e 2011	25
Gráfico 3 – N° de Normas sobre vibrações	78
Gráfico 4- Percentagem total de trabalhadores expostos a vibração na Europa.....	112
Gráfico 5 - % Exposição a vibrações no local de trabalho na Industria	113
Gráfico 6 - % Exposição a vibrações no local de trabalho nos Serviços	114
Gráfico 7 - Valores aproximados de exposição à vibração por setor de atividade econômica (Eurofound, 4ª EWCs)	116
Gráfico 8 - % de trabalhadores expostos de acordo com a idade Mais de 2h	117
Gráfico 9 - % de trabalhadores expostos de acordo com a idade Menos de 2h	118
Gráfico 10 - Exposição de acordo com a idade por setor de atividade.....	119
Gráfico 13 - Exposição de acordo com a idade por setor de atividade Eurofound's 2010	120
Gráfico 11 - % De trabalhadores avaliados relativamente a vibração de Corpo Inteiro....	121
Gráfico 12 - % De trabalhadores avaliados relativamente a vibração Mão-Braço	122
Gráfico 14 - Estimativa do nº de empresas onde foram efetuadas medições.....	129
Gráfico 15 - Número de locais onde foram efetuadas medições	130
Gráfico 16 – N° de equipamentos onde foram efetuadas medições de vibrações	131
Gráfico 17 - Número de medições efetuadas por equipamento – amostra	132
Gráfico 18 - Tempo médio por medição por amostra (seg)	132
Gráfico 19 - Análise setorial - Construção Civil e Obras Públicas	133
Gráfico 20 - Indústria e Minas.....	134
Gráfico 21 - Outros setores	135
Gráfico 22 - Equipamentos analisados Mão Braço	138
Gráfico 23 - Equipamentos analisados Corpo Inteiro.....	138
Gráfico 24- Medições durante intervalos de 1 min.....	142
Gráfico 25 - Medições durante intervalos de 3 min.....	143
Gráfico 26- Análise dos tempos de medições Mão – Braço (Anexo 2).....	147
Gráfico 27- Análise dos tempos de medições – Corpo Inteiro.....	151
Gráfico 28 – Grau de Confiança das Amostras Mão Braço	158
Gráfico 29 - Comparação do Grau de Confiança das amostras quando existem medições nos 2 braços	159
Gráfico 30 - Classificação do nível de confiança das amostras Corpo Inteiro.....	162
Gráfico 31 - Comparação do Grau de Confiança das amostras - Corpo Inteiro.....	187
Gráfico 32 - Tempo para atingir o Valor de Ação em função das formas de cálculo utilizadas.....	190
Gráfico 33 - Tempo para atingir o Valor Limite de Exposição em função da forma de cálculo utilizada	193
Gráfico 34 - Dados dos fabricantes para vibrações Mão-Braço	198
Gráfico 35 - Mão-Braço - Equipamento identificados – Dados dos fabricantes.....	199
Gráfico 36 - Mão-Braço - Dados incompletos do fabricante	200
Gráfico 37 - Análise aos valores encontrados HAV Norma/Dados Fab. - Vibrações Mão - Braço	206
Gráfico 38 - Empilhadores BASE PAF com e sem dados dos fabricantes	211
Gráfico 39 - Situação inicial Valores Mão-Braço Unidade de Portalegre	220
Gráfico 40 - Variação dos tempos de exposição Mão – Braço	221

Gráfico 41 - Variação do Valor da Vibração Mão - Braço	222
Gráfico 42 - Situação inicial - Valores Corpo Inteiro Unidade de Portalegre	224
Gráfico 43 - Variação dos tempos de exposição Corpo Inteiro.....	225
Gráfico 44 - Variação do Valor da Vibração Corpo Inteiro.....	226
Gráfico 45 - Comparação Diretiva 2002/44/CE e Diretiva 2006/42/CE	231
Gráfico 46 - Influência do erro da determinação dos tempos de exposição	232
Gráfico 47 - Influência do erro da determinação dos tempos de exposição trabalhadores que excedem o valor de ação (V.A.).....	233
Gráfico 48 - Influência valor das medições na determinação dos valores de exposição ...	234
Gráfico 49 - Nº de trabalhadores que Não Excedem Valor de Ação.....	236
Gráfico 50 - Nº de Trabalhadores que Excedem V.A e não o V.L.E	237
Gráfico 51 - Nº de Trabalhadores que Excedem o V.L.E.	238
Gráfico 52 - % de equipamentos a atingir o valor de ação num dado espaço de tempo – Vibrações Mão-Braço	239
Gráfico 53 - % De equipamentos a atingir o valor Limite de Exposição num dado espaço de tempo – Vibrações Mão-Braço	240
Gráfico 54 - Tempo para atingir o Valor de Ação em função das formas de cálculo	241
Gráfico 55 - Tempo para atingir o Valor Limite de Exposição em função da forma de cálculo utilizada	242
Gráfico 56 - Resumo – Comparação de Resultados	256
Gráfico 1- Tempo para atingir o Valor Limite de Exposição em função da forma de cálculo utilizada	281

SIGLAS, ABREVIATURAS E UNIDADES

SIGLA	SIGNIFICADO
ACT	Autoridade para as Condições de Trabalho (Organismo Português que regula as condições de Trabalho incluindo a Inspeção de Trabalho)
awx	Aceleração ponderada para o eixo de vibração X do referencial do corpo humano, em m/s ² .
awy	Aceleração ponderada para o eixo de vibração Y do referencial do corpo humano, em m/s ² .
awz	Aceleração ponderada para o eixo de vibração Z do referencial do corpo humano, em m/s ² .
Aw	Aceleração ponderada em m/s ² .
A(8)	Exposição pessoal diária a vibrações
A(8) semanal	Média semanal de exposição pessoal a vibrações
BS / BSI	British Standards Institution
Cesis	Centro de Estudos para a Intervenção Social
EN	Norma Europeia
U.E.	European Union (União Europeia)
EWCS	European Working Conditions Survey
HAV	Hand Arm Vibration (vibração Mão-Braço)
Hz	1 (Hertz) Hz significa 1 ciclo por segundo. Hz =RPM (Rotações por minuto) /60
IPAC	Instituto Português de Acreditação
IPQ	Instituto Português de Qualidade
ISO	International Organization for Standardization
ISQ	Instituto de Soldadura e Qualidade
NP	Norma Portuguesa
NTP	Nota Técnica de Prevenção
R.M.S.	Valor eficaz de aceleração (Root Mean Square, no original em inglês).
VCI	Vibração do corpo Inteiro
VDV	Valor de dose de vibração
VLA	Valor Limite para a ação = VAE - Valor de ação de exposição
VLE	Valor limite de exposição
WBV	Wall Body Vibration - Vibração do corpo Inteiro
wd	Filtro de ponderação utilizado na avaliação de vibrações transmitidas aos eixos X e Y do corpo humano. Transmissão ao nível do assento para efeitos sobre a saúde, o conforto e a percepção.
wk	Filtro de ponderação utilizado na avaliação de vibrações transmitidas ao eixo Z do corpo humano. Transmissão ao nível do assento e para efeitos sobre a saúde, o conforto e a percepção.

ÍNDICE GERAL

DEDICATÓRIA.....	V
AGRADECIMENTOS.....	VII
EPÍGRAFE	XI
RESUMO	XIII
A INVESTIGAÇÃO	XV
RESUMEN.....	XIX
0.1. INTRODUCCIÓN	XIX
0.1.1. <i>Caracterización del problema.....</i>	<i>xx</i>
0.1.2. <i>Encuesta Rut.....</i>	<i>xx</i>
0.2. CAPÍTULO I – INTRODUCCIÓN.....	XXIV
0.3. CAPÍTULO II – MATERIAL Y MÉTODOS.....	XXV
0.3.1. <i>Objetivo General.....</i>	<i>xxv</i>
0.3.2. <i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>xxv</i>
0.3.3. <i>Metodologías utilizadas.....</i>	<i>xxvi</i>
0.3.3.1. <i>Evaluar el riesgo de exposición a las vibraciones de los trabajadores en Europa, particularmente en España y Portugal.....</i>	<i>xxvi</i>
0.3.3.2. <i>Analizar la aplicabilidad de la Directiva Europea 2002/44/CE en Portugal:.....</i>	<i>xxvi</i>
0.3.3.3. <i>Analizar la aplicabilidad conjunta de la Directiva Vibraciones 2002/44/CE y la nueva Directiva de Máquinas 2006/42/CE.....</i>	<i>xxvii</i>
0.4. CAPÍTULO III – RESULTADOS.....	XXX
0.4.1. <i>Análisis de la Evolución del estudio del efecto de las vibraciones.....</i>	<i>xxx</i>
0.4.2. <i>Teórico y revisión de la literatura.....</i>	<i>xxx</i>
0.4.3. <i>Número de trabajadores expuestos.....</i>	<i>xxxiii</i>
0.4.4. <i>Análisis de Aplicación de la Directiva 2002/44 Vibraciones / CE en Portugal.....</i>	<i>xxxiv</i>
0.4.4.1. <i>Análisis de los equipos existentes en las empresas y su registro.....</i>	<i>xxxiv</i>
0.4.4.2. <i>Análisis del tamaño de la toma de muestras lleva a cabo.....</i>	<i>xxxv</i>
0.4.4.3. <i>Nivel de confianza de muestras efectuadas.....</i>	<i>xxxvi</i>
0.4.5. <i>La comparación de los resultados con la Directiva 2002/44/CE (Vibración) y Directiva 2006/42/CE.....</i>	<i>xxxviii</i>
0.4.5.1. <i>Vibración mano-brazo.....</i>	<i>xxxviii</i>
0.4.5.2. <i>La vibración de cuerpo completo.....</i>	<i>xl</i>
0.4.6. <i>Comprobación de la diferencia entre los datos reales de las vibraciones y las propuestas por los fabricantes de equipos.....</i>	<i>xliv</i>
0.4.7. <i>La influencia de los tiempos de exposición y de lo valor de la vibración en el valor diario de exposición.....</i>	<i>xliv</i>

0.4.8. Valor Dosis Vibración (VDV) y su aplicación	xlvi
0.5. CAPÍTULO IV - DISCUSIÓN DE RESULTADOS	XLVII
0.5.1. El número de trabajadores expuestos a vibraciones en Europa, sobre todo España y Portugal.....	xlvii
0.5.2. Aplicación de la Directiva 2202/44/CE - Vibraciones en Portugal.....	xlvii
0.5.2.1. Análisis de los equipos existentes en las empresas y su registro.....	xlvii
0.5.2.2. Las muestras: de su tamaño y grado de confianza.....	xlvi
0.5.3. La comparación de los resultados con la Directiva 2002/44/CE (Vibración) y Directiva 2006/42/CE.....	xlvi
0.5.3.1. Evaluación Vibraciones mano-brazo	xlvi
0.5.3.2. Evaluación de las vibraciones de cuerpo completo	xli
0.5.4. Comprobación de la diferencia entre los datos reales de las vibraciones y las propuestas por los fabricantes de equipos	l
0.5.5. La influencia de los Tiempos de Exposición y Valor de Vibración en el Valor Diario de exposición	li
0.5.6. Valor Dosis Vibración (VDV) y su aplicación	li
0.5.7. Orientación cuantitativa versus orientación cualitativa	lii
0.6. CAPÍTULO V – CONCLUSIONES	LIV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	1
ÍNDICE DE TABELAS	3
INDICE DE GRÁFICOS.....	7
SIGLAS, ABREVIATURAS E UNIDADES	9
ÍNDICE GERAL.....	11
1. INTRODUÇÃO	19
2. METODOLOGIA	29
2.1. OBJETIVO GERAL	32
2.1.1. Objetivos Específicos.....	32
2.2. METODOLOGIA.....	33
2.2.1. Avaliar o risco de exposição a vibrações de trabalhadores na Europa, particularmente em Espanha e em Portugal.	33
2.2.1.1. O número dos trabalhadores expostos a vibrações na Europa, Espanha e Portugal	33
2.2.1.2. Análise dos equipamentos existentes nas empresas e o seu registo	34
2.2.1.3. Análise das amostras para as considerar significativas com recurso a métodos estatísticos.....	34
2.2.1.4. Metodologias, Equipamentos de medição e Realização das medições....	35
2.2.1.5. Comparação entre os valores indicados pelos fabricantes e os verificados na prática	36
2.2.1.6. Comparação entre os desvios/erros na determinação do valor da vibração e do tempo de exposição.....	37

2.2.2.	<i>Analisar a aplicabilidade da Diretiva Europeia 2002/44/CE em Portugal</i>	37
2.2.2.1.	A Formação desenvolvida relativa a vibrações e a sensibilização dos trabalhadores para o problema.	37
2.2.2.2.	Medições efetuadas por entidades acreditadas em Portugal.....	37
2.2.3.	<i>Analisar a aplicabilidade conjunta das Diretivas Vibrações 2002/44/CE e da nova Diretiva de Máquinas 2006/42/EC.....</i>	38
2.2.3.1.	Comparação dos resultados obtidos através Diretiva Vibrações 2002/44/CE e da e 2006/42/CE.....	38
2.2.3.2.	Análise dos resultados obtidos com os métodos r.m.s. e VDV no caso das vibrações de Corpo Inteiro.....	38
3.	RESULTADOS.....	39
3.1.	ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO ESTUDO DO EFEITO DAS VIBRAÇÕES	41
3.1.1.	<i>Histórico da Origem e Evolução do Estudo de Vibrações</i>	41
3.2.	ENQUADRAMENTO TEÓRICO PARA CARATERIZAÇÃO DO RISCO	47
3.2.1.	<i>Conceitos Básicos.....</i>	48
3.2.2.	<i>Classificação das vibrações</i>	48
3.2.3.	<i>Matemática – Recordando princípios.....</i>	52
3.2.4.	<i>Quantificação dos níveis de vibração.....</i>	54
3.2.4.1.	Valor eficaz (RMS).....	55
3.2.4.2.	O valor de dose de vibração (VDV)	56
3.2.5.	<i>Comparação com outras avaliações e orientações.....</i>	56
3.2.5.1.	Vibração Mão-Braço comparação da norma ISO 5349 de 1986 e com a BS 8642 de 1987	56
3.2.5.2.	Vibração Mão-Braço em Comparação Com a Norma ISO 5349:2001 ...	59
3.2.5.3.	Vibração Mão-Braço: Outras Observações	60
3.2.5.4.	Vibração Corpo Inteiro comparação com a Norma BS 6841:1987	61
3.2.5.5.	Vibração Corpo Inteiro: Outras Observações.....	62
3.2.6.	<i>Revisão da Legislação Europeia Atualmente em Vigor</i>	65
3.2.6.1.	Aplicação da Diretiva 2002/44/CE - Agentes Físicos (Vibrações)	66
3.2.6.2.	Disposições Diversas - Períodos de Transição	70
3.2.6.3.	Derrogações.....	70
3.2.6.4.	Aplicação Diretiva 2006/42/CE – Nova Diretiva Segurança Em Máquinas 71	
3.2.6.5.	Vibração Mão-Braço - Diretiva 2006/42/CE	72
3.2.6.6.	Vibração Corpo Inteiro - Diretiva 2006/42/CE	72
3.2.6.7.	Obrigações de Empregadores na determinação e avaliação dos riscos	73
3.2.6.8.	Disposições Destinadas a Evitar ou Reduzir a Exposição	74
3.2.6.9.	Informação e Formação dos Trabalhadores	75
3.2.6.10.	Vigilância da Saúde	76
3.2.7.	<i>Diretiva 2007/30/CE de 20 de Junho de 2007.....</i>	76
3.2.8.	<i>Legislação Portuguesa Atualmente em Vigor.....</i>	77
3.2.8.1.	Revisão das Normas para Avaliação do Risco em Portugal	77

3.2.9.	<i>As metodologias propostas pelas Diretivas e Normas associadas</i>	79
3.2.9.1.	Vibração Mão-Braço	79
3.2.9.2.	Calculo das vibrações Mão-Braço	82
3.2.9.3.	Vibrações Transmitidas a Corpo Inteiro	83
3.2.9.4.	O que diz a Norma e os Guias de Boas Práticas para aplicação da diretiva 2002/44/CE	85
3.2.9.5.	Que fórmula de cálculo r.m.s, devo usar para avaliar as vibrações de Corpo Inteiro	86
3.2.9.6.	O Valor Dose de vibração - VDV	88
3.2.9.7.	Que forma de cálculo VDV, devo usar para avaliar as vibrações de Corpo Inteiro	92
3.2.10.	<i>Análise dos Dados dos Fabricantes</i>	94
3.2.10.1.	O objetivo com os padrões de emissão de vibração é comparar ferramentas	95
3.2.10.2.	Os dados de entrada, para as avaliações de risco	96
3.2.10.3.	Vibrações Mão-Braço	96
3.2.10.4.	Entidades e/ou pessoas envolvidas	98
3.2.10.5.	A responsabilidade do empregador	101
3.2.10.6.	O desenvolvimento das normas de emissão revistas - A nova situação exige uma revisão das normas	103
3.2.10.7.	Vibrações no local de trabalho e valores declarados pelos fabricantes	105
3.2.10.8.	Como fazer estimativas aproximadas de exposição à vibração?	106
3.2.11.	<i>Bases de Dados Europeias sobre Vibrações</i>	107
3.3.	NÚMERO DE TRABALHADORES EXPOSTOS	111
3.3.1.	<i>Número de trabalhadores expostos a vibrações em Portugal</i>	111
3.3.2.	<i>Número de trabalhadores expostos a vibrações na Europa</i>	112
3.3.2.1.	Grau de exposição	113
3.3.2.2.	Tempos de exposição	114
3.3.2.3.	Exposição por setor de atividade	116
3.3.2.4.	Exposição de acordo com a idade	117
3.3.2.5.	Trabalhadores Expostos as Vibrações em Espanha	121
3.3.2.6.	A Formação desenvolvida relativa a vibrações	123
3.4.	ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA DIRETIVA VIBRAÇÕES 2002/44/CE EM PORTUGAL	124
3.4.1.	<i>Inquérito Europeu de acordo com a Diretiva 2007/30/CE</i>	124
3.4.2.	<i>Inquérito Europeu a Portugal em 2014 – O que Portugal respondeu</i>	124
3.4.3.	<i>Dados para a resposta de Portugal</i>	125
3.4.3.1.	Empresas creditas da para efetuar medições de vibrações	126
3.4.3.2.	Análise das respostas ao Inquérito	127
3.4.3.3.	Resultados do 1º envio	127
3.4.3.4.	Nº de empresas onde foram efetuadas medições de vibrações	129
3.4.3.5.	Nº de locais onde foram efetuadas medições de vibrações	130
3.4.3.6.	Nº de equipamentos onde foram efetuadas medições de vibrações	131
3.4.3.7.	Número de medições efetuadas por equipamento – amostra	131

3.4.3.8. Tempo médio por medição por amostra (seg)	132
3.4.4. <i>Análise setorial das respostas ao 1º envio</i>	133
3.4.4.1. Construção Civil e Obras Públicas	133
3.4.4.2. Indústria e Minas	134
3.4.4.3. Outros setores	135
3.4.4.4. Conclusão das respostas ao 1º envio	136
3.4.5. <i>Inquérito nas redes sociais</i>	136
3.5. ANÁLISE DOS EQUIPAMENTOS EXISTENTES NAS EMPRESAS E O SEU REGISTO	137
3.5.1. <i>Análise dos equipamentos existentes na empresa</i>	137
3.5.2. <i>Registo dos Equipamentos existentes nas empresas</i>	139
3.6. ANÁLISE DA DIMENSÃO DAS AMOSTRAS E DO SEU RESPECTIVO GRAU DE CONFIANÇA	141
3.6.1. <i>Dimensão das amostragens – Tempo das Medições</i>	144
3.6.1.1. Vibrações Mão-Braço	146
3.6.1.2. Vibrações de Corpo Inteiro	151
3.6.2. <i>O Grau de Confiança das amostras efetuadas</i>	153
3.6.2.1. Grau de Confiança das Amostras Vibrações Mão-Braço	154
3.6.2.2. Grau de Confiança das amostras de Corpo Inteiro	160
3.7. VIBRAÇÕES MÃO-BRAÇO - ANÁLISE COMPARAÇÃO DE RESULTADOS DIRETIVAS 2002/44/CE E 2006/42/CE	163
3.8. VIBRAÇÕES CORPO INTEIRO - ANÁLISE COMPARAÇÃO DE RESULTADOS DIRETIVAS 2002/44/CE E 2006/42/CE	171
3.8.1.1. Explicação da base para os cálculos	178
3.8.1.2. Análise entre da utilização das equações 13 e 14	194
3.9. VERIFICAÇÃO DO DESVIO ENTRE OS DADOS REAIS DAS VIBRAÇÕES, E O PROPOSTO PELOS FABRICANTES DOS EQUIPAMENTOS	198
3.9.1. <i>Análise dos dados do fabricante – equipamentos medidos – Mão-Braço</i>	198
3.9.1.1. Análise possível com os dados disponíveis	201
3.9.1.2. Análise com dados do fabricante vibrações Mão-Braço – Caso prático	207
3.9.2. <i>Corpo Inteiro</i>	210
3.10. TEMPO DE UTILIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS / TEMPOS DE EXPOSIÇÃO	214
3.10.1. <i>A influência dos Tempos de Exposição no Valor da Exposição Diária</i>	215
3.10.2. <i>Segunda avaliação da influência dos tempos de exposição no valor das vibrações</i>	219
3.10.3. <i>Vibrações de Corpo Inteiro de acordo com a Diretiva 2006/42/CE</i>	230
3.10.3.1. Influência do erro da determinação dos tempos de exposição	232
3.10.3.2. Influência do erro na determinação dos tempos de exposição trabalhadores que excedem o valor de ação (V.A.)	233
3.10.3.3. Influência valor das medições na determinação dos valores de exposição	234
3.10.3.4. Comparação com variações homologas	235
3.10.4. <i>Tempos, para os Valores de Ação e Limite de Exposição</i>	239
3.10.4.1. Valores de Ação e Limite de Exposição – Vibrações Mão – Braço	239

3.10.4.2. Valores de Ação e Limite de Exposição – Vibrações de Corpo Inteiro	241
3.11. VALOR DOSE DE VIBRAÇÃO (VDV) E A SUA APLICAÇÃO	243
3.11.1. <i>Os Conceitos</i>	244
3.11.1.1. Potência /Energia	244
3.11.1.2. Eixos de vibração	244
3.11.1.3. Frequência de vibração	245
3.11.1.4. Valor da Vibração	245
3.11.1.5. Duração da Vibração	246
3.11.2. <i>Parâmetros da VDV</i>	248
3.11.2.1. Dose Valor de Vibração (VDV)	248
3.11.2.2. Incerteza na avaliação da exposição	249
3.11.3. <i>Medições VDV - World Body Vibrations in Off Road Vehicles in Spain</i>	250
3.11.3.1. Recolha de dados	251
3.11.3.2. Principais Resultados	253
3.11.3.3. Conclusões	256
3.11.4. <i>Transporte coletivo: vibração de corpo-inteiro e conforto de passageiros, motoristas e cobradores</i>	257
4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	261
4.1. AVALIAR O RISCO DE EXPOSIÇÃO A VIBRAÇÕES DE TRABALHADORES NA EUROPA, PARTICULARMENTE EM ESPANHA E EM PORTUGAL	264
4.1.1. <i>O número dos trabalhadores expostos a vibrações na Europa, Espanha e Portugal</i>	264
4.1.2. <i>Análise dos equipamentos existentes nas empresas e o seu registo</i>	267
4.1.3. <i>Análise das amostras para as considerar significativas com recurso a métodos estatísticos</i>	268
4.1.3.1. Duração da Exposição	268
4.1.3.2. Monitorização das operações e respetivo tempo de Exposição	270
4.1.3.3. Amostras – Dimensão e Grau/nível de confiança	271
4.1.3.4. Dimensão da Amostra	271
4.1.3.5. Grau ou nível de Confiança da Amostra	272
4.1.4. <i>Realização das medições - Tratamento dos resultados da amostra</i>	274
4.1.4.1. Vibrações Mão-Braço	274
4.1.4.2. Vibrações de Corpo Inteiro	276
4.1.4.3. Cálculo das incertezas verificadas	282
4.1.4.4. Utilização do conceito valor dose de vibração – VDV	282
4.1.5. <i>Comparação entre os valores indicados pelos fabricantes e os verificados na prática</i>	284
4.1.6. <i>Comparação entre os desvios/erros na determinação do valor da vibração e do tempo de exposição</i>	287
4.2. ANALISAR A APLICABILIDADE DA DIRETIVA EUROPEIA 2002/44/CE EM PORTUGAL	288

4.2.1. <i>A Formação desenvolvida relativa a vibrações e a sensibilização dos trabalhadores para o problema</i>	288
4.2.2. <i>Medições efetuadas por entidades acreditadas em Portugal</i>	288
4.3. ANALISAR A APLICABILIDADE CONJUNTA DAS DIRETIVAS VIBRAÇÕES 2002/44/CE E DA NOVA DIRETIVA DE MÁQUINAS 2006/42/EC	289
4.3.1. <i>Comparação dos resultados obtidos através Diretiva Vibrações 2002/44/CE e da e 2006/42/CE</i>	289
4.3.2. <i>Análise dos resultados obtidos com os métodos r.m.s. e VDV no caso das vibrações de Corpo Inteiro</i>	289
4.4. GRAU DE PROTEÇÃO PREVISTO COM DIRETIVA 2002/44/CE.....	291
5. CONCLUSÕES	293
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	297
7. ANEXOS.....	303
7.1. LISTAGEM DOS ANEXOS.....	305

1. INTRODUÇÃO

Durante o dia, regra geral todos estamos expostos a vibrações, de uma forma ou de outra. Desde as deslocações de e para o trabalho em bicicletas, automóveis, autocarros, metropolitano, comboios etc., assim como durante as atividades nos locais de trabalho onde estamos em contacto com equipamentos que provocam vibrações, algumas vezes, elas também surgem nas atividades de lazer.

A utilização de máquinas, desde a revolução industrial até os dias de hoje colocou no ambiente de trabalho vários riscos relativos a agentes físicos que podem ser prejudiciais à saúde do trabalhador. A vibração, documentada por Ramazzini em 1700 (Ramazzini B, 1700) é um desses agentes. Em 1862 o físico francês Maurice Raynaud descreveu alguns distúrbios vasculares apresentados por indivíduos expostos à vibração de mãos e braços. Há cerca de 150 anos atrás Maurice Raynaud (H Kaiser, 2011) descreveu na sua tese de doutoramento um conjunto de sintomas caracterizados por palidez intermitente e cianose das extremidades que, em casos graves pode levar ao desenvolvimento de gangrena. Uma vez que os sintomas podem ser desencadeados por espasmos nos vasos sanguíneos pequenos, a exclusão de uma doença vascular orgânica é um pré-requisito do diagnóstico. Raynaud ainda não tinha reconhecido que esta síndrome, frequentemente observada, pode às vezes ser sintoma ou antecedente inicial de uma doença grave. Esta é a razão, pela qual hoje em dia, estes sintomas são referidos como síndromes de Raynaud, primário e secundário. Conforme refere A.C. Vendrame (Antonio Carlos Vendrame, 2006), em 1911 o médico Giovanni Loriga descreveu os sintomas da síndrome de Raynaud apresentados por trabalhadores que operavam com marteletes, porém, somente em 1918 a médica Alice Hamilton relacionou a síndrome, com o agente físico vibração.

Mesmo documentado há mais de 100 anos, esse agente físico afeta ainda hoje, de acordo com (WASSERMAN, 1994), cerca de dois milhões de trabalhadores apenas nos Estados Unidos e na Alemanha. Estimando-se que vários milhões de pessoas estejam expostas a vibração na Europa de acordo com o “Workplace exposure to vibration in Europe: an expert review” de 2008 (Patrice (Manu) Donati, 2008).

Estudos sobre o desenvolvimento deste tema, em vários países da Europa incluindo Portugal e Espanha são apresentados no neste trabalho e no Anexo 0.

Num trabalho que Paschold e Sergeev publicaram em 2009, eles compilaram os dados de uma pesquisa sobre vibração realizando uma amostra a 2764 profissionais da área de segurança e higiene do trabalho(Paschold HW, 2009). Nesta pesquisa evidenciaram que existe uma lacuna de conhecimento, nestes profissionais relativamente a este assunto. Cerca de 69,5% dos entrevistados, dentro das métricas adotadas, não atingiram o patamar de conhecimentos básicos sobre vibração e seus efeitos no corpo humano. Ainda noutro trabalho Pashold e Mayton (Helmut W. Paschold and Alan G. Mayton, 2011), referem a mesma situação.

Em Portugal a situação não é diferente, uma vez que a maioria das formações de técnicos desta área, que ocupam hoje os principais lugares, quer no ACT, quer nas empresas e nas entidades formadoras, se desenvolveu entre 1998 e 2006, altura em que foi publicada a legislação portuguesa sobre o tema. Não tendo havido depois de 2006, nenhuma ação específica relativa a este risco, por parte do ACT, donde se pode concluir, que em Portugal o mesmo número (69,5%), ou mais técnicos de HST também não atingem o patamar de conhecimentos básicos sobre vibração e seus efeitos no corpo humano.

Têm-se desenvolvido muitas investigações sobre o assunto, tendo sido desenvolvidos grandes projetos como *VIBGUIDE (Human Factors Research Unit of the ISVR, 2008)*, *VIBRISKS (U. ISVR/UoS, FIOSH, UMUH, AMC, INRS,, 2007)*, *VIBSEAT (I. ISVR/UoS, others, , 2005)*, *VINET(ISVR, 2001)*, *TESTOPS (Institute of Sound and Vibration Research, 2000)*, *HUMAN VIBRATION (ISVR e HVLab, 2015)* e *VIBTOOL (Tomasini (Prof.)and partners, 2008)*, que ajudam a sensibilizar para a situação, mas que no entanto são insuficientes para uma abordagem capaz e segura. Mesmo com estes esforços de divulgação dos riscos ligados as vibrações, poucos profissionais da área de segurança e higiene do trabalho têm o conhecimento e os instrumentos adequados para identificar esse agente, e desenvolverem medidas para atenuar e/ou minimizar esse risco.

No trabalho de investigação “*A Diretiva Europeia 2002/44/CE: dificuldades e consequências na proteção dos trabalhadores face aos riscos de vibrações*” (Guisado H., 2008), foi abordado de entre outros o problema das vibrações verificadas nos transportes públicos, que aqui cito, só para uma breve reflexão. Julgando que no futuro também seria interessante e conveniente analisar estas situações e o resultado que delas advém, se juntarmos a exposição diária no local de trabalho a exposição sofrida *in itinere*.

Se considerarmos que quem trabalha nos grandes centros gasta entre 1,5 a 3h por dia para se deslocar em transportes, da sua residência para o local de trabalho, poderíamos ter surpresas nos resultados obtidos. Situação pouco conveniente para os governos uma vez que na grande maioria dos casos são responsáveis quer pelos transportes públicos (atividade concessionada), quer pela qualidade dos pisos onde eles circulam.

No estudo da carga de trabalho dos motoristas do Grupo Barraqueiro referido no trabalho de 2008 (Guisado H., 2008), verificamos que “As vibrações de maior intensidade fazem-se sentir na direção vertical nas frequências de 1Hz, 4-5Hz e 8-12Hz, podendo afetar o bem-estar dos condutores, nomeadamente a coluna vertebral, com a continuação da exposição”. Os valores de intensidade rondam em média os $0,4 \text{ m/s}^2$ e variam entre os $0,004 \text{ m/s}^2$ e os $0,8 \text{ m/s}^2$.” Se considerarmos os $0,8 \text{ m/s}^2$, ficamos com um Tempo para Valor de Ação de 2,5 h, o que está próximo da média do tempo gasto para as deslocações.

Este grupo “BARRAQUEIRO” efetua as deslocações da periferia para as grandes cidades no caso Lisboa. Na circulação no interior de Lisboa, os transportes são efetuados pela CARRIS, da qual não encontrei dados disponíveis, apesar de um contato com responsáveis da empresa. Detalhando a análise, e recorrendo aos dados publicados na sua tese de doutoramento pelo Dr. Rui Miguel Bettécourt Melo (Rui Miguel Bettécourt Melo, 2006) em 2006, verificamos:

Tabela 1- Valores de vibrações verificados em autocarros de passageiros

Veículo	Nº medições	Marca (modelo)	awx /m s ²			awy /m s ²			awz /m s ²			Total Diretiva 2006	Tempo Valor de Ação (h)
			Média	Desv Pad	TOTAL	Média	Desv Pad	TOTAL	Média	Desv Pad	TOTAL		
A	3	Volvo (B59)	0,15	0,07	0,22	0,16	0,07	0,23	0,39	0,14	0,53	0,6	5,23
B	5	Volvo (B10 R)	0,22	0,08	0,3	0,21	0,09	0,3	0,6	0,31	0,91	1,0	1,98
C	4	Man (10150)	0,21	0,07	0,28	0,23	0,07	0,3	0,54	0,28	0,82	0,9	2,38
D	8	Volvo (B10 M)	0,15	0,05	0,2	0,13	0,05	0,18	0,41	0,17	0,58	0,6	4,89
E	6	Renault (B 120)	0,24	0,08	0,32	0,19	0,07	0,26	0,33	0,08	0,41	0,6	5,92
F	1	Volvo (B10 M)	0,1	0,12	0,22	0,08	0,07	0,15	0,22	0,13	0,35	0,4	10,34
G	7	Mercedes (O 405)	0,2	0,09	0,29	0,21	0,11	0,32	0,51	0,27	0,78	0,9	2,52
H	4	Mercedes (O 530)	0,17	0,09	0,26	0,13	0,06	0,19	0,42	0,21	0,63	0,7	4,00
I	5	Volvo (B7 L)	0,17	0,09	0,26	0,18	0,08	0,26	0,38	0,23	0,61	0,7	3,94
J	5	Volvo (B10 L)	0,18	0,09	0,27	0,26	0,15	0,41	0,42	0,25	0,67	0,8	2,90

Conforme podemos observar a maior parte dos condutores destes autocarros, atinge o Valor de Ação durante o seu horário de trabalho, só atingindo o valor limite de exposição num tempo superior às 8h. Este estudo foi realizado na região de Lisboa. Vejamos os dados do censo de 2011 (Instituto Nacional de Estatística, 2011) para a mesma região, de forma a verificar os tempos gastos nas deslocações das populações que utilizam estes autocarros.

Gráfico 1- Meio de transporte utilizado nos movimentos pendulares, em % da população, 2001 e 2011

Gráfico 2 - População por tempo médio de deslocação, 2001 e 2011

Tabela 2 - tempo médio de deslocação, 2001 e 2011

	Tempo total ida e volta	2001	2011
Mais de 90 min	3 Horas	1,7	1,2
De 61 a 90 min	Entre 2 a 3 h	3,8	2,8
De 31 a 60 min	Entre 1 a 2 h	13,5	12,7
De 16 a 30 min	Entre 0,5 a 1 h	28,9	28,8
Até 15 min	Até 0,5 h	52	54,6

Há ainda que referir, as deslocações que são efetuadas, em veículos comerciais ligeiros, os quais muitas vezes apresentam valores relativamente elevados de vibrações, como o caso do Veículo Pick Up Toyota Hylux, apresentado na análise das vibrações Corpo Inteiro, onde o Tempo para Valor de Ação foi atingido ao fim de 5,44 h. Este valor pode ser significativo se juntarmos o tempo de deslocação para o local de trabalho com o tempo de trabalho. Conforme podemos verificar na tese anteriormente referida estes valores variam

significativamente com o tipo de piso, situação que é da responsabilidade das entidades oficiais, assim como da velocidade de circulação conforme referido em (Ismail, 2010).

Não nos podemos esquecer que o tempo/percurso de deslocação entre a residência e o local de trabalho, está regulamentado no caso dos acidentes de trabalho, como sendo tempo de trabalho.

Se esta primeira análise já nos levanta algumas dúvidas sobre a real aplicação da diretiva vibrações. Analise esta que também já havia sido abordada no trabalho (*Guisado H., 2008*), onde foram utilizados os resultados recolhidos e a análise efetuada pela Dr.^a Anabela Reis Simões.

Existem também outras situações para as quais até ao momento ainda não foi dada resposta, e outras levantadas com a entrada em vigor em 2008, da diretiva 2006/42/CE, as quais julgo ser urgente e premente dar resposta, uma vez que ainda não as vi nem abordadas nem tratadas. Como sejam:

- ❖ O número de trabalhadores expostos a vibrações em Portugal e Espanha e nos restantes países de CE, análise comparativa.
- ❖ Qual é a sensibilidade que os trabalhadores têm para este risco em função das ações de formação que abordam o mesmo.
- ❖ Como está a decorrer a implementação da diretiva 2002/44/CE
- ❖ Qual a resposta obtida relativa a aplicação da Diretiva Vibrações no relatório requerido pela diretiva 2007/30/CE, que deveria ter sido publicado em 2012/13.
- ❖ Qual é a duração de tempo correta para se fazerem as medições das vibrações, e qual é o nível (grau) de confiança destas amostras, para nos permitirem uma amostragem significativa, isto é representativa da realidade?
- ❖ Como se encontram a ser implementadas as alterações relativamente a exposição ao agente físico vibrações previstas na Diretiva 2006/42/CE, quais as suas implicações.
- ❖ Qual é o desvio verificado entre os dados reais das vibrações, e o proposto pelos fabricantes dos equipamentos, quando o fazem?

- ❖ Como se encontra a ser efetuada a avaliação das vibrações quando ocorrem impulsos e choques, método VDV versus r.m.s.
- ❖ Está a ser logica a abordagem prevista nas Diretivas 2002/44/CE e 2006/42/CE, para controlar a existência de vibrações nos locais de trabalho, ou a situação têm de ser revista e uniformizada, como a definição da amostra significativa e das metodologias de cálculo r.m.s, nelas referidas. Assim como a recomendação do método VDV, não referido na diretiva 2006/42/CE.

Por isso esta tese irá debruçar-se sobre a análise destas situações, procurando dar resposta e encontrar metodologias e formas de cálculo que possam ser facilmente aplicadas para o controlo das vibrações nos locais de trabalho, isto é fazendo:

“Uma análise da aplicação da Diretiva 2002/44/CE”

Assim como da aplicação da nova diretiva Máquinas Diretiva 2006/42/CE, transposta para a legislação nacional pelo Decreto-Lei n.º 103/2008 de 24 de Junho.

2. METODOLOGIA

Na análise feita anteriormente e da muita e variada bibliografia existente e consultada sobre este tema, como por exemplo, The European Vibration Directive (Chris M. NELSON and Paul F. BRERETON, 2005), Incidencia de la directiva 2002/44/ce sobre disposiciones mínimas por exposición a vibraciones en equipos Industriales (Fuentes Robles, 2005), *A Vibração como um fator de risco para a saúde ocupacional* (Barbara Sebastião e Maria Helena Palucci Marziale, 2008), Exposição combinada entre ruído e vibração (Luiz Felipe Silva; René Mendes, 1997), Joël's Breaker: Forty Years of European Vibration Prevention (Patrice Manu Donati, 2012), de entre os muitos consultados, assim como da recolha de informações, dados e medições efetuadas durante este estudo, foi verificado que a transmissão de vibrações ao corpo humano nas atividades desenvolvidas pelos trabalhadores é um tema atual e que carece de grande atenção, atendendo ao número de trabalhadores potencialmente envolvidos com a seguir se demonstra. A recente publicação da legislação e a sua aplicação, assim como as questões levantas sobre o tema e o número de publicações editadas sobre este assunto, indicam a sua importância e atualidade.

No entanto, pode-se afirmar que apesar dos inúmeros estudos e trabalhos já realizados, ainda não existem conhecimentos completos, sobre as características dos estímulos vibratórios transmitidos ao Homem, na situação de trabalho, nem dos fatores que controlam essa transmissão e consequentemente os efeitos decorrentes da mesma. No entanto todo este contexto académico, se bem que muito importante não nos responde a uma questão muito simples.

“Como monitorizar as vibrações e minimizar os riscos da exposição a vibrações em ambiente de trabalho, de forma a garantir que os valores de ação e limite de exposição são cumpridos e os trabalhadores estão expostos a um risco controlado”.

Sem monitorizar efetivamente as vibrações no ambiente de trabalho, conhecendo na verdade dois parâmetros, Valor da Vibração e Duração da Exposição, torna-se muito difícil estabelecer um plano para minimizar este risco.

Acreditamos por isso que os resultados e conclusões obtidas neste trabalho, poderão constituir uma mais-valia a vários níveis:

- a) Controlo dos equipamentos e tempos de exposição a vibração
- b) Definição de uma metodologia inicial, clara e simples para controlo das vibrações no ambiente de trabalho.
- c) Definição das dimensões das amostras e seu grau de confiança para estas serem representativas das vibrações verificadas.
- d) Uniformização dos métodos de cálculo das vibrações Mão-Braço e Corpo Inteiro.
- e) A avaliação das vibrações pelo método VDV e a sua comparação com os resultados obtidos usando o método r.m.s.

2.1. Objetivo Geral

Determinar a aplicabilidade da Diretiva 2002/44/CE no âmbito da avaliação do risco de exposição a vibrações nos sistemas mão-braço e corpo e inteiro, em Portugal, Espanha e restantes países da União Europeia.

2.1.1. Objetivos Específicos

- ❖ Avaliar o risco de exposição a vibrações de trabalhadores na Europa, particularmente em Espanha e em Portugal.
- ❖ Analisar a aplicabilidade da *Diretiva Europeia 2002/44/CE* em Portugal
- ❖ Analisar a aplicabilidade conjunta das Diretivas Vibrações 2002/44/CE e a nova Diretiva de Máquinas 2006/42/EC

2.2. Metodologia

Para desenvolvimento deste trabalho, dado o número de situações abordadas houve a necessidade de utilizar abordagens distintas para as diversas situações verificadas, utilizando diversas metodologias que foram desde a consulta de trabalhos publicados e divulgados, consulta de bases de dados europeias sobre vibrações, recolha de dados junto de entidades acreditadas, inquéritos realizados a entidades acreditadas para efetuar as medições de vibrações, à realização e análise de medições

Para se ter uma ideia clara deste problema, torna-se necessário identificar quando a situação foi detetada e como evoluíram os estudos relativos a sua análise, isto é fazendo um ponto de situação do “ state of art “, no momento, através da análise da evolução do estudo do efeito das vibrações.

2.2.1. Avaliar o risco de exposição a vibrações de trabalhadores na Europa, particularmente em Espanha e em Portugal.

2.2.1.1. O número dos trabalhadores expostos a vibrações na Europa, Espanha e Portugal

Não é fácil encontrar dados disponíveis relativamente a este tema em Portugal. Consultando a PORDATA, importante base de dados Portuguesa, o que encontramos são os valores indicados na Tabela 11 - Dados obtidos relativos a despesas dos Municípios relativas a Ruído e Vibrações.

Houve por isso necessidade de recorrer aos dados publicados pelo EUROFOUND ECWS de 2010 ou 2005 conforme indicado no Anexo 1, para se obterem valores que nos possibilitem uma análise da situação.

2.2.1.2. Análise dos equipamentos existentes nas empresas e o seu registo

Foram analisados os registos de 72 equipamentos onde foram efetuadas medições Mão-Braço e 72 equipamentos onde foram efetuadas medições de Corpo Inteiro. Assim como 6 registos de equipamentos que provocam vibrações Mão-Braço e 13 registos de equipamentos que provocam vibrações Corpo Inteiro em relatórios de medições efetuados conjuntamente com entidades acreditadas, seguindo a metodologia por eles utilizada. No total foram avaliadas medições de 78 registos de equipamentos relativamente as vibrações Mão-Braço e 85 registos de equipamentos relativamente as vibrações Corpo Inteiro.

2.2.1.3. Análise das amostras para as considerar significativas com recurso a métodos estatísticos

Atendendo a que não existe um registo efetivo dos tempos de utilização dos equipamentos que possibilitasse uma possível aproximação aos tempos de exposição (*não é obrigatório pela legislação*), torna-se muito difícil estimar o universo da população para se poder definir com alguma exatidão a dimensão da amostra.

Foi por isso construída uma tabela com duas entradas “ erro admissível na amostra” e “tempo de utilização do equipamento” para nos possibilitar saber o número de amostras que deveríamos recolher.

De seguida foi construída uma tabela com base nos conceitos estatísticos das distribuições normais, que nos permite face ao número de amostras recolhidas e ao desvio padrão encontrado entre elas, determinar e classificar as amostras relativamente ao grau de confiança encontrado.

Desta forma foi definida a forma de face ao erro admitido na amostra e ao grau de confiança da mesma ser determinado o número de amostras que deveríamos recolher.

2.2.1.4. Metodologias, Equipamentos de medição e Realização das medições

As metodologias utilizadas, para a realização das medições de vibrações Mão-Braço foram as indicadas na norma “ISO 5349-2:2001 - Practical guidance for measurement at the workplace”, para as vibrações de Corpo Inteiro foram as referidas na norma NPEN ISO 2631-1:2007. Sendo em ambos os casos estas metodologias completadas com as informações do “Guia de boas práticas não vinculativo para a aplicação da Directiva 2002/44/CE” (Comissão Europeia, 2007)

Os equipamentos de medição utilizados para realizarem as medições constantes do Anexo 2 e 3 foram:

MÃO – BRAÇO – Anexo 2

Sistema de Medição - Identificação do Sistema de Medição:

- ❖ Unidade de leitura: R129
- ❖ Fabricante: Svantek
- ❖ Modelo: SVAN 958
- ❖ N° de Serie: 14296
- ❖ Acelerómetro triaxial: Dytran 3023M2
- ❖ N° Serie: 2977
- ❖ Calibrador: LR - Vibrador PCB
- ❖ N° Série 3111

ISQ CORPO INTEIRO – Anexo3

- ❖ Sistema de Medição - Identificação do Sistema de Medição:
- ❖ Unidade de leitura: LR105
- ❖ Fabricante: Svantek
- ❖ Modelo: SVAN 948
- ❖ Número de Serie: 6985
- ❖ Acelerómetro triaxial: LR106 – 3143M1

- ❖ No Serie: 842
- ❖ Calibrador: LR - Vibrador PCB
- ❖ N° Série 3111

Os equipamentos de medição utilizados para realizar as medições referidas no corpo de tese foram:

- Sistema de Medição - Identificação do Sistema de Medição:
- Marca: Svantek
- Modelo: SVAN 948
- N° de Serie: 6985
- N° de identificação: LR 105

Acelerómetro triaxial - Mão - BRAÇO:

- Marca: DYTRAN – N° de serie: 9516
- Modelo: 302M2

Assento Triaxial – Corpo Inteiro

- Marca: SVANTEK – N° de serie: 842S
- Modelo: SV 39A
- Acelerómetro: Dytran – 3143M1 – N° de serie: 842

A realização das medições foi efetuada seguindo e verificando as práticas normais utilizadas pelos laboratórios acreditados e conforme referido no Guia Relacre 23 (RELACRE-23, 2014).

2.2.1.5. Comparação entre os valores indicados pelos fabricantes e os verificados na prática

No caso das vibrações Mão-Braço foi realizada a comparação em 39 equipamentos dos 49 corretamente identificados.

No caso das Vibrações de Corpo Inteiro como não foi possível encontrar dados dos fabricantes para os equipamentos medidos, optou-se por efetuar uma análise global para um tipo de equipamentos “empilhadores” onde foram

comparados os resultados de 32 equipamentos medidos com os resultados para o mesmo tipo de equipamentos existentes em bases de dados e usando as metodologias propostas nas mesmas.

2.2.1.6. Comparação entre os desvios/erros na determinação do valor da vibração e do tempo de exposição

Em primeiro lugar foi verificada a influência que têm desvios proporcionais no valor da vibração e no tempo de exposição em 17 trabalhadores expostos a 6 situações de trabalho diferentes utilizando 4 empilhadores. No sentido de alargar a análise foi verificada a influência dos mesmos desvios em 103 trabalhadores utilizando 5 equipamentos diferentes.

2.2.2. Analisar a aplicabilidade da Diretiva Europeia 2002/44/CE em Portugal

2.2.2.1. A Formação desenvolvida relativa a vibrações e a sensibilização dos trabalhadores para o problema.

Aqui como no ponto anterior, o local onde foi possível encontrar dados que possibilitassem uma análise apriorística sobre o assunto, foi recorrendo aos dados do ECWS e proceder a uma interpolação, para permitir retirar conclusões.

2.2.2.2. Medições efetuadas por entidades acreditadas em Portugal

A análise da aplicação da Diretiva em Portugal foi efetuada em primeiro lugar através da pesquisa da resposta do país ao inquérito realizado pela CE sobre o tema. Simultaneamente foi elaborado e enviado um questionário aos laboratórios acreditados para realizar as medições de vibrações, ao qual responderam e 25% dos laboratórios que consegui contactar e que representam

19% do total dos laboratórios acreditados. Sendo ainda de referir que responderam os laboratórios mais significativos.

Assim como foi desencadeado um pedido de informações em grupos específicos da rede social LinkedIn.

2.2.3. Analisar a aplicabilidade conjunta das Diretivas Vibrações 2002/44/CE e da nova Diretiva de Máquinas 2006/42/EC

2.2.3.1. Comparação dos resultados obtidos através Diretiva Vibrações 2002/44/CE e da e 2006/42/CE

Foi estabelecida a comparação dos resultados obtidos através Diretiva Vibrações 2002/44/CE e da diretiva 2006/42/CE, verificando as diferenças observadas nas diferentes metodologias que é possível usar para cálculo das vibrações nas medições dos 78 equipamentos relativamente as vibrações Mão-Braço e dos 85 equipamentos relativamente as vibrações Corpo Inteiro.

2.2.3.2. Análise dos resultados obtidos com os métodos r.m.s. e VDV no caso das vibrações de Corpo Inteiro

O método VDV não é geralmente utilizado em Portugal, assim como na maior parte dos países de C.E. Por este fato para se proceder a uma análise houve a necessidade de recorrer a outros trabalhos realizados, onde foram efetuadas medições utilizando os dois métodos.

O método VDV, revela-se mais adequado quando nas exposições a vibrações se verificam impactos ou choques.

3. RESULTADOS

3.1. Análise da evolução do estudo do efeito das vibrações

3.1.1. Histórico da Origem e Evolução do Estudo de Vibrações

De acordo com um trabalho de pesquisa de Dimarogonas (Andrew D. Dimarogonas, 1992), a teoria da vibração, da música e da acústica foram desenvolvidas em conjunto há 5 séculos A.C. Descobriu-se que as notas musicais eram função das características físicas dos instrumentos, não dependendo necessariamente de como eram tocados. Este conceito foi definido mais tarde como frequência natural ou de ressonância de um corpo. No início as referências eram as notas musicais, cada configuração do instrumento tinha uma característica. O termo frequência só foi definido mais tarde, pois era necessário primeiro medir com maior precisão o tempo. Convém lembrar que a frequência de 1 Hz corresponde a 1 ciclo por segundo, e dezenas ou centenas de hertz significam medir tempos da ordem de décimos ou centésimos de segundo. No entanto até o conceito de isolamento de vibração já era aplicado na Grécia, nas rodas de carruagens com poucos raios, aros finos e eixos flexíveis. Este tipo de construção permitia maiores velocidades em terrenos acidentados com menores níveis de vibração. O conceito de isolamento de vibração estava diretamente relacionado à frequência natural de vibração ou frequência de ressonância da suspensão da carruagem.

A Europa foi o primeiro lugar onde se começou a falar dos riscos associados ao trabalho, em particular dos riscos físicos vibrações, isto principalmente devido ao fato de ser onde se verificou a primeira Revolução Industrial e as preocupações sociais daí resultantes.

Início do século 19 – Com a introdução das ferramentas pneumáticas nas minas, em França, começaram a ser relatados pelos trabalhadores destas minas os sintomas de “Hand-Arm Vibration Syndrome”.

1862 - Primary Raynaud's Phenomenon (Raynaud's Disease), foi identificado em 1862, pelo Dr. Maurice Raynaud. Nesta ocasião apresentou a tese sobre "Asfixia Local e Simétrica a Gangrena das Extremidades", onde identificou o estado clínico da "mão morta" mais conhecida como "dedo branco".

1911 - Em 1911 o Professor Loriga relatou o espasmo vascular nas mãos dos mineiros italianos utilizando ferramentas pneumáticas.

1918 - Nos U.E.A. Alice Hamilton estudou os mineiros utilizando martelinhos em pedreiras em Bedford, Indiana e descreveu uma anemia das mãos, relacionando a síndrome de Raynaud, com o agente físico vibração.

1940 a 1950 - A consciencialização do fenómeno de Raynaud (mais recentemente descrito como HAVS) e as suas causas desenvolveu-se principalmente durante as décadas de 1940 e 1950.

1972 - O Dr. William Taylor na 1^a Conferencia Internacional "Hand-Arm Vibration" em Dundee, na Escócia, quis estabelecer um fórum internacional para publicamente apresentar e discutir os resultados de uma pesquisa que envolveu médicos, epidemiológicos, engenheiros e os aspetos jurídicos do HAVS.

1974 - Health & Safety at Work Act 1974 Saúde e Segurança no Trabalho Act 1974 "É dever de todos os empregadores assegurar, tanto quanto for razoavelmente e possível, a saúde, a segurança e o bem-estar no trabalho de todos os empregados". O direito coloca sobre os empregadores a responsabilidade de manter os trabalhadores e locais de trabalho, seguros.

1974 - Surge a primeira norma ISO sobre as Vibrações de Corpo Inteiro a ISO 2631 (1974) com a seguinte evolução:

- ISO 2631-1 (1997) (Sem Limites de Exposição)
- ISO 2631 (1978)
- ISO 2631 (Amd 1) 1982
- ISO 2631-1 (1985) (Apresentava Limites de Exposição.)
 - ISO 2631-2 (1985): Avaliação da exposição humana à vibração e choques em edificações (1 a 80 Hz) - Draft

– ISO 2631-3 (1985): Avaliação da exposição à vibração de corpo inteiro, no eixo Z na faixa de frequência de 0,1 - 0,63Hz

– ISO 2631-4: Avaliação da exposição à vibração da tripulação de embarcações marítimas, faixa de 1-80Hz (devido a conflitos com outras normas, em 1988 decidiu-se não dar prosseguimento a esta proposta de norma).

1975 - Dr. Pelmeur, médico conhecido internacionalmente como especialista na área das doenças mão-braço, com o seu colega, o Dr. William Taylor, desenvolveu a primeira escala médica de classificação para as pessoas atingidas com HAVS, conhecida como a Taylor-Pelmeur Scale; esta escala é utilizada em todo o mundo (Gôsta Gemne, 1987). Dr. Pelmeur é o autor de dois livros HAVS bem como de numerosas publicações e livros sobre HAVS.

1977 – Foi publicado o Guia "Proteção dos trabalhadores contra o ruído e vibrações no Ambiente de Trabalho", pela Organização Internacional do Trabalho.

1980 - A vibração causadora do “White Finger” tornou-se um inimigo industrial, na sequência da investigação de que resultou um documento publicado pelo professor Mike Griffin na revista Health & Safety Executive na Universidade de Southampton

1982 - O Social Security Act reconhece como doença industrial o “Carpel Tunnel Syndrome” associado a utilização de ferramentas vibratórias.

1984 - A ACGIH foi a primeira organização a, oficialmente, estabelecer limites de tolerância para as vibrações segmentais nos Estados Unidos.

1986 - A ISO, que engloba os países membros da América do Norte, Europa e Ásia, elaborou a norma ISO 5349. Introdução da International Standards Organisation (ISO) 5349 Mechanical Vibration - Orientações para a medição e avaliação de Exposição a Vibração. No mesmo ano, a ANSI elaborou a norma ANSI S3.34.

Estas normas especificam procedimentos para a avaliação da vibração transmitida às mãos e, recomendam, nos guias, medidas de controlo.

1987 - British Standards Council publica BS6842, que estabelece orientações e medidas preventivas para reduzir as HAVS desenvolvidas por funcionários. Também o Workshop-Estocolmo 86 (1987) introduz uma apresentação da escala de progressão da HAVS (Gôsta Gemne, 1987).

1989 - Para dar cumprimento integral a ratificação da Convenção nº 155 da OIT, surge a Diretiva 89/391/CEE (Diretiva 89/391/CEE - Conselho Europeu, 1989), que introduz a Gestão de HSST (Higiene, Saúde e Segurança no Trabalho) nos regulamentos internos dos estados membros da CE, exigindo aos empregadores a realização de avaliações de qualquer risco para a saúde e a segurança dos seus funcionários, a estabelecer um controlo adequado e medidas para minimizar o risco. Onde risco não possa ser eliminado, o empregador tem o dever de prestar informação e formação sobre os riscos e realizar a vigilância da saúde. O segundo padrão americano de exposição a vibrações segmentais foi a ANSI S3.34 e o terceiro foi o documento nº 89-106 do NIOSH, de 1989. Sai também a primeira Diretiva 89/392/CEE (Diretiva 89/392/CEE - Conselho Europeu, 1989) aplicável às máquinas, que obriga os fabricantes a fornecer informações dos níveis de vibração a que ficam expostos os trabalhadores, quando são suscetíveis de ficar sujeitos a vibrações níveis (A_h, w), que excedem $2,5 \text{ m/s}^2$.

1990 - Foi no início dos anos 1990, que o Industrial Injuries Advisory Council (IIAC) reexaminada a prescrição para a vibração causadora do White Finger. Estavam preocupados com o facto de a análise não refletir os danos envolvidos no nervo (Neurológica), apenas olhando para o dano vaso sanguíneo (Vascular). Isto é muitas vezes descrito como a diferença entre VWF (principalmente uma doença vascular) e HAVS (que inclui a componente neurológica). Os sindicatos representativos dos trabalhadores do sector carbonífero travam uma longa batalha legal com a British Coal na década de 1990 para garantir a indemnização dos mineiros que foram afetados por HAVS.

1994 - A Health & Safety Executive, publica a sua orientação genérica sobre Hand Arm Vibration Syndrome HSG 88 .

1995 - Em 1995, há uma exigência dos empregadores para que a doença do dedo branco provocada por vibração seja introduzida no Regulamento de Lesões, Doenças e ocorrências perigosas (RIDDOR - Reporting of Injuries, Diseases and Dangerous Occurrences Regulations) (HSE, 1995)

1997 - Inicia-se uma dura batalha quando o HSE publica a primeira edição de um livro de sobre a redução vibração - estudo de casos. Os resultados intercalares da investigação atual, indicam que o número de pessoas expostas a níveis elevados de vibração pode exceder 1 milhão. Foi a de 30 Setembro 1997, que o Supremo Tribunal atribuiu uma indemnização de 127000 libras a 7 mineiros, estando mais 12.500 casos na lista “Doença do dedo branco causada por Vibração - White Finger”. É também publicada a ISO 2631-1: 1997, sendo importante ressaltar que esta edição da norma não estabelece limites de exposição, apresentando no seu anexo B um guia de “caráter informativo” sobre os efeitos da vibração em relação à saúde.

1998 - Fase 3 do HSE “Good Health is Good Business” “Boa Saúde é um Bom Negócio” que começou na Primavera de 1998 é uma incentivo para uma melhor gestão dos riscos de HAVS.

2001 - As últimas revisões das normas 5349-1 e 2 a serem transpostas para a Europa designando-se EN ISO 5349-1 de 2001 (ISO 5349-1, 2001) e EN ISO 5349-2 de 2001 (ISO 5349-2, 2001).

2002 - No dia 25 de Junho de 2002, surge a primeira legislação para o requisito mínimo de Segurança e a Saúde relativa a exposição dos trabalhadores aos riscos associados ao agente físico (vibrações), Diretiva 2002/44/CE (Diretiva 2002 /44/CE - Parlamento Europeu e do Conselho, 2002) que foi publicada no Jornal Oficial das Comunidades Europeias. Os Estados-Membros, tinham em seguida, 3 anos a partir de 6 de Julho de 2002 para aplicar a diretiva.

2003 - O Parlamento Inglês debate a questão da vibração da White Finger e prevalência de HAVS em ocupações fora do definido pela lista de profissões.

2005 - Em Julho de 2005, a Diretiva 2002/44/CE tem estar transposta para a lei nacional por todos os Estados-membros. O objetivo desta diretiva é garantir

um nível de proteção dos trabalhadores contra os riscos para a saúde associados à exposição a vibrações.

2006 - A 24 de Fevereiro de 2006 é publicada em Portugal a primeira legislação para o requisito mínimo para a Segurança e a Saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos aos agentes físicos (vibrações). O Decreto-Lei nº 46/2006 transpõe para a legislação portuguesa a Diretiva 2002/44/CE. A 17 de Maio de 2006 é publicada a Diretiva 2006/42/CE (Diretiva 2006/42/CE - Parlamento Europeu e do Conselho, 2006) nova Diretiva Máquinas, relativa às máquinas e que altera a Diretiva 95/16/CE. Esta diretiva introduz regulamentação relativa às vibrações em particular na conceção das máquinas/equipamentos. Assim como a obrigação de informar os valores quando as vibrações transmitidas ultrapassem os valores de ação, assim como as incertezas das medições efetuadas. Mesmo que o valor de ação não seja atingido é obrigatório referir esta informação. Também altera a forma de cálculo das vibrações de Corpo Inteiro.

2007 – A 20 de Junho de 2007 é publicada a diretiva Diretiva 2007/30/CE(Diretiva 2007/30/CE - Parlamento Europeu e do Conselho, 2007), que altera a Diretiva 89/391/CEE, as suas diretivas especiais e as Diretivas 83/477/CEE, 91/383/CEE, 92/29/CEE e 94/33/CE do Conselho, tendo em vista a simplificação e a racionalização dos relatórios relativos à aplicação prática.

2010 - ISO 2631-1:1997/Amd.1:2010

- ❖ Em 2010 a ISO publicou modificações (“Amendment”) relativas à segunda edição da norma (ISO 2631-1:1997/Amd.1:2010). As modificações citadas também abarcaram o Anexo B da norma, no entanto, não introduziram alterações nos limites de exposição.
- ❖ Esta norma cancelou e substituiu a primeira edição, a ISO 2631-1:1985 e introduziu modificações na curva de ponderação em frequência utilizada para fins de saúde. Entre 1985 e 1997 desenvolveram-se pesquisas e estudos tiveram por base os Limites de Exposição. da ISO 2631- 1:1985.

3.2. Enquadramento Teórico para caracterização do risco

Nalguns sectores da atividade humana o corpo humano está permanentemente exposto a vibrações mecânicas, com maior ou menor perturbação do bem-estar, que podem provocar lesões irreversíveis e incapacidades nas pessoas expostas, configurando-se como doença profissional já reconhecida em Portugal, constante do Índice Nacional Codificado de Doenças Profissionais (Decreto Regulamentar n.º 6/2001 - Assembleia da Republica, 2001)

Quando não eficazmente controlada, a vibração é um fenómeno difícil de evitar. A produção de vibração está normalmente associada a desequilíbrios, tolerâncias, folgas das diferentes partes constituintes de cada máquina, ou ao efeito de forças desequilibradas, em peças com movimentos alternativos ou rotativos, e podendo ainda resultar do contacto da máquina vibrante com a estrutura. As vibrações assim produzidas, mesmo as de pequena amplitude, podem excitar as frequências de ressonância de outras partes de equipamentos ou de materiais, dando deste modo origem a importantes fontes produtoras de vibrações de maior amplitude e igualmente de ruído.

Estas exposições, que podem afetar braços e mãos, bem como o corpo inteiro, podem desencadear diversas doenças.

Tais exposições são classificadas de acordo com normas internacionais (ISO), e tem seus efeitos minimizados através das avaliações das medições e medidas desencadeadas para controle das mesmas. Pelos efeitos nefastos das vibrações sobre o homem, equipamentos e estruturas, há todo o interesse em desenvolver técnicas e equipamentos que possam medi-las segundo determinados parâmetros a fim de avaliar riscos e proceder ao seu controlo.

Figura 1- Corpo em vibração

3.2.1. Conceitos Básicos

Quando um corpo exibe um movimento oscilatório em torno de uma posição de referência diz-se que está a vibrar. O movimento oscilatório assim produzido determina a passagem periódica de pontos do corpo oscilante pela sua posição de equilíbrio. A Vibração caracteriza-se principalmente pela energia produzida na ocasião. É igual à força produzida por 2 grandezas: a amplitude e a frequência

Figura 2 - Caracterização da vibração

- 1- Amplitude do deslocamento: Indica o afastamento máximo de um corpo do seu ponto de equilíbrio, medida em micron ou milímetros.
- 2- Frequência de vibração f : O número de vezes que durante o intervalo de um segundo, que o corpo executa uma oscilação completa. É medida em Hz. Ao inverso da frequência dá-se o nome de período de vibração T , e mede-se em segundos (s), ($f=1/T$).

3.2.2. Classificação das vibrações

A bibliografia consultada é consensual na classificação da vibração livre ou forçada, vibração não amortecida ou amortecida, vibração linear ou não linear, e vibração determinística ou aleatória. Com o intuito de sistematizar estas classificações, apresenta-se uma breve descrição de cada uma:

- 1- Vibração livre: Quando um sistema vibra sem ação de forças externas. Neste caso o sistema vai vibrar à sua frequência natural que depende das suas propriedades próprias (massa e rigidez).
- 2- Vibrações forçadas: Ocorre quando um sistema é submetido de forma repetida a uma transmissão de energia. Deve-se ter em atenção quando a

frequência de perturbação do sistema (transmissão de energia) coincide com a frequência natural do sistema, potenciando deste modo as oscilações e comprometendo a integridade das estruturas que suportam o sistema. Nestas situações dizemos que o sistema entra em ressonância;

- 3- Vibração não amortecida implica que não seja dissipada ou perdida energia do sistema, por fricção, atrito ou resistência, durante as oscilações;
- 4- Vibração amortecida ocorre sempre que durante as oscilações do sistema, é perdida ou dissipada energia;
- 5- Vibração linear verifica-se quando as componentes do sistema, massa, mola e sistema de amortecimento, se comportam de forma linear;
- 6- Vibração não linear verifica-se quando as componentes do sistema, massa, mola e sistema de amortecimento, não se comportam de forma linear. Este é o tipo de vibração mais frequentemente verificado nas situações reais de exposição a vibração.
- 7- Vibração determinística ocorre sempre que a magnitude da força que atua no sistema é conhecida, independentemente do momento (tempo) de análise;
- 8- Vibração aleatória ocorre quando não é possível prever, num determinado momento (tempo), a força que atua no sistema.

Sob o ponto de vista físico, as vibrações podem classificar-se em:

› **Sinusoidais** ou **periódicas**:
Produzem-se quando os pontos de um corpo oscilante passam por posições regularmente dispostas (frequência e deslocamento de amplitude constante) (Análise Fourier). Subdividem-se em simples ou compostas.

<p>► Aleatórias ou Não Periódicas: Sem ritmo de oscilações determinadas, também denominadas livres, ocorrem quando um corpo elástico é colocado fora da sua posição de equilíbrio e se deixam desenvolver completamente os movimentos oscilatórios. Estas vibrações só podem ser definidas em termos estatísticos (Análise de amplitude e densidade espectral). Dividem-se em estacionárias - se as suas propriedades estatísticas são invariáveis no tempo -, e ergódicas - se as suas propriedades estatísticas são idênticas em registos sucessivos.</p>	<p>(b)</p>
<p>► Transitórias: Produzem-se quando os pontos de um corpo oscilante é sujeito a um impulso instantâneo que provoca um grande deslocamento passam (pico), sendo este deslocamento amortecido rapidamente. São situações que se verificam num período.</p>	<p>(c)</p>

Figura 3 - Tipos de vibração

A forma mais simples dum movimento vibratório é a forma sinusoidal ficando perfeitamente caracterizado pela sua amplitude (de deslocamento, de velocidade ou de aceleração), pela frequência, e pelo inverso, período. Propagando-se transversal e longitudinalmente ou em diversas direções ao mesmo tempo, as vibrações podem transmitir-se ao corpo todo ou a qualquer das suas partes, de modo particular às pernas, braços, bacia, cabeça, pés, mãos, etc., provindo das mais variadas fontes.

A maior parte das vibrações que se verificam na realidade são do tipo aleatório. No entanto na análise matemática do efeito das vibrações no corpo humano reduzem-se os sistemas mecânicos a sistemas ideais compostos por massas, molas e amortecedores viscosos.

Relativamente à forma de transmissão e exposição:

Podemos classificar as vibrações de acordo com a Diretiva Vibrações (Diretiva 2002 /44/CE - Parlamento Europeu e do Conselho, 2002), que as define como «Vibrações transmitidas a todo o organismo», e as «Vibrações transmitidas ao sistema mão-braço».

De notar que a absorção das vibrações é inversamente proporcional à frequência que é um dos parâmetros chave. Segundo a frequência das vibrações as vibrações podem ser classificadas como:

a) Frequências muito baixas (menos de 1 Hz).

São as vibrações normalmente transmitidas pelos veículos de transporte e estão normalmente associadas ao enjoo provocado pelo movimento, causando alterações no ouvido e no sentido de equilíbrio. Mansfield (Neil J.Mansfield, 2005), classifica os efeitos entre ligeiramente enjoativo e muito enjoativo, para valores de aceleração ponderada entre 0,05 e 10 m/s². Relativamente à exposição a VCI, a classificação inicia-se pelo limiar de perceção, ligeiramente acima dos 0,01 m/s² e com efeitos sobre a saúde dos trabalhadores expostos para valores de aceleração ponderada acima de 1 m/s². No que diz respeito à vibração do sistema mão-braço, o referido autor aponta para valores próximos de 0,1 m/s² para o limiar de perceção, os efeitos sobre a saúde dos expostos são verificáveis para valores acima de 5 m/s².

Figura 4 - Classificação das vibrações segundo a frequência Mansfield (2005)

b) Frequências baixas e médias (1 Hz a 20 Hz).

Estas vibrações afetam a coluna vertebral, o aparelho digestivo, a função cardiovascular e da visão, potenciando os efeitos de exposições do tipo corpo inteiro.

.c) Frequências Altas (8 a 1000 Hz).

Estas podem causar problemas de circulação nas articulações, nos músculos e até queimaduras por fricção, as vibrações com frequência entre os 8 e os 1000 Hz intensificam as exposições do tipo mão-braço conforme refere Mansfield, no seu livro publicado em 2005. Um exemplo de máquinas que possuem estas frequências pode ser encontrado em algumas máquinas rotativas manuais ou de percussão. Na Figura 6 (Neil J.Mansfield, 2005) é possível verificar que a relação que o autor faz entre os efeitos da exposição e a intensidade da vibrações.

De acordo com o tempo de exposição e a distribuição

a) Exposição breve: podem afetar o sistema nervoso.

b) Exposição prolongada ou de longo prazo: afetam fundamentalmente a região lombar da coluna vertebral.

3.2.3. Matemática – Recordando princípios

A vibração conforme já foi referido inicialmente é uma força alternada.

A Força é um vetor, sendo que um vetor é qualquer quantidade física que requer uma intensidade e uma direção para sua completa descrição.

Figura 5- Vetor

Componentes retangulares de um vetor 3D

Com duas aplicações sucessivas da lei do paralelogramo pode-se decompô-lo em componentes, como:

$A = A' + A_z$ e depois $A' = A_x + A_y$.

Combinando essas equações, para eliminar A' , A é representado pela soma vetorial de suas três componentes retangulares, $A = A_x + A_y + A_z$

É sempre possível obter a intensidade do vetor A , desde que ele seja expresso sob a forma de um vetor cartesiano.

Temos: $A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$

A intensidade de um vetor cartesiano é assim dada:

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2} \quad \text{Equação 1}$$

Figura 6 - Componentes de um vetor 3D

Em Matemática, a raiz do valor quadrático médio ou RMS (do inglês *root mean square*) ou valor eficaz é uma medida estatística da magnitude de uma quantidade variável. Pode-se calcular para uma série de valores discretos ou para uma função variável contínua. O nome deriva do fato de que é a raiz quadrada da média aritmética dos quadrados dos valores. É um caso especial da potência média com o expoente $p = 2$.

Relação entre média aritmética e desvio padrão

Se $\bar{x}$ for a média aritmética e σ_x o desvio padrão de uma população, então:

$$x_{\text{rms}}^2 = \bar{x}^2 + \sigma_x^2 \quad \text{Equação 2}$$

Podemos assim verificar que a intensidade da vibração que atua sobre o corpo humano é definida pelo valor eficaz da mesma, sendo este a raiz quadrada da média aritmética dos quadrados dos valores.

3.2.4. Quantificação dos níveis de vibração

Para quantificar os níveis de um sinal de vibração, definem-se uma serie de parâmetros, de certa forma semelhantes aos utilizados para o ruído. Os mais importantes segundo Carter e Lopez Ruiz Muñoz, 1999 (Pedro Juan Morillo Salas, 2011) são:

- Valor eficaz (RMS)
- Valor Aeq ou valor Leq
- Valor pico máximo
- Fator de crista.

Figura 7 - Parâmetros da vibração

Na figura 7 podemos verificar: (1) indica o valor rms, (2) indica o nível médio, (3) indica o valor de pico a pico e (4) indica o valor de pico.

Figura 8 - Onda pura sinusoidal

A Figura 8 indica uma onda pura senoidal de aceleração com uma frequência de $f=1/T$, e um valor máximo a pico.

3.2.4.1. Valor eficaz (RMS)

Podemos encontrar uma explicação deste conceito em “**Valor médio e eficaz** - KAZUO NAKASHIMA” (NAKASHIMA, 2013). O valor da aceleração de vibração eficaz (valor RMS) é normalmente usado porque tem uma relação direta com o conteúdo energético do sinal.:

$$\text{Valor eficaz (rms)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt}$$

Para a onda sinusoidal indicada, o valor eficaz é

$$a_{ef} (rms) = \frac{1}{\sqrt{2}} a_{pico}$$

A maioria das vibrações não são no dia-a-dia ondas sinusoidais. Normalmente variam muito ao longo do tempo, tanto em frequência como em amplitude (valor). O valor RMS da aceleração pode ser obtido de duas maneiras:

- Usando uma média temporal do tipo exponencial
- Usando uma média temporais linear

3.2.4.2. O valor de dose de vibração (VDV)

O valor da dose de vibração, pode ser considerado como o valor da vibração de um segundo de duração, que seja igual a intensidade média da vibração. No valor dose de vibrações utiliza-se uma dependência do tempo de elevado à quarta potência para calcular a intensidade de vibração acumulada durante o período de exposição, é utilizado desde um tempo curto de exposição até um dia completo sujeito a exposição. O valor dose de vibração é:

$$\left[\int_{t=0}^{t=\infty} a(t)^4 dt \right]^{\frac{1}{4}} \quad \text{Equação 3}$$

O valor da dose de vibração pode ser utilizado para avaliar a intensidade das vibrações e choques repetitivos.

3.2.5. Comparação com outras avaliações e orientações

3.2.5.1. Vibração Mão-Braço comparação da norma ISO 5349 de 1986 e com a BS 8642 de 1987

Segundo Griffin (Griffin M J, 2004), utilizando a relação entre os anos de exposição regular à vibração, E , a aceleração de frequência ponderada, a_{hw} , e a duração da exposição diária t , previu-se a possibilidade de aparecer o dedo branco, C . Foi proposto num anexo à Norma Internacional 5349 (ISO 5349, 1986) a seguinte equação:

$$C = \left[\frac{a_{hw} \cdot E}{9.5} \right]^2 \cdot \frac{t}{T_{(4)}} \quad \text{Equação 4}$$

Onde $T_{(4)}$ é de 4 horas (nas mesmas unidades de t).

Uma comparação entre o valor de exposição e o valor limite de exposição da Diretiva com a ISO 5349 (ISO 5349, 1986) (fig.10), mostra que o início do

branqueamento do dedo seria esperado em 10% das pessoas após 8,5 anos, sujeitos ao valor de ação da exposição e após 4,2 anos no valor limite de exposição (fig.10). A probabilidade de branqueamento do dedo aumenta rapidamente com o aumento do número de anos de exposição, de acordo com a norma ISO 5349 (1986), deste modo seria esperado que 50% das pessoas desenvolvessem sintomas de dedo branco, após 19 anos de exposição ao valor de ação e 50% das pessoas seria esperado desenvolver branqueamento do dedo depois de apenas 9,5 anos de exposição ao valor limite de exposição (Figura 10).

É claro que a diretiva não define "valores de segurança para as exposições", de acordo com a ISO 5349 (ISO 5349, 1986) há riscos significativos com exposições inferiores ao valor de ação de exposição, se a exposição for continua por muitos anos, como é comum em muitas profissões. Na norma ISO 5349 (1986), a vibração transmitida a mão é avaliada com base no eixo que dá a frequência mais elevada da aceleração ponderada. Na diretiva, a avaliação da exposição é baseada na raiz quadrada da soma dos quadrados das acelerações ponderadas ocorridas nos três eixos. Nas figuras 13 e 14 é feita a comparação mas esta avaliação, mas é limitada às condições em que existe apenas um eixo de vibração dominante conforme referido na norma ISO 5349 (1986). A British Standard BS 6842 (British Standards Institution 6841, 1987) indica uma orientação semelhante à da norma ISO 5349 (1986), mas restringe a 10% uma prevalência de dedo branco induzida pela vibração.

Na figura 10 é feita a comparação do valor limite de exposição e o valor de exposição, nas condições previstas na norma ISO 5349 (1986), associadas ao aparecimento de 10% de branqueamento do dedo depois de períodos compreendidos entre 1 e 25 anos. A incidência de 10% de dedo branco provocado pela vibração induzida está prevista após 8,5 anos no valor de ação e após 4,2 anos ao valor limite de exposição. Uma incidência de 50% de dedo branco provocado pela vibração induzida, está prevista após 19 anos no valor de ação e depois de 9,5 anos, no valor limite de exposição.

Figura 9 - Início surgimento de 10% de dedo branco de acordo com a ISO 5349 (1986), Fonte - M J Griffin - *Occup Environ Med* 2004

Figura 10 - Probabilidade de branqueamento do dedo de acordo com a ISO 5349:1986, Fonte - M J Griffin - *Occup Environ Med* 2004

3.2.5.2. Vibração Mão-Braço em Comparação Com a Norma ISO 5349:2001

A ISO 5349-1:2001(ISO 5349-1, 2001), utiliza a mesma frequência que a ponderação ISO 5349 (1986), mas a avaliação da exposição baseia-se no valor da raiz quadrada da soma dos quadrados das acelerações que ocorrem nos três eixos. A relação entre o tempo de exposição e a vibração transmitida até aparecer o dedo branco, D_y (em anos) e a exposição $A(8)$, a oito horas de energia diária equivalente é proposta, para as condições que causam a prevalência de 10% branqueamento do dedo:

$$D_y = 31.8[A(8)]^{-1.06} \quad \text{Equação 5}$$

A Figura 11 compara os valores de exposição e os valores limite de exposição com as condições que causam 10% de branqueamento do dedo de acordo com a norma ISO 5349-1 (2001) para exposições até 25 anos.

Figura 11 - Probabilidade de 10% de branqueamento do dedo de acordo com a norma ISO 5349-1 (2001), Fonte - *M J Griffin - Occup Environ Med 2004*

De acordo com a ISO 5349 (2001), uma probabilidade de 10% de branqueamento do dedo está previsto após 12 anos de exposição ao valor de ação e

depois de 5,8 anos, ao valor limite de exposição, o início do branqueamento dedo seria esperado em 10% das pessoas que, após 12 anos sujeitas ao valor de ação e depois de 5,8 anos sujeitas ao valor limite de exposição (fig 11). Verifica-se novamente que o valor de ação e o valor limite de exposição na diretiva não define "posições seguras" para a vibração Mão-Braço, de acordo com a norma.

3.2.5.3. Vibração Mão-Braço: Outras Observações

Alguns dados epidemiológicos sugerem que os métodos de avaliação da ISO 5349-1 (2001) não são ótimos para a previsão do início do dedo branco induzido pela vibração, tanto na ponderação da frequência, como na dependência do tempo. Indicando ser necessária a revisão desta metodologia (Griffin M J 2003). De acordo com a diretiva a medição de vibrações não deve ser o único meio de avaliar um perigo, pode ser no entanto suficiente para que haja uma ligação entre a exposição e os efeitos identificáveis prejudiciais à saúde. Isto provavelmente significa que onde o uso de ferramentas é conhecido, por ser, uma causa potencial da síndrome da vibração Mão-Braço, deve presumir-se que esta utilização apresenta um risco e que a vigilância da saúde e outras precauções deverão ser implementadas, independentemente do valor medido de exposição à vibração.

Os métodos de avaliação da vibração Mão-Braço, exigidos pela diretiva (isto é, aqueles previstos na ISO 5349-1 de 2001), estão muito provavelmente, a sobrestimar a importância de alguns tipos de vibração (por exemplo, algumas frequências) e subestimar a importância de outros (por exemplo, outras frequências). Será insensato por isso supor que os deveres dos empregadores estão sempre satisfeitos se o valor da ação à exposição não é excedido.

As exposições a Vibração Mão-Braço estão associadas a diferentes tipos e graus de distúrbios vasculares, neurológicos e músculo – esqueléticos (Griffin MJ, 2002). As previsões de risco na ISO 5349 (1986 e 2001) são limitadas ao aparecimento de dedo branco induzido pela vibração, mas muitas vezes pode-se assumir que fornece alguma proteção para outras doenças, mesmo para outros

diferentes tipos de vibração que são responsáveis por alguns fenómenos não-vasculares.

3.2.5.4. Vibração Corpo Inteiro comparação com a Norma BS 6841:1987

A BS 6841 (1987) (British Standards Institution 6841, 1987) define as ponderações de frequências e fatores de multiplicação para a avaliação de vibração, em 12 eixos para a pessoa sentada: três translacionais e três eixos de rotação entre o assento e as tuberosidades isquiáticas, três eixos de translação entre o painel posterior e o encosto, e três eixos de translação sob os pés. Isto permite que a vibração em todas as principais entradas para o corpo possam ser medidas e avaliadas de forma padronizada. No entanto, a avaliação dos efeitos da vibração na saúde, relativamente a todo o corpo, é restrito aos três eixos de translação sobre a superfície de apoio (de um assento, ou o solo para uma pessoa em pé) e o eixo da frente para trás para a vibração num assento com encosto. Há também uma tentativa de recomendação sobre como medir e avaliar as exposições a vibração para pessoas reclinadas. A avaliação de vários eixos de vibração em relação à saúde recomendada na BS 6841 (1987) envolve o cálculo da quarta raiz da soma dos valores de dose de vibração em cada um dos eixos na quarta potencia. Na prática, isso significa que, se dois ou mais eixos têm grandezas semelhantes de vibração, o efeito global é o aumento do valor calculado, no caso contrário, o "pior" eixo irá determinar a intensidade da vibração.

A British Standard 6841 (1987) oferece uma interpretação de valores de dose de vibração que corresponde à definição de um nível de ação: "os valores de dose de uma vibração suficientemente alta, causará dor grave, desconforto e lesões, isto para valores de vibração na gama dos $15 \text{ ms}^{-1,75}$; estes geralmente causam desconforto grave e o aumento da exposição à vibração será acompanhada por aumento do risco de lesões. Pode ser necessária em valores de altas doses de vibração, a consideração prévia da aptidão das pessoas expostas e a conceção de medidas de segurança adequadas. A necessidade de

um controlo regular sobre a saúde das pessoas normalmente expostas também deve ser considerado. O valor da ação de $15 \text{ ms}^{-1,75}$ na BS 6841 (1987) é um valor intermédio entre o valor de ação de exposição e o valor limite de exposição na Diretiva Agentes Físicos (Figura12). No entanto, esta comparação é dependente de quantos eixos estão incluídos na avaliação, em particular, os valores da frente para trás e a influência de vibração lateral, a diretiva utiliza fatores de multiplicação da ISO 2631 (1997), que aumentam a importância da frente para trás e vibração lateral em 40% em comparação com a BS 6841 (1987).

Figura 12 - Comparação de valores da Diretiva Vibrações com a BS 6841 (1987)

Fonte - M J Griffin - *Occup Environ Med* 2004

3.2.5.5. Vibração Corpo Inteiro: Outras Observações

Segundo Griffin (Griffin M J, 2004), o conhecimento científico ainda não é suficiente para definir uma correta relação entre a dose-resposta na vibração de Corpo Inteiro e os distúrbios por ela provocados.

Não há unanimidade, nem mesmo a entre os investigadores da vibração de Corpo Inteiro para o risco verificado. No entanto, isto está implícito na diretiva, onde vibração de Corpo Inteiro é definida como "vibrações mecânicas são aquelas que quando transmitidas a todo o corpo, implicam riscos para a saúde e segurança dos trabalhadores", em particular lesões lombares e na coluna vertebral (Diretiva 2002 /44/CE - Parlamento Europeu e do Conselho, 2002).

É possível que a vibração em todo o corpo possa causar outros distúrbios, e obviamente podem ocorrer vibrações de Corpo Inteiro sem sinais de lesões. Estudos epidemiológicos, para investigar a relação entre vibração de Corpo Inteiro e os riscos de problemas na zona lombar, são difíceis de projetar e não existe nenhum estudo que seja imune a críticas. Alguns comentários têm identificado os critérios para a inclusão de estudos com base na adequação na fase de projeto, relatórios de investigação e outras conclusões. Como exemplo citamos (AG Mayton, 2003) e outros trabalhos referidos por este autor.

No entanto temos de considerar que os efeitos da vibração de Corpo Inteiro são altamente dependentes de postura corporal. Na vibração de Corpo Inteiro, a postura e outros fatores podem-se combinar de forma complexa para causar qualquer lesão como refere Börje Rehn em "Musculoskeletal disorders and Whole-body vibration exposure" (Börje Rehn, 2004).

Se o valor de exposição e o valor limite de exposição são apropriados para uma dada situação, podem não ser bons indicadores de risco para outras situações. Num trabalho publicado por Bernard BP (Bernard BP, 1997), numa análise de 19 estudos selecionados, concluiu que há "fortes evidências de uma associação positiva entre a exposição à vibração de Corpo Inteiro e as lesões nas costas".

Da mesma forma, uma revisão de estudos epidemiológicos selecionados para atender a critérios específicos definidos por Bovenzi e Hulshof, concluiu que em ambos os estudos transversais e de corte havia "provas" de que a exposição à vibração ocupacional de Corpo Inteiro foi associada como aumentando o risco de dor lombar, dor ciática e alterações degenerativas da coluna vertebral, do sistema intervertebral, incluindo lombar e transtornos nos discos (Bovenzi M, 1998) .

Contra-argumentos para essas conclusões podem levantar preocupações sobre o envolvimento da postura sentada e outras atividades que causam o aumento do risco, os efeitos do envelhecimento, a falta de conhecimento do tipo e grau de exposição a vibrações, etc. Alguns desses fatores (por exemplo, a postura sentada, as tarefas de levantamento e a exposição associada de vibração) podem ter influenciado no passado o risco, desta forma, corrigir a sua influência por meios estatísticos, no momento do estudo, pode não ser suficiente.

A adequação de populações de controlo relativamente as quais os resultados são analisados deve ser também uma preocupação.

A resposta proporcional, a qualquer aumento do risco de distúrbios, associados à vibração de Corpo Inteiro, deve considerar a extensão em que a vibração aumenta o risco, no contexto de todos os outros riscos. Outros fatores (especialmente de elevação) são claramente mais associados a lesões.

Um estudo recente relativo a população ativa na Grã-Bretanha, indica que, independentemente da existência de vibração de Corpo Inteiro, que sendo uma causa potencial de lesão, não é uma causa importante para a lesão na zona inferior das costas (Palmer KT, 1999). Os estudos epidemiológicos sozinhos, não podem determinar a fórmula em que o valor da vibração, frequência de vibração, direção de vibração, a duração da exposição, a postura e outros fatores podem/devem ser combinados para prever a lesão na parte inferior das costas.

Para alguns desses fatores (por exemplo, frequência de vibração), o risco da exposição à variação está baseado em estudos de laboratório de biodinâmica, respostas subjetivas, ou fisiológicas (dando, por exemplo, ponderações de frequência). Destes estudos, não podem nem devem ser esperados resultados que permitam produzir métodos precisos de avaliação de vibração, mas sim estes métodos são usados para determinar se há correlações entre as lesões e a exposição a vibração (estudos epidemiológicos) e também para evitar o risco como na Diretiva Agentes Físicos Vibrações (R. WELLS, 1997). No entanto é possível que em estudos epidemiológicos se percam algumas correlações porque as medidas do tempo de exposição podem ser inadequadas.

É também possível que a Diretiva Agentes Físicos Vibrações não consiga controlar movimentos inadequados, porque os métodos de quantificação desses movimentos não são ideais. Isto aplica-se não só ao procedimento de avaliação da vibração (isto é, a obtenção de um valor a partir de uma única amostra de medição de vibração), mas também para a medição da vibração, a qual não pode ser baseada em exposições passadas (contribuindo para a indicação de lesões em estudos epidemiológicos atuais), ou baseadas em exposições correntes (a serem avaliadas de acordo com a Diretiva Agentes Físicos), que só irão possibilitar estudos epidemiológicos futuros. Este é um problema especialmente com exposições extremas ocasionais, incluindo choques.

3.2.6. Revisão da Legislação Europeia Atualmente em Vigor

As Diretivas da União Europeia (UE) são processadas através do Parlamento Europeu e do Conselho da UE. As diretivas são documentos legais e devem ser respeitadas pela introdução na legislação nacional dos países membros. O cumprimento dos requisitos de uma diretiva é da responsabilidade do país membro. As Diretivas da UE são a base das obrigações legais impostas aos empregadores e fabricantes em cada país membro.

Existem três diretivas comunitárias que abordam a vibração humana:

- **Diretiva 2002/44/CE** - Agentes Físicos (Vibrações); (Diretiva 2002 /44/CE - Parlamento Europeu e do Conselho, 2002)
- **Diretiva 2006/42/CE** - Segurança em Máquinas; (Diretiva 2006/42/CE - Parlamento Europeu e do Conselho, 2006)
- **Diretiva 2007/30/CE** - Têm em vista a simplificação e a racionalização dos relatórios relativos à aplicação prática das diretivas. Altera a Diretiva 89/391/CEE (Diretiva 89/391/CEE - Conselho Europeu, 1989) as suas diretivas especiais e as Diretivas 83/477/CEE, 91/383/CEE, 92/29/CEE e 94/33/CE do Conselho.

3.2.6.1. Aplicação da Diretiva 2002/44/CE - Agentes Físicos (Vibrações)

A história e análise da evolução da aplicação desta diretiva pode se consultada em "Workplace exposure to vibration in Europe: an expert review" (Patrice (Manu) Donati, 2008). A diretiva exige que as medições de vibração a sejam efetuadas de acordo com os procedimentos constantes nas normas internacionais, ou seja, ISO 5349-1 e ISO 2631-1 para HAV e VCI, respetivamente. Estas normas descrevem os procedimentos de medição, os dados a serem obtidos e os fatores de ponderação de frequência a ser aplicados.

As avaliações de exposição na diretiva vibração são com base numa exposição diária normalizada, um dia de trabalho de 8 horas. Para HAV é considerada a raiz quadrada da média da soma dos quadrados (RMS) dos valores de frequência ponderados de aceleração nas direções x, y e z, devendo ser considerados os valores para a pior mão, os quais são normalizados para 8 horas de exposição. Para a avaliação é VCI toma-se, de acordo com esta diretiva, o pior eixo, este é normalmente o do movimento vertical, ou seja, o eixo z. A avaliação é tanto em termos de frequência ponderada r.m.s ou o valor de dose de vibração (VDV). A VDV é usada apenas para a vibração de Corpo Inteiro, é baseada numa pesquisa que mostrou existir uma relação de 4ª potência entre o valor da vibração e o desconforto. A VDV tem um papel importante, proporcionando uma melhor indicação dos percursos com uma alta propensão aos choques ou "choques e impulsos". Cabe aos Estados-Membros escolher qual desses métodos de avaliação a adotar na sua legislação. Os valores limite de ação e os valores limite de exposição para os agentes físicos (vibrações) previstos na Diretiva estão indicados na Tabela 3.

Os empregadores são obrigados a minimizar os riscos de exposição à vibração, sempre que o "nível de ação" é excedido, devem minimizar a exposição e aumentar a vigilância da saúde.

Tabela 3 - Valores de Ação e Limite de Exposição - Diretiva 2002/44/CE

Vibrações	Valores de Ação	Valores Limite de Exposição
Mão - Braço	$2,5 \text{ m / s}^2 \text{ A(8)}$	$5 \text{ m / s}^2 \text{ A(8)}$
Corpo Inteiro	$0,5 \text{ m / s}^2 \text{ A(8)}$	$1,15 \text{ m / s}^2 \text{ A(8)}$
	0,5 VDV	1,15 VDV

Ultrapassar o "valor limite" exige medidas imediatas para reduzir a exposição para abaixo do valor limite. De seguida mostram-se os fluxogramas que devem ser seguidos de acordo com a diretiva da EU, estes são reproduzidos nas Figura 16 e 17 (Neil J.Mansfield, 2005).

Figura 13 - Metodologia para verificação das vibrações mão – braço de acordo com a Diretiva 2002 / 44 / CE

Figura 14 - Metodologia para verificação das vibrações Corpo Inteiro de acordo com a Diretiva 2002 / 44 / CE

3.2.6.2. Disposições Diversas - Períodos de Transição

Os Estados-Membros terão o direito de fazer uso de um período transitório máximo de cinco anos a partir de 6 de julho de 2005, que permite que um equipamento de trabalho que esteja em uso, e que foi dado aos trabalhadores antes de 6 de julho de 2007 seja utilizado, mas não permite que os valores-limite de exposição sejam ultrapassados, tendo em conta os últimos progressos técnicos e / ou as medidas organizativas tomadas. Isto é, possibilita a utilização de equipamentos que apresentem valores entre o valor de ação de exposição e o valor limite de exposição. Desta forma permite a utilização de um equipamento de trabalho que esteja em uso antes de 6 de Julho de 2007, não havendo indicação do limite dessa utilização. No que diz respeito, aos equipamentos utilizados nos sectores agrícola e florestal, os Estados-Membros terão o direito de prorrogar o período transitório máximo de até quatro anos, para um total de nove anos (até 6 de Julho de 2014).

3.2.6.3. Derrogações

No caso de transporte marítimo e aéreo, os Estados-Membros podem conceder derrogações em circunstâncias devidamente justificadas em relação à vibração de corpo inteiro, onde, dado o estado da arte e as características específicas do local de trabalho, não é possível cumprir o valor limite de exposição apesar das medidas técnicas e / ou organizacionais. Sempre que a exposição de um trabalhador a vibrações mecânicas seja habitualmente inferior aos valores "ação" de exposição, mas onde este valor varia consideravelmente ao longo do tempo e ocasionalmente, podendo exceder o valor limite de exposição, os Estados-Membros podem igualmente conceder derrogações. No entanto, o valor da exposição média no total de 40 horas deve ser menor do que o valor limite de exposição, e deve haver evidências que mostrem que os riscos de exposição para a atividade são mais baixos, que o valor de ação de exposição, e que o valor limite de exposição não é excedido. Essas derrogações podem ser concedidas pelos Estados-Membros, após consulta dos parceiros sociais de

acordo com as leis e práticas nacionais. Em cada quatro anos os Estados-Membros devem enviar à Comissão uma lista das derrogações, indicando as razões exatas e as circunstâncias que os levaram a conceder essas derrogações.

3.2.6.4. Aplicação Diretiva 2006/42/CE – Nova Diretiva Segurança Em Máquinas

A Diretiva Máquinas 2006/42/CE (Diretiva 2006/42/CE - Parlamento Europeu e do Conselho, 2006) substitui a antiga Diretiva 98/37/CE (Diretiva 98/37/CE - Parlamento Europeu e do Conselho, 1998). Esta diretiva já é mais específica que a anterior Diretiva Máquinas no que se refere a vibrações, indicando para além de medidas para minimizar este risco, a obrigação dos fabricantes, em indicar os valores esperados de exposição a vibrações, assim como especifica a metodologia para avaliar as vibrações. Ela como se pode verificar introduz mudanças na fórmula de cálculo das vibrações Corpo Inteiro, assim como esclarece e consolida as disposições da diretiva anterior, com o objetivo de melhorar a sua aplicação prática. A intenção da presente diretiva é que a legislação do país membro exija que os fabricantes considerem a segurança no projeto de instalações e máquinas e que a emissão de vibração seja reduzida a um valor tão baixo quanto possível. Esta diretiva passou a ser obrigatória após o período de transição em 2009. Justificando-se por isso, passados que são quase 10 anos desde a última alteração, olhar para a forma como está a ser aplicada a legislação em vigor sobre este risco, efetuando uma avaliação global da sua aplicação. Recordando também que as normas ISO, são normas de aplicação mundial e geralmente voluntária, não bastando por isso a sua transposição para a legislação para se atingirem os resultados pretendidos.

Estes requisitos encontram-se transpostos para a legislação portuguesa pelo Lei 103 de 2008 (Lei n.º 103/2008 - Assembleia da República, 2008).

3.2.6.5. Vibração Mão-Braço - Diretiva 2006/42/CE

Esta diretiva aplica a raiz quadrada das somas dos quadrados da aceleração ponderada nos três eixos, isto corresponde ao nível de exposição de oito horas. Consequentemente, os valores declarados não poderão exceder o valor da ação, isto é, devem ser inferiores a $2,5 \text{ ms}^{-2}$ r.m.s, respetivamente; a menos que a exposição seja inferior a oito horas por um dia. No entanto, de acordo com a norma ISO 5349 (1986, 2001), o valor de oito horas de $2,5 \text{ ms}^{-2}$ rms, não pode ser considerado uma exposição sem risco, uma vez que é esperado o início do branqueamento dedo em 10% das pessoas que, após 12 anos sujeitas a este valor de exposição.

3.2.6.6. Vibração Corpo Inteiro - Diretiva 2006/42/CE

A Diretiva 2006-42-CE, indica que os manuais de instrução para máquinas que provocam vibração de Corpo Inteiro devem especificar a aceleração equivalente a que o corpo é exposto, se exceder um valor declarado (atualmente uma aceleração de frequência ponderada de $0,5 \text{ ms}^{-2}$ rms), se não exceder este valor tal facto também deve ser declarado. Devendo declarar

— *Valor total das vibrações a que estão expostos os membros superiores, se for igual ou superior a $2,5 \text{ m/s}^2$. Se esse nível não ultrapassar $2,5 \text{ m/s}^2$, o facto deve ser mencionado,*

— *O mais alto valor médio quadrático da aceleração ponderada a que está exposto todo o corpo, se for igual ou superior a $0,5 \text{ m/s}^2$. Se esse nível não ultrapassar $0,5 \text{ m/s}^2$, o facto deve ser mencionado,*

— *a incerteza da medição”.*

Se estes valores não forem excedidos deve haver uma informação com esta indicação.

As vibrações de Corpo Inteiro são avaliadas de forma diferente na Diretiva Vibrações (Diretiva 2002 /44/CE - Parlamento Europeu e do Conselho, 2002), esta indica “ o mais elevado dos valores eficazes, ou o mais elevado dos valores

de dose de vibração (VDV) das acelerações ponderadas em frequência determinadas segundo os três eixos ortogonais (1,4 a w_x , 1,4 a w_y , a w_z , para um trabalhador sentado ou em pé)”, definindo nesta situação os valores de ação e limite de exposição, conforme indicados na tabela 4. Esta ultima Diretiva (Diretiva 2006/42/CE - Parlamento Europeu e do Conselho, 2006), altera a forma de cálculo, mas não faz qualquer referência a VDV, nem revê os valores de Ação e Limite de Exposição anteriormente indicados.

Uma argumentação possível é que face a análise efetuada sobre os dados dos fabricantes, para estes equipamentos, é a de que se um equipamento é declarado como tendo um valor de vibração inferior a $0,5 \text{ ms}^{-2} \text{ rms}$, não vai exceder o valor da ação, a menos que as exposições durem mais do que oito horas, assim sendo o valor de vibração declarado não é representativo da exposição a vibrações, durante as 8h de utilização do equipamento, donde não ser necessário ser declarado, devendo-se tomar como base para análise este valor ($0,5 \text{ ms}^{-2} \text{ rms}$).

3.2.6.7. Obrigação de Empregadores na determinação e avaliação dos riscos

De acordo com a atual legislação o empregador deve avaliar e, se necessário, medir os níveis de vibrações mecânicas a que os trabalhadores estão expostos. O nível de exposição às vibrações mecânicas pode ser avaliado por meio da observação das práticas de trabalho específicas e recorrendo a informações relevantes fornecidas pelo fabricante do equipamento. Essa operação é diversa da medição, que exige o uso de aparelhos específicos e de metodologia apropriada. Estas duas operações devem ser planeadas e realizadas pelos serviços competentes a intervalos regulares. Os dados obtidos a partir da avaliação e / ou medição do nível de exposição a vibrações mecânicas devem ser conservados de forma adequada, de modo a permitir a consulta numa fase posterior. O empregador deve dar especial atenção, ao proceder à avaliação do risco, para o seguinte:

- Nível, tipo e duração da exposição, incluindo a exposição a vibrações intermitentes ou a choques repetidos;
- Os valores limite de exposição e os valores de exposição estabelecidos nas atuais diretivas.
- Efeitos sobre a saúde e segurança dos trabalhadores em risco particularmente sensíveis;
- Efeitos indiretos sobre a segurança dos trabalhadores resultantes de interações entre as vibrações mecânicas e o local de trabalho ou outro equipamento de trabalho;
- Informações fornecidas pelos fabricantes do equipamento de trabalho de acordo com as diretivas comunitárias aplicáveis;
- A existência de equipamentos de substituição concebidos para reduzir os níveis de exposição a vibrações mecânicas;
- Prolongamento da exposição a vibrações de corpo inteiro para além das horas normais de trabalho sob a responsabilidade da entidade patronal;
- Condições de trabalho específicas, como situações de baixas temperaturas;
- Informação adequada resultante da vigilância da saúde, incluindo informação publicada, sempre que possível.

A avaliação de riscos deve ser registada num suporte adequado e ser mantida atualizada numa base regular.

3.2.6.8. Disposições Destinadas a Evitar ou Reduzir a Exposição

Com base na avaliação de riscos, o empregador deve determinar quais as medidas a tomar. Levando em conta o progresso técnico e a disponibilidade de medidas de controlo dos riscos na fonte, os riscos resultantes da exposição a vibrações mecânicas devem ser eliminados na origem e reduzidos ao mínimo. Uma vez que os valores de exposição "ação" sejam ultrapassados, o empregador deve estabelecer e implementar um programa de medidas técnicas e / ou organizativas destinadas a reduzir ao mínimo a exposição a vibrações mecânicas e os riscos que, tendo em conta, nomeadamente:

- Outros métodos de trabalho;
- A escolha do equipamento de trabalho adequado;
- O fornecimento de equipamento auxiliar destinado a reduzir o risco de lesões provocadas pelas vibrações, por exemplo assentos que efetivamente reduzam a vibração de corpo inteiro, ou pegas que reduzam as vibrações transmitidas ao sistema mão-braço;
- Programas adequados de manutenção do equipamento de trabalho, os sistemas de trabalho e local de trabalho;
- A conceção e disposição dos locais e postos de trabalho;
- Informação e formação adequada, para os trabalhadores;
- Limitação da duração e intensidade da exposição;
- Horário de trabalho apropriado, com períodos de repouso adequados;
- O fornecimento de roupas para proteger os trabalhadores expostos ao frio e a humidade.

Em qualquer caso, os trabalhadores não devem ser expostos acima do valor limite de exposição. Se, apesar das medidas tomadas pelo empregador, o valor limite de exposição for excedido, o empregador deve tomar medidas imediatas para reduzir a exposição abaixo do valor limite de exposição. Deve identificar as razões pelas quais o valor limite de exposição foi ultrapassado e corrigir as medidas de proteção e prevenção em conformidade, a fim de evitar que ele seja novamente ultrapassado.

3.2.6.9. Informação e Formação dos Trabalhadores

Em conformidade com a Diretiva-Quadro 89/391/CEE, o empregador deve garantir que os trabalhadores que estão expostos aos riscos devidos a vibrações mecânicas no local de trabalho e/ ou os seus representantes recebem informações e formação respeitantes aos riscos devidos a vibrações mecânicas, nomeadamente sobre:

- As medidas tomadas para aplicar a presente diretiva, a fim de eliminar ou reduzir ao mínimo os riscos devidos a vibrações mecânicas;
- Os valores limite de exposição e os valores de exposição;

- Os resultados da avaliação e medição das vibrações mecânicas efetuadas nos termos do artigo 4º da presente diretiva e lesões que possam resultar do equipamento de trabalho utilizado;
- Por que e como, detetar e notificar indícios de lesões;
- As circunstâncias em que os trabalhadores têm direito à vigilância médica;
- Práticas de trabalho, seguras.

3.2.6.10. Vigilância da Saúde

Os Estados-Membros devem aprovar disposições para assegurar a adequada vigilância da saúde dos trabalhadores. A vigilância da saúde deve ser conduzida para a prevenção e diagnóstico precoce de qualquer afeção relacionada com a exposição a vibrações mecânicas, conforme referido no artigo 8 da diretiva (Diretiva 2002 /44/CE - Parlamento Europeu e do Conselho, 2002).

3.2.7. Diretiva 2007/30/CE de 20 de Junho de 2007

A Diretiva 2007/30/CE (Diretiva 2007/30/CE - Parlamento Europeu e do Conselho, 2007) prevê por parte dos Estados-Membros a elaboração de relatórios de aplicação prática, que constituem uma das bases dos relatórios periódicos da Comissão sobre a aplicação das normas comunitárias relativas à segurança e à saúde dos trabalhadores. Esta situação já estava prevista na Diretiva 89/391/CEE, relativa à aplicação de medidas destinadas a promover a melhoria da segurança e da saúde dos trabalhadores no trabalho, assim como nas diretivas especiais na aceção do n.º1 do artigo 16º daquela diretiva. Conforme indicado nesta diretiva, de cinco em cinco anos, os Estados-Membros apresentam à Comissão um relatório sobre a aplicação prática das disposições da presente diretiva, indicando o ponto de vista dos parceiros sociais. O relatório deverá conter uma descrição das melhores práticas para prevenir as vibrações prejudiciais para a saúde e de outras formas de organizar o trabalho, bem como dos esforços efetuados pelos Estados-Membros para as divulgar. Com base neste relatório, a Comissão faz um balanço da aplicação da presente diretiva,

tendo em conta nomeadamente a investigação e os conhecimentos científicos no domínio, e informa o Parlamento Europeu, o Conselho, o Comité Económico e Social e o Comité Consultivo para a segurança, higiene e proteção da saúde no local de trabalho, propondo, se necessário, alterações. Entre as diretivas que constam deste relatório está a Diretiva 2002/44/CE.

3.2.8. Legislação Portuguesa Atualmente em Vigor

Em Portugal, a legislação específica existente é a resultante da transposição para a ordem jurídica nacional da Diretiva n.º 2002/44/CE, que transposta pelo Decreto-lei n.º 46/2006 (Decreto-Lei n.º 46/2006 - Assembleia da Republica, 2006), das Diretivas 2006/42/CE e 2007/30/CE, que foram transpostas pelo Decreto-lei n.º 102/2009 (Lei n.º 102/2009 - Assembleia da Republica, 2009).

3.2.8.1. Revisão das Normas para Avaliação do Risco em Portugal

Só as seguintes normas ISO se encontram transpostas para Português:

Tabela 4 - Normas, transcritas para Português

NP EN ISO 2631-1:2007-pt	Vibrações mecânicas e choque. Avaliação da exposição do corpo inteiro, a vibrações Parte 1: Requisitos gerais.
NP EN ISO 5349-1: 2009-pt	Vibrações mecânicas Medição e avaliação da exposição dos indivíduos às vibrações transmitidas pelo sistema mão-braço Parte 1: Requisitos gerais (ISO 5349-1:2001).
NP EN ISO 5349-2: 2014-pt	Vibrações mecânicas Medição e avaliação da exposição dos indivíduos às vibrações transmitidas ao sistema mão-braço Parte 2: Orientação para medições nos locais de trabalho (ISO 5349-2:2001).

Não se encontrando por exemplo traduzida a EN 14253:2003+A1 - Mechanical vibration - Measurement and calculation of occupational exposure to whole-body vibration with reference to health - Practical guidance.

Verificando a página web da ISO em (ISO, 2014), verificou-se ainda que a principal atenção é dada as normas para proceder a medições e análises em equipamentos com cerca de 60% das normas.

Tabela 5- Grupos de normas sobre vibrações

GRUPOS DE NORMAS SOBRE VIBRAÇÕES	Nº	%
13.160 - Vibração e choque relativamente ao ser humano	55	28,06%
17.160 - Medições de vibrações, choque e vibração	118	60,20%
21.120.40 - Equilibragem e balanceamento de máquinas	14	7,14%
91.120.25 - Protecção sísmica e vibração:	9	4,59%
TOTAL	196

Gráfico 3 – Nº de Normas sobre vibrações

Verifica-se no entanto que a ISO 2634-5, (ISO/CD 2631-5) - Mechanical vibration and shock -- Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks, se encontra em revisão, o que pode originar a revisão de alguns conceitos e formas de avaliação a VDV (ISO, 2015).

3.2.9. As metodologias propostas pelas Diretivas e Normas associadas

3.2.9.1. Vibração Mão-Braço

O método exigido para a medição e avaliação da vibração Mão-Braço nas duas diretivas é igual ao definido nas normas ISO 5349-1:2001 e ISO 5349-2:2001. A avaliação da exposição à Vibração Mão-Braço é baseada no cálculo do valor da exposição diária normalizada num período de oito horas de referência $A(8)$, que é expresso como a raiz quadrada da soma dos quadrados (o chamado "valor total " ou "valor eficaz") da frequência de valores de aceleração ponderada, determinada em três eixos ortogonais. O valor de exposição e o valor limite de exposição para a Vibração Mão-Braço estão ilustrados na figura 20, para durações de exposição diária variando de 1 segundo a 8 horas.

Figura 15- Valores de atuação vibração Mão-Braço, Fonte - *M J Griffin - Occup Environ Med 2004*

Embora o valor de ação de exposição e o valor limite de exposição sejam respetivamente de 2,5 e 5,0 ms^{-2} rms, para oito horas diárias exposição, os valores admitidos para exposições diárias com um tempo inferior de exposição são maiores, conforme indicado na tabela 7. Valores de vibrações (em ms^{-2} , rms) correspondentes exposição às vibrações transmitidas à mão e ao corpo inteiro;

valores de ação e os valores limite de exposição a agentes físicos (vibrações), de acordo com a Diretiva Europeia 2002/44/CE.

Tabela 6- Tempos de Exposição e Valores das Vibrações de acordo com a Diretiva Europeia.

Duração da Exposição	Vibrações Mão-Braço		Vibração de Corpo Inteiro			
	Valor de Ação	Valor Limite de Exposição	Valor de Ação		Valor Limite de Exposição	
	Método r.m.s.		Método r.m.s.	Método VDV	Método r.m.s.	Método VDV
1s	424,26	848,53	84,85	6,51	195,16	14,98
5s	189,74	379,47	37,95	4,36	87,28	10,02
10s	134,16	268,33	26,83	3,66	61,72	8,42
30s	77,46	154,92	15,49	2,78	35,63	6,40
60s	54,77	109,54	10,95	2,34	25,20	5,38
10m	17,32	34,64	3,46	1,32	7,97	3,03
20m	12,25	24,49	2,45	1,11	5,63	2,55
30m	10,00	20,00	2,00	1,00	4,60	2,30
40m	8,66	17,32	1,73	0,93	3,98	2,14
50m	7,75	15,49	1,55	0,88	3,56	2,02
1h	7,07	14,14	1,41	0,84	3,25	1,93
1,5h	5,77	11,55	1,15	0,76	2,66	1,75
2h	5,00	10,00	1,00	0,71	2,30	1,63
2,5h	4,47	8,94	0,89	0,67	2,06	1,54
3h	4,08	8,16	0,82	0,64	1,88	1,47
3,5h	3,78	7,56	0,76	0,61	1,74	1,41
4h	3,54	7,07	0,71	0,59	1,63	1,37
4,5h	3,33	6,67	0,67	0,58	1,53	1,33
5h	3,16	6,32	0,63	0,56	1,45	1,29
5,5h	3,02	6,03	0,60	0,55	1,39	1,26
6h	2,89	5,77	0,58	0,54	1,33	1,24
6,5h	2,77	5,55	0,55	0,53	1,28	1,21
7h	2,67	5,35	0,53	0,52	1,23	1,19
7,5h	2,58	5,16	0,52	0,51	1,19	1,17
8h	2,50	5,00	0,50	0,50	1,15	1,15
12h	2,04	4,08	0,41	0,45	0,94	1,04
16h	1,77	3,54	0,35	0,42	0,81	0,97
24h	1,44	2,89	0,29	0,38	0,66	0,87

Estes valores foram calculados através das equações:

Vibrações Mão-Braço - Método r.m.s.

$$a_{\text{action}} = 2.5 \left[\frac{8}{t_h} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Equação 6}$$

$$a_{\text{limit}} = 5.0 \left[\frac{8}{t_h} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Equação 7}$$

Vibração de Corpo Inteiro

Valor de Ação

Método r.m.s.

$$a_{\text{r.m.s.action}} = 0.5 \left[\frac{8}{t_h} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Equação 8}$$

Método VDV

$$a_{\text{VDV action}} = 0.5 \left[\frac{8}{t_h} \right]^{\frac{1}{4}} \quad \text{Equação 9}$$

Valor Limite de Exposição

Método r.m.s.

$$a_{\text{r.m.s.limit}} = 1.15 \left[\frac{8}{t_h} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Equação 10}$$

Método VDV

$$a_{\text{VDV limit}} = 1.15 \left[\frac{8}{t_h} \right]^{\frac{1}{4}} \quad \text{Equação 11}$$

Em que a duração da exposição, t_h , é expresso em horas.

A utilização da designada "energia equivalente" para calcular o valor de exposição e o valor limite de exposição, para outras durações diferentes das oito horas significa que os valores podem aumentar em proporção inversa da raiz quadrada do tempo de exposição.

A diretiva não limita o valor de exposição ou o valor limite de exposição a um período específico de exposição diária. Para durações mais curtas de exposições diárias (decorrente tanto exposições contínuas ou intermitentes), os valores referidos são extremamente elevados, como indicado tabela 10.

3.2.9.2. Cálculo das vibrações Mão-Braço

A forma de cálculo geralmente utilizada, conforme se pode observar pelos relatórios e indicações, é calcular as médias dos awd, sendo de seguida calculado o ahv. Os resultados desta metodologia são nos capítulos seguintes indicados como “ahv base MÉDIA awd”. No entanto olhemos para o que nos diz a norma, conforme referido no ponto 2.4 - Duração das medições do Anexo 2 - Vibrações Mão-Braço. O valor médio da amplitude de vibração de uma série de N amostras é dado por:

$$a_{hw} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{j=1}^N a_{hwj}^2 t_j}$$

Equação 12

Aplicando esta expressão para efetuar os cálculos obtemos conforme indicado no anexo 2 o chamado AHV NORMA, neste valor existe uma ponderação entre o tempo da medição e o valor verificado da vibração, uma vez que é considerado o valor a_{hwj}^2 multiplicado pelo tempo da medição.

É conveniente referir que nem as normas nem as diretivas referem a forma como os dados da amostra devem ser tratados, podendo da diferente forma de tratar os dados obterem-se resultados completamente diferentes, com a seguir se demonstra. Para além desta dúvida é importante referir que de forma explícita não é indicada a forma de verificar ou calcular a dimensão das amostras, nem o grau de confiança das mesmas para estas poderem ser consideradas significativas. Assim como não existe em toda esta legislação qualquer referência em como as organizações devem indicar e registar os equipamentos que podem expor os trabalhadores a vibrações, nem à forma de monitorizar os tempos de exposição.

3.2.9.3. Vibrações Transmitidas a Corpo Inteiro

O método utilizado para a medição e avaliação da vibração de Corpo Inteiro indicado na diretiva de 2002/44/CE, é igual ao definido na norma ISO 2631-1 (1997) a seguir referido. As avaliações usam a aceleração ponderada da frequência, com fatores de multiplicação aplicado ao sistema de eixos XYZ, como referido na norma ISO 2631-1 (1997) (isto é, $1,4 a_{wx}$, $1,4 a_{wy}$, a_{wz}). Nestes dois métodos (isto é, o valor eficaz r.m.s e a VDV), o eixo que apresenta o valor mais elevado, é o que deve ser usado na avaliação da gravidade da exposição. O valor de exposição e o valor limite de exposição de vibração de todo o corpo encontram-se indicados na Tabela 8 para exposições diárias entre 1 segundo e 24 horas. Ao utilizar medidas eficazes r.m.s, o valor de exposição e o valor limite de exposição são de 0,5 e $1,15 \text{ ms}^{-2} \text{ rms}$ para oito horas diárias exposições; os valores correspondentes a menores exposições diárias são maiores, conforme se verifica na tabela 8. Para quem está familiarizado com respostas humanas a vibração de Corpo Inteiro, as grandezas correspondentes a curtas exposições diárias em r.m.s, apresentam valores extraordinariamente alto quando se utilizam valores eficazes.

Ao usar o valor da dose de vibração, VDV, o valor de exposição e o valor limite de exposição são 9,1 e $21 \text{ ms}^{-1,75}$. Estes valores parecem ter sido definidos de modo que eles correspondem a 0,5 e $1,15 \text{ ms}^{-2} \text{ rms}$ para oito horas diárias exposição, quando a equivalência entre r.m.s e as medidas VDV é feita usando o valor da dose estimada vibração, e VDV ($eVDV = 1,4 a^{1/4}$). A utilização da "dependência da quarta potência" para calcular as acelerações r.m.s correspondentes ao valor de exposição e o VDV valor limite de exposição, significa que as grandezas aumentam na proporção inversa da raiz quarta da duração da exposição conforme equações 9 e 11. Para as exposições diárias com menos de oito horas, estas grandezas são menores do que aquelas que utilizam medidas eficazes r.m.s, com uma grande diferença para períodos muito curtos (ver tabela 7 e Figuras 18 e 19).

Para exposições diárias inferiores a oito horas, o método r.m.s. permite um maior valor de vibração. O leque de grandezas, especialmente aqueles para valores de curtas exposições diárias, parece mais razoável quando se utilizam medidas VDV, do que a ampla gama com grandezas muito elevadas "permitido" através de medidas eficazes r.m.s, como se pode observar nos gráficos seguintes.

Figura 16 - Diferenças verificadas entre VDV e rms vibrações de corpo Inteiro (1)

Figura 17 - Diferenças verificadas entre VDV e rms vibrações de corpo Inteiro (2)

Figura 18 - Valores de atuação vibração corpo inteiro, Fonte - M J Griffin - Occup Environ Med 2004 –

Vibração de Corpo Inteiro, valores-limite de exposição ($A(8) = 1,15 \text{ ms}^{-2} \text{ rms}$; $\text{VDV} = 21 \text{ ms}^{-1,75}$) e valores de exposição ($A(8) = 0,5 \text{ ms}^{-2} \text{ rms}$; $\text{VDV} = 9,1 \text{ ms}^{-1,75}$).

3.2.9.4. O que diz a Norma e os Guias de Boas Práticas para aplicação da diretiva 2002/44/CE

Conforme referido anteriormente, o método aplicado para a avaliação da vibração Corpo Inteiro indicado nos manuais e na diretiva 2002/44/CE é igual ao definido na norma ISO 2631-1, que nos indica “*no caso no caso de vibração de corpo inteiro, é o máximo dos valores encontrados em $1,4a_{wx}$, $1,4a_{wy}$, a_{wz}* ”.

Esta indicação é seguida pelo Guia de Boas Práticas para aplicação da Diretiva Vibrações (COMISSÃO EUROPEIA - EMPRESAS E INDÚSTRIA, 2010) o Guia Relacre 23 (RELACRE-23, 2014), a NTP 839 (INSHT, 2006b), e ainda na “Disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores relativas a la exposición a vibraciones mecánicas (Instituto Navarro de Salud Laboral, 2009), continuam a referir-se “*no caso no caso de vibração de corpo inteiro, é o máximo*

dos valores encontrados em $1,4a_{wx}$, $1,4a_{wy}$, a_{wz} ". Desta forma as metodologias, de cálculo aplicadas para a avaliação das vibrações de Corpo Inteiro, continuam a ser as referidas na norma (ISO 2631-1, 1997) e nos Guias de Boas Práticas para aplicação da diretiva 2002/44/CE. Estas são as metodologias aplicadas nos anexos, Anexo 2 - Vibrações Mão-Braço e Anexo 3 - Vibrações Corpo Inteiro. Sendo também as que estão a ser utilizadas em Portugal e Espanha, conforme por exemplo referido na NTP 839 e no Guia RELACRE 23.

Não nos podemos esquecer, que já em 1990, Mistrot, P, referia em *"Assessing the discomfort of the whole-body multi-axis vibration: laboratory and field experiments"* os resultados mostram que o melhor procedimento para prever o desconforto é combinar as entradas de vibração, tomando a raiz quadrada da soma dos quadrados dos valores ponderados de a vibração em cada um dos eixos em rms. (Mistrot, 1990)

3.2.9.5. Que fórmula de cálculo r.m.s, devo usar para avaliar as vibrações de Corpo Inteiro

Do anteriormente referido, duas coisas se podem deduzir, uma que o método VDV é normalmente ignorado em Portugal e na maior parte dos países da Europa com exceção de Inglaterra, outra que ainda não houve interesse em introduzir o legislado pela nova Diretiva Máquinas 2006-42-CE, que nos diz que para estes equipamentos deve-se considerar, "O mais alto valor médio quadrático da aceleração ponderada a que está exposto todo o corpo", isto é o valor eficaz, de notar que esta diretiva está em vigor desde 2009, sem se ver refletida a sua aplicação nos referidos guias em vigor. Esta diretiva, se bem que mais recente, não anula nem faz qualquer referência a diretiva 2002/44/CE. Existem portanto em vigor 2 formas para calcular e determinar o valor da exposição de corpo inteiro.

Para além desta incoerência, surge ainda outra situação referida por Nelson Costa na sua tese de doutoramento (Nélson Bruno da Costa, 2012), Dong, Welcome & McDowell (2011), escreveram uma "carta ao editor" da revista Applied Ergonomics. Nesta carta eles referem a necessidade de ter cuidado em utilizar

como resultados (os dados relativos a acelerações), referidos em algumas publicações científicas disponíveis através das bases de dados de pesquisa. Estes autores encontraram utilizações incorretas da fórmula que permite calcular o vetor soma das acelerações ponderadas (R.M.S.) para os três eixos ortogonais do corpo humano (Dong, et al., 2011). A fórmula, que possibilita a avaliação da exposição a vibrações do corpo inteiro (VCI), está descrita na normalização aplicável do seguinte modo (Equação 13):

$$a_v = \sqrt{k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2}$$

Equação 13

No entanto é utilizada por vários autores e por alguns laboratórios acreditados que efetuam as medições, a forma que está a seguir descrita (Equação 14), que segundo (Dong, et al., 2011) deve ser a utilizada, uma vez que a Equação 13 conduz a um desagravamento dos valores da exposição a VCI na ordem dos 10%.

$$a_v = \sqrt{1.4a_{wx}^2 + 1.4a_{wy}^2 + a_{wz}^2}$$

Equação 14

Na avaliação dos efeitos sobre a saúde, da exposição a VCI, os valores de k são, efetivamente, 1,4, 1,4 e 1, para os eixos do X, Y e Z, respetivamente. Na Equação 13 é possível verificar-se que o valor de k também deve ser elevado ao quadrado. Este tipo de cuidado na apresentação de comparação de Valores e Resultados não é novidade no seio da comunidade científica que se dedica ao estudo e caracterização da exposição ocupacional a VCI. Podemos verificar estas preocupações num artigo publicado em 1998 por Lewis & Griffin referido em (Neil J.Mansfield, 2005) e também citado por Nelson Costa (Nélson Bruno da Costa, 2012). Neste artigo, os autores procedem a uma exaustiva comparação entre os valores de exposição ocupacional a VCI obtidos com recurso a três normas diferentes. As normas em causa são a ISO 2631-1:1985, a BS 6841:1987 e a ISO 2631-1:1997. Na publicação deste artigo, referem os autores, que qualquer uma destas normas, poderia ser usada para calcular valores de exposição ocupacional a VCI e a partir desses valores, fazer inferências e julgamentos.

Na sua comunicação de 2004 relativa à avaliação de 48 autocarros urbanos, Melo & Miguel (2004) revelam ter encontrado uma diferença superior a 60% nos valores de exposição ocupacional a VCI. Este valor resultou da comparação dos resultados de exposição ocupacional a VCI obtidos pela aplicação do vetor soma (avh) similar a diretiva 2006-42-CE, com os resultados obtidos segundo a indicação da norma ISO 2631-1:1997. Sendo de referir que aqui também se continua a verificar a mesma situação relativamente as amostras e ao controlo do tempo de exposição.

Nesta tese e porque julgamos ser de todo o interesse, vamos analisar os resultados obtidos de acordo com a norma ISO 2631-1:1997, e as diferentes soluções possíveis para efetuarem os cálculos, comparando os resultados obtidos e diferenças encontradas nas medições de 85 equipamentos de acordo com a diretiva 2006-42-CE, e usando as equações 12 e 13.

3.2.9.6. O Valor Dose de vibração - VDV

Não podemos deixar de referir que já em 1982 Malachit, Levie e Rens, propunham *“Evaluation of exposure to whole-body vibration by dosimetry”* (Malachite, 1982), introduzindo o conceito de dose de vibração. Segundo Griffin em *“Minimum health and safety requirements for workers exposed to hand-transmitted vibration and whole-body vibration in the European Union; a review”* (Griffin M J, 2004). A escolha de oito horas para a equivalência entre o valor r.m.s. e valor de exposição VDV, para determinar o valor limite de exposição, parece arbitrário. Alguns argumentam, que há maior conhecimento de eventuais efeitos cumulativos de vibração de todo o corpo, com exposições em torno de quatro horas. A equivalência a quatro horas, teria aumentado o valor de ação de exposição e o valor limite de exposição VDV para todas as durações. A equivalência entre os r.m.s. e medidas VDV assume a dose de vibração estimado ($eVDV = 1,4 a_{rms} t^{1/4}$), mas o fator de multiplicação de 1,4 só se aplica a exposições contínuas, que não contenham choques. Ora numa exposição de oito horas é improvável que seja contínua, podendo existir muitas vezes choques.

O valor de dose de vibrações é, sem dúvida, mais simples do que métodos de medição r.m.s. No entanto, isso não é bem compreendido por alguns que se familiarizaram com os valores obtidos usando as medidas r.m.s. (podem não entender as equações matemáticas ou limitações do método) e estão assustados com um método relativamente novo VDV (com uma equação mais simples mas com unidades diferentes).

O método VDV pode ser visto com diferentes graus de sofisticação. Para muitos, isso pode ser suficiente para supor que se limita a definir uma relação diferente entre os valores r.m.s de vibração e o tempo de exposição, como se mostra pelos diferentes pontos indicados na figura 23, o método VDV indica menos alteração na amplitude de vibração para uma variação na duração da exposição, do que o método r.m.s. Os valores de dose de vibrações de acordo com a diretiva podem ser interpretados simplesmente desta maneira, de modo que os valores para qualquer duração pode ser calculada como nas equações 8, 9, 10 e 11 acima referidas, e como indicado na tabela 8.

A falta de compreensão dos valores de dose de vibração surge porque a base matemática subjacente do método, permite que ele seja utilizado para todos os tipos de vibração incluindo choques e não apenas a exposições ininterruptas e contínuas. Com a escassez atual, de conhecimento dos mecanismos de lesão associados com exposições ocupacionais a choques, não é possível dizer com confiança como tais movimentos devem ser avaliados. No entanto, parece razoável supor que para muitas exposições o valor de dose de vibrações proporciona orientação mais adequada do que a que permitem valores RMS, que são valores extremamente elevados para exposições de curta duração.

O VDV é inerentemente uma medida de dose. Ele acumula exposições de acordo com a dependência de energia da quarta potência, e assim só aumenta com o aumento da exposição. O método r.m.s. é um procedimento de média, é a média das exposições com base na "energia", que pode cair com o aumento da exposição. (Uma medição r.m.s pode ser reduzida, através da inclusão de períodos de baixa vibração no período de medição, no entanto esta situação não reduz a VDV). Tanto a VDV ou medida a r.m.s., uma exposição equivalente de

oito horas pode ser estimada a partir r.m.s., utilizando os valores medidos durante períodos mais curtos, isto é os períodos chamados “ períodos representativos”.

Para exposições contínuas no estado estacionário, os valores r.m.s podem ser suficientemente precisos, mas para exposições que variam significativamente de valor, que são intermitentes ou que contêm choques, as medições r.m.s pode introduzir erros significativos.

Na prática portanto, as medidas (r.m.s e VDV) podem ser melhoradas se forem obtidas durante longos períodos, o ideal é que a medição decorra durante um dia inteiro a exposição, embora isso seja difícil de conseguir, sem o recurso a artifícios que causam erros nas medições.

Exposições que sejam mais curtas ou mais longas do que oito horas, podem ser expressas por um valor equivalente a oito horas (de acordo com a Diretiva), ou qualquer outro período de exposição (por exemplo, 1 segundo, como no valor da dose de vibração). Quando se utiliza as medidas r.m.s., o valor de ação de exposição r.m.s. corresponde a uma dose de $84,85 \text{ ms}^{-1.5}$ e o valor limite de exposição r.m.s corresponde a uma dose de $195,16 \text{ ms}^{-1.5}$. Estas duas doses dão valores de $0,5 \text{ ms}^{-2}$ r.m.s. e $1,15 \text{ ms}^{-2}$ r.m.s. nas oito horas de exposição, mas valores diferentes para outros períodos de exposição, como mostrado nas colunas 4 e 6 da Tabela 8

Tanto as medidas VDV como as r.m.s., tal como definido na diretiva são medidas de dose (e ambas têm unidades que podem parecer estranhas, $\text{ms}^{-1.75}$ e $\text{ms}^{-1.5}$). A diferença fundamental é que o método VDV foi desenvolvido com um processo que avalia choques, choques repetitivos e vibrações intermitentes, para comparar a gravidade de exposições com durações muito diferentes.

Cada Estado-Membro da União Europeia pode escolher ou o método r.m.s ou o método VDV. Embora provavelmente inadequado para tais movimentos, a escolha do método r.m.s, vai permitir que seja utilizado um equipamento, em situações em que pode ocorrer uma aceleração elevada durante um período curto.

Uma vez que julgamos que estes movimentos (impulsos/choques) são mais suscetíveis de causar lesões, o uso do valor r.m.s para o valor de ação de exposição e para o valor limite de exposição é suscetível de ser sub-protetor para precisamente, as situações em que lesão de vibração de corpo inteiro, é considerada mais provável de ocorrer.

A minimização de qualquer risco associado a vibração de corpo inteiro pode envolver o balanceamento de exposições onde ocorram vibrações e choques, como nos assentos com suspensão, onde melhorando o isolamento da vibração pode ser obtido um bom resultado, o que não é verdade se o maior risco, provocado por impactos " end-stop", forem permitidos por insuficiente desenho na suspensão.

Ora onde ambas as situações estão presentes, o uso do método r.m.s incentivar a uma redução em " vibração " mas um aumento nos " choques ". Como mostrado pelos elevados níveis permitidos para exposições de curta duração na figura 20, os choques e outros eventos de curta duração não são limitados a níveis razoáveis com o método r.m.s.

Os elevados valores de vibração de curta duração que são " permitidos " utilizando o valor de ação de exposição r.m.s, e o valor limite de exposição r.m.s., são preocupantes. Para as exposições de 10 minutos, o valor de ação de exposição é de $3,5 \text{ ms}^{-2}$ r.m.s. e valor limite de exposição é de 8 ms^{-2} r.m.s., sendo ambas exposições potencialmente inseguras de acordo com a ISO 2631 (1997). Para 1 minuto, as exposições medidas em r.m.s., dão o valor de ação de exposição de $11,0 \text{ ms}^{-2}$ r.m.s e o valor limite de exposição é de $25,2 \text{ ms}^{-2}$ r.m.s. Estas condições de valores r.m.s, não podem ser consideradas seguras para qualquer pessoa num qualquer ambiente de trabalho. Para 10 minutos, as exposições medidas em r.m.s., dão o valor limite de exposição de 2,6 vezes superior ao valor limite de exposição VDV; para uma hora, as exposições r.m.s. dão o valor limite de exposição de 4,7 vezes superior ao valor limite de exposição VDV.

Esta grande discrepância é maior do que a grande incerteza reconhecida no conhecimento quanto aos riscos prováveis de diferentes durações de exposição a vibrações de corpo inteiro.

Os valores extraordinariamente altos de vibração de curta duração que são “permitidos” pelo método r.m.s, são tão grandes que deve considerar-se que muitos, no Parlamento Europeu, Conselho Europeu, e os seus assessores, não percebem ou não têm nenhuma consciência dos valores permitidos, em curtos períodos de tempo, que estão associados com os valores r.m.s, ou então não estão familiarizados com a gravidade destas magnitudes.

No entanto, embora estes níveis de vibração possam ser “tolerados” por alguns, que definem a orientação legislativa, os valores mais elevados são tão graves que não serão tolerados nem por aqueles que estão expostos à vibração, nem mesmo pelos próprios equipamentos, que apresentariam situações de fadiga do material ou mesmo a rutura, se tais situações se verificassem.

3.2.9.7. Que forma de cálculo VDV, devo usar para avaliar as vibrações de Corpo Inteiro

Conforme já foi indicado a norma ISO 2631-1 (1997) e Diretiva 2002/44/CE refere deve ser considerado “o mais elevado dos valores eficazes, ou o mais elevado dos valores de dose de vibração (VDV) das acelerações ponderadas em frequência determinadas segundo os três eixos ortogonais (1,4 a w_x , 1,4 a w_y , 1 a w_z), para um trabalhador sentado ou em pé”, situação que também é a indicada no “Guia não vinculativo de boas práticas para a aplicação da Diretiva 2002/44/CE” e noutros documentos.

Indicando que para as vibrações transmitidas a todo o organismo:

a) O valor-limite de exposição diária normalizada, correspondente a um período de referência de 8 horas, é fixado em $1,15 \text{ m/s}^2$ ou, à escolha do Estado-Membro, num valor de dose de vibrações de $21 \text{ m/s}^{1,75}$;

b) O valor de exposição diária normalizada, correspondente a um período de referência de 8 horas, que desencadeia a ação é fixado em 0,5 m/s² ou, à escolha do Estado--Membro, num valor de dose de vibrações de 9,1 m/s^{1,75}.

A Diretiva 2006/42/CE não faz qualquer referência ao valor VDV, referindo unicamente que se deve considerar para r.m.s. “ mais alto valor médio quadrático da aceleração ponderada a que está exposto todo o corpo, se for igual ou superior a 0,5 m/s². Se esse nível não ultrapassar 0,5 m/s², o facto deve ser mencionado”.

Já Griffin em 1998 no artigo “*A comparison of standardized methods for predicting the hazards of whole-body vibration and repeated shocks*”, (Griffin, 1998), referia que “ a confusão é grande nos métodos de medição, avaliação e análise da vibração de corpo inteiro e choques repetidos são indicados na ISO 2631 (1974, 1985), BS 6841 (1987) e ISO 2631 (1997). Este artigo apresenta uma comparação da orientação sobre os efeitos na saúde da vibração e choques repetidos descritos nessas normas. A International Standard 2631 (1974.1985) indica um conjunto de limites de exposição, a. British Standard 6841 (1987) define um procedimento de medição e avaliação (com base nas ponderações de frequência e no valor de dose de vibrações, VDV), que dá um nível de ação, que pode ser usado para avaliar a gravidade da vibração, e menciona algumas ações apropriadas (avaliação das condições físicas das pessoas expostas, definição dos procedimentos de segurança e dos controlos regulares de saúde). A norma ISO 2631 (1997) não é clara em diversas áreas importantes, indicando como por exemplo:

- Quais as posturas corporais e que eixos devem ser avaliados;
- Se as avaliações de vibração multi-eixo devem basear-se no "pior eixo" ou numa combinação da aceleração ponderada em frequência em todos os eixos;
- Porquê uma nova ponderação de frequência, W_k , é proposta para vibração vertical, quando a que está em uso está quase dentro do erro de tolerância da ponderação existente, W_b ;

- Porquê o fator de multiplicação 1,4 é usado para avaliar a vibração no que diz respeito à saúde, mas não no que diz respeito ao conforto;
- Como escolher entre as diferentes dependências de tempos (RMS global, VDV, avaliar em RMS e a não com a dependência do tempo); permitindo utilizar ambos ou o valor máximo de rms (i.e, MTVV) ou o valor de VDV;
- Etc.

E concluindo que a Norma Internacional para medir, e avaliar a exposição humana a vibração e choque recentemente revista irá causar confusão desnecessária”.

3.2.10. Análise dos Dados dos Fabricantes

Como nos refere Mansfield em “Variation in the vibration emission of rotary hammer drills - Under simulated work-site conditions” (Neil J Mansfield, 2006), na maioria dos casos, os valores de emissão de vibração, obtidos utilizando códigos de ensaio subestimam vibração que um operador será exposto ao usar a ferramenta no local de trabalho. Um outro problema com os dados dos fabricantes é que, geralmente apenas é fornecido um único valor por uma ferramenta. Isto é, apesar de muitos fatores que afetam a emissão de vibrações, incluindo onde está inserida este tipo de ferramenta, que trabalho está a realizar, técnica do operador, condição de ferramenta. Estão em vias de ser desenvolvidos novos códigos de ensaio melhorados.

Ou ainda o HSE que no seu trabalho “Correlation between vibration emission and vibration during real use - Nibblers and shears” (HSE - Health and Safety Executive 2007) que tendo efetuado uma análise a um conjunto de ferramentas manuais concluiu que “ não só a variação de vibração no corte para diferentes níveis de larguras metal com uma única ferramenta, mas também existem possíveis variações para os operadores entre as emissões em determinadas ferramentas com diferentes materiais, existindo ainda a possível variação dos níveis de vibração obtidos para um único operador numa única ferramenta trabalhando sobre um material.

No entanto no trabalho publicado “Variation between manufacturers’ declared vibration emission values and those measured under simulated workplace conditions for a range of hand-held power tools typically found in the construction industry” (Dr Andrew N Rimella, 2010) os autores concluem “Os resultados apresentados neste trabalho, pretendem ser representativas da medição de ferramentas. Deve-se ressaltar no entanto que a emissão de vibrações é função do operador, da tarefa, da ferramenta, da condição da ferramenta, dos acessórios, e dos materiais das peças, conseqüentemente, na prática, valores mais baixos são possíveis em condições perfeitas e valores mais elevados são possíveis em condições mais desfavoráveis. Os valores aqui apresentados podem ser tomados como valores típicos, mas, em determinadas circunstâncias (por exemplo, para a avaliação da exposição a vibrações de trabalhadores individuais ou trabalhadores por conta própria). Sendo necessário efetuar outras avaliações de risco. No entanto estas avaliações usam o fator multiplicativo tendo sido efetuadas antes da revisão das normas.

3.2.10.1. O objetivo com os padrões de emissão de vibração é comparar ferramentas

A vibração da ferramenta, é utilizada como o valor declarado de vibração associado com uma ferramenta. Tradicionalmente os valores declarados são usados para comparar diferentes ferramentas do mesmo tipo. Escolher a ferramenta com o menor valor declarado deve, normalmente, significar que são estas as ferramentas escolhidas uma vez que são as melhores no ponto de vista do operador. No entanto, existem algumas exceções. A potência produzida por uma ferramenta é frequentemente associada à emissão de vibrações. Por outro lado, uma ferramenta com maior potência pode muitas vezes fazer o trabalho mais rápido, ou menos sujeito a esforço pela própria ferramenta. Disto pode resultar uma exposição a um menor valor da vibração e um menor tempo de exposição à vibração. Os valores destinados a comparar ferramentas devem ser repetíveis e reprodutíveis e no desenvolvimento dos trabalhos os resultados devem-se manter baixos. O método também deve classificar as ferramentas numa ordem que é representável para os níveis de vibração que elas criam numa

situação de uso real. Esta é a ideia base dos atuais padrões de vibração para as ferramentas. Os valores não são necessariamente da mesma grandeza que os valores em uso real, mas regra geral estes valores devem estar corretos.

3.2.10.2. Os dados de entrada, para as avaliações de risco

Os valores de emissões declarados e publicados juntamente com as ferramentas têm sido muitas vezes criticados por subestimar os valores em uso real. Em muitos casos isto é verdade, principalmente porque os atuais padrões de medida série ISO 8662 (ISO 8662-1:1998), utilizam uma única direção em vez das três direções utilizados nas medições de exposição de vibração de acordo com a norma ISO 5349. Para ultrapassar este problema a CEN publicou um relatório técnico CEN TR 15350. Este relatório trata em detalhe o problema de usar os valores de emissão para fazer a avaliação do risco de avaliações. Neste relatório existem tabelas que dão os fatores de correção para a maioria dos tipos de ferramentas. Os fatores são destinados a corrigir o valor da emissão, quando usados como entrada para avaliar as vibrações.

3.2.10.3. Vibrações Mão-Braço

O princípio geral estabelecido na Diretiva Máquinas 2001/45/CE indica que a colocação no mercado e a entrada em serviço das máquinas e componentes de segurança abrangidos só é possível se não comprometer a segurança e a saúde de quem quer que seja. A diretiva refere que o fabricante deverá conceber e fabricar os equipamentos em função da avaliação de riscos que previamente deve ter realizado sobre o equipamento projetado, tendo particularmente em conta um conjunto dos princípios específicos. Com as Diretivas 2002/44/CE (vibrações) e 2006/42/CE é reforçada esta situação, contribuindo para evidenciar os problemas da vibração nas mais diversas atividades no âmbito da Segurança no Trabalho.

No entanto, a confusão é grande, no que concerne a sua aplicação (métodos e formas de cálculo), para além de existirem lacunas no esclarecimento

relativamente a alguns conceitos, como - Vibração da ferramenta, situação da utilização de ferramentas com vibração e exposição à vibração.

São três situações de vibrações com significados diferentes, que no entanto todas elas estão relacionadas como a aceleração da vibração em m/s^2 . É importante compreender as diferenças e como por exemplo, se o valor declarado da vibração da ferramenta pode ser utilizado para estimar o valor expectável da vibração quando a ferramenta esta a ser utilizada, nas análises iniciais do valor de exposição.

Vibração da ferramenta - é a emissão da vibração medida partir da ferramenta, e bem definida em condições de laboratório. A vibração da ferramenta é utilizada como a emissão de vibrações declarada e publicada juntamente com a ferramenta. Para a maioria das ferramentas elétricas a vibração da ferramenta não é medida de acordo com a série de normas ISO 8662. As ferramentas elétricas são medidas de acordo com EN 60745. Estas normas estão sob revisão, para seguir as exigências do novo padrão B-20643 e os requisitos da Diretiva Máquinas revista (2006/42/CE).

Vibração na utilização - é a vibração a que um operador é exposto, quando o equipamento ou a ferramenta é ligada e começa a trabalhar realizando um determinado trabalho. A vibração na utilização em conjunto com o tempo de exposição são os dados necessários para calcular a exposição diária a vibrações. O valor medido deve ser obtido mediante recomendações dadas nas respetivas normas ISO.

Exposição à vibração A(8) - é a vibração média a que um operador é exposto, é a média ao longo de todo o dia de trabalho de 8h. Este é o valor da exposição a vibração, que é usado nos regulamentos seguindo a diretiva agentes físicos (vibrações).

Figura 19- Exposição diária a vibrações

Na figura 24 as barras no diagrama representam vários valores de vibração, quando a ferramenta/equipamento está em utilização, isto é valores verificados durante as 8 horas de trabalho diário.

A média da vibração indicada nas Barras da utilização, é um valor ligeiramente acima $5m / s^2$. No entanto o $A (8)$ para estes valores de vibração é de cerca de $2,4 m / s^2$.

3.2.10.4. Entidades e/ou pessoas envolvidas

Existem três grupos que estão envolvidos nestas situações, como se pode ver na Fig 25:

- O fabricante das ferramentas é responsável pelo desenvolvimento e comercialização de ferramentas e equipamentos que não criem vibrações desnecessárias.
- O empregador é responsável pela segurança dos seus empregados. Como tal deve, sempre que possível, escolher as ferramentas que provocam um

valor baixo de exposição à vibração e monitorizar os equipamentos e o valor das vibrações, de forma a ir ao encontro do previsto na legislação.

- O operador é responsável por utilizar as ferramentas de acordo com as instruções de trabalho e parar ou reagir quando verifica que as vibrações são invulgarmente elevadas. O operador também representa a pessoa exposta a vibrações e, por conseguinte, a que será protegida da exposição a vibração desnecessária.

A exposição é ocasionada por o operador trabalhar com ferramentas com vibrações e/ou com outros objetos, tais como cabines de controlo em equipamentos maiores. A exposição a vibração também pode ser provocada por peças que estão a ser trabalhadas a mão durante um processo produtivo. Estas peças expõem o operador frequentemente a altas vibrações.

Os fabricantes são responsáveis por colocar no mercado ferramentas projetadas para emitirem baixas vibrações.

Assim como os empregadores são responsáveis por proteger os seus operadores de exposição à vibração excessiva.

Figura 20 - Os Operadores estão expostos a vibrações provenientes de diferentes fontes

3.2.10.5. A responsabilidade do empregador

O empregador deve seguir a legislação nacional em matéria de saúde e segurança para os seus trabalhadores. Até Julho de 2006, a lei difere de país para país, como resultado da Diretiva (2002/44EC), todas as regulamentações nacionais são mais equalizadas relativamente a agentes físicos (vibrações). As avaliações de risco devem ser feitas por todos os empregadores, que têm trabalhadores expostos a vibrações e cumprir o indicado nesta diretiva. A Figura 26 é um quadro completo das relações entre as diferentes normas e mostra como não é fácil entender esta interligação entre normas e legislação aplicada. Para evitar desnecessários mal-entendidos e alguma confusão é essencial entender como as diretivas e as normas estão ligadas entre si. Sendo de referir que esta responsabilidade começa na aquisição dos equipamentos como refere Isabel Nunes em “Riscos ocupacionais em políticas de aquisição de equipamentos” (Isabel Lopes Nunes, 2008).

Figura 21- A avaliação da exposição a vibrações

3.2.10.6. O desenvolvimento das normas de emissão revistas - A nova situação exige uma revisão das normas

Três importantes documentos foram publicados.

- A Diretiva (2002/44/CE) aumentou o interesse nos valores de emissão publicados, para servirem de base para a avaliação de risco
- ISO 20643:2005 - Mechanical vibration -- Hand-held and hand-guided machinery -- Principles for evaluation of vibration emission, é o standard B, que define as exigências sobre as normas que vem ser revistas.
- A diretiva Maquinas revista (2006/42/CE) requer a revisão de normas sobre os valores de emissão para serem aceites como base para as declarações da vibração.

EN-ISO 20643

Esta norma-B foi publicada em 2005. Ele exige que as séries de normas-C na presente ISO 8662 e EN 60745, sejam revistas, para dar valores que são representativos do quartil superior da gama de valores obtidos sob condições de trabalho típicas da máquina e medidas em conformidade com a norma EN ISO 5349-1. Para ser capaz de dar tais valores de medições deve, na maioria dos casos, a medição ser feita nas três direções. A revisão das normas C deve também apresentar os valores de emissão de vibração e incertezas, valores adequados para se fazer a comparação das emissões de máquinas do mesmo tipo, independentemente da data ou a localização do teste. A norma EN-ISO 20643 não afeta as normas de emissões existentes, uma vez que quando revistas elas devem ser atualizadas de acordo com esta norma.

A Diretiva (2002/44/CE) agentes físicos (vibrações)

A avaliação com base nos valores das normas emitidas e ainda não revistas, publicados pelos fabricantes, pode ser efetuada, utilizando os valores ajustados, pelos fatores de correção disponíveis para diferentes tipos de ferramentas indicados no relatório técnico CEN-TR 15350.

A Diretiva Máquinas revista (2006/42/CE)

Esta diretiva exige valores de vibração declarados do valor total da vibração (três direções), seguida pela informação da incerteza associada a estas medições. Para atender a esta exigência toda a série de normas ISO 8662 necessitou de ser revista.

Situação para a revisão da ISO 8662 e EN 60745

Toda a série ISO 8662 foi submetida a uma revisão. Para evitar confusão entre os valores já publicados de acordo com as atuais normas ISO 8662 e o das normas revistas, estas terão um novo número de série ISO 28927. As novas normas seguem o definido na norma ISO 20643. Estes valores podem, portanto, ser utilizados para as avaliações de risco exigidos pela diretiva agentes físicos (vibrações). Foi estabelecido um cronograma e um plano era ter todas as normas publicadas o mais tardar até Julho de 2009.

A ISO 28927-1:2009 - Hand-held portable power tools, teve de facto a sua primeira revisão em 2009, mas por exemplo a ISO 28927-12 (EN ISO 28927-12:2012- Hand-held portable power tools. Test methods for evaluation of vibration emission. Die grinders), só apresentou a sua revisão em 2012. Quando os valores apresentados, já o forem de acordo com a nova norma, os fatores de correção usados deixarão de o ser, assim como os valores obtidos de acordo com a ISO 8662.

A série EN 60745 parece ter progredido mais. Boa parte destas normas já se encontrando publicadas. Muitas das normas desta série são revisões da anterior Série 50144, mas algumas são apenas revisões de uma versão anterior de 60745. Em ambos os casos, o modo de distinguir os valores, são a data de publicação para a referência padrão.

3.2.10.7. Vibrações no local de trabalho e valores declarados pelos fabricantes

A pergunta que se deve colocar é?

“Como utilizar os valores de vibração declarados/publicados pelos fabricantes para efetuar a avaliação do risco que é a exposição a vibração?”

Os Valores de vibração medidos no local de trabalho não são os mesmos que os declarados pelos fabricantes?

Os valores declarados são medidos sob condições reproduzíveis, para que possam ser comparados e verificados.

No caso das ferramentas que provocam vibrações Mão-Braço, até 2010, os valores declarados para a maioria das ferramentas pneumáticas continuaram a ser medidos de acordo com a série ISO 8662, após esta data eles passaram a utilizar a série de normas ISO 28927. As Ferramentas elétricas são medidas de acordo com a serie EN 60745 (anteriormente a serie EN 50144). Os valores no local de trabalho dependem não apenas da vibração produzida pela ferramenta, mas também do tipo de trabalho, da condição, da qualidade da ferramenta utilizada, do estado de manutenção da ferramenta, do desenho da peça que se está a trabalhar, da postura ergonómica e física do trabalhador, como por exemplo nas ferramentas manuais a força de pega (força exercida pela mão do trabalhador ao segurar a ferramenta). A Diretiva Vibração no caso das vibrações Mão-Braço, requer que as exposições dos trabalhadores a sejam avaliadas de acordo com a norma ISO 5349-1: 2001 e, se necessário, medidas de acordo com ISO 5349-2: 2001 e as vibrações de Corpo Inteiro sejam avaliadas de acordo com a norma ISO 2631-1:1997. No entanto estas medições que são efetuadas no local de trabalho, são dispendiosas e consumidoras de tempo e têm uma incerteza de medida de 20% a 40% (ref ISO 5349-2:2001, cláusula 8).

Tabela 7- Evolução das normas para avaliar a emissão de vibrações Mão-Braço nas ferramentas

	<i>BASE</i>	EN-ISO 20643-2005	Diretiva 2006/42/CE, após 2009	<i>Novos Referenciais</i>
Ferramentas acionadas por ar	ISO 8662	Exige revisão destas normas em conformidade com a norma EN ISO 5349-1.	Exige valores de vibração do valor total da vibração (três direções), seguida pela informação da incerteza associada a estas medições	ISO 28927
Ferramentas elétricas	EN 50144			EN 60745

3.2.10.8. Como fazer estimativas aproximadas de exposição à vibração?

Em vez de concentrar inicialmente os recursos em encontrar a melhor estimativa da exposição a vibrações, considere a possibilidade de obter uma estimativa aproximada e usando essa estimativa, avaliar se a exposição do operador é mais ou menos suscetível de ultrapassar o Valor se Ação ou o Valor limite diário de exposição (VLE) ou, se for, pode-se achar que é melhor para usar outras alternativas para reduzir a exposição ao invés de estar a realizar medições. Se o valor declarado foi medido usando a série ISO-8662, a série EN 50144 ou pela série de normas EN 60745:2003, será um valor medido num único eixo. Os valores de ação e limite e exposição que se referem na Diretiva relativos as vibrações são valores totais (ou seja, valores de três eixos). No entanto, em muitos casos, estes valores de eixo único podem ser usados se multiplicados pelo fator de correção para estimar um valor de aproximado da vibração quando se está a utilizar a ferramenta, que, em conjunto com o tempo de trabalho estimado, este conjunto de dados pode ser utilizado para se fazer uma estimativa grosseira da exposição diária a vibrações. As informações sobre como fazer isso são dadas no CEN/TR 15350: 2006, "Vibração mecânica - Orientação para a avaliação da exposição a vibrações transmitidas à mão - usando informações disponíveis, incluindo a prevista pelos fabricantes de máquinas."

A NTP 792 (INSHT, 2006b), relativamente aos dados dos fabricantes diz-nos que os valores de emissão são obtidos mediante a aplicação dos códigos de

ensaio harmonizados estabelecidos pelos comités europeus e internacionais de normalização, e que de acordo com o documento técnico CEN / TR 15350: 2006 para resolver a situação, os valores da emissão declarados pelos fabricantes, utilizando normas ainda não revistas, deve na maioria casos, multiplicar o valor por um fator de acordo com o tipo de produto:

- Ferramentas de motores de combustão: **x1**
- Ferramentas pneumáticas: **x1,5 a 2**
- Ferramentas elétricas: **X1.5 a 2**

Para mais informações sobre os fatores de correção, recomenda-se a utilização das tabelas D.3, E.1 e F.1 do documento técnico CEN / TR 15350: 2006. Quando os fabricantes declaram valores de emissão de vibração inferior a $2,5 \text{ m/s}^2$, então dever-se-ia usar esse valor multiplicado pelo fator correspondente.

Se o fabricante declarar valores de emissão inferiores a $2,5 \text{ m/s}^2$, e é feita referência a normas publicadas anteriormente a EN ISO 20643: 2005, é recomendável a utilização de $2,5 \text{ m/s}^2$, para a avaliação da exposição em vez de tomar o valor declarado de vibração. Quando não existe informação adequada e existe uma gama de fatores de multiplicação, então deve-se usar o maior fator.

As localizações de medições especificadas nas normas com o fim de determinar os níveis de emissão de vibrações podem não ser apropriadas para a medida de exposição. Às vezes, o ponto real de pega da ferramenta não coincide com o ponto que foi utilizado na pega da ferramenta para se realizar o teste.

Em geral, os ensaios de tipo padrão identificam apenas um local de medição e um eixo. Muitos códigos europeus harmonizados estão atualmente em revisão.

3.2.11. Bases de Dados Europeias sobre Vibrações

A existência de bases de dados que estivessem disponíveis gratuitamente, com as informações sobre valores declarados nos manuais para ferramentas equipamentos e máquinas, obrigatórios de acordo com a diretiva supra citada,

devia estar amplamente generalizada. Estas bases deviam estimular os compradores a seleccionar o equipamento com o menor nível de vibração, que atenda às suas necessidades. No entanto esta situação ainda não se verifica, existindo algumas bases que nos dão algumas indicações, umas generalistas ou específicas para um tipo de vibrações, como por exemplo. Temos casos como por exemplo:

- CDC NIOSH - PowerTools Database ([CDC NIOSH, 2011](#))
- INSHT Espanha (INSHT, 2011),
- PAF (PAF - Physical Agents Portal, 2010),
- UMEA University (UMEA University, 2012),

Embora seja tentador usar os resultados declarados para estimar HAV ou VCI, isso pode ser enganador. Pela sua própria natureza, um teste padrão ISO prescreve as condições de ensaio e, portanto, não dá dados precisos sobre a ferramenta ou tipo de uso da máquina, como referido no “Guia Para Aplicação da Diretiva 2006/42/EC-EC 2010” (COMISSÃO EUROPEIA - EMPRESAS E INDÚSTRIA, 2010), as “Condições de funcionamento têm uma forte influência sobre as vibrações emitidas pelas máquinas”. A medição das vibrações deve, portanto, ser levada a cabo sob condições de operação representativas”.

Existem relatórios recentes do HSE de Heaton e Hewitt [2011a, 2011b] (Marion Burgess BSc (Hons) MSc (Acoust) and FAAS, 2012), a avaliar os testes padrão ISO para verificar a repetibilidade de valores e facilidade da utilização assim como verificar se é válida a sua reprodutibilidade, para outros cortadores mecânicos de relva e corta-sebes. Ambos os relatórios recomendam cautela no uso dos valores declarados para a avaliação dos níveis de vibração Mão-Braço e indicaram algumas dúvidas sobre estes valores para estabelecer uma ordem hierárquica com base nos dados de vibração declarados. No entanto, deve notar-se que tais problemas ocorrem, quando os resultados de um procedimento de ensaio da norma ISO são utilizados para representar uma gama mais ampla de aplicações.

A aplicação da recente Diretiva Máquinas tem sido um incentivo positivo para as boas práticas na conceção de equipamentos e nos equipamentos fabricados e importados para países europeus. O requisito para os fabricantes

declarem os valores conduziu a uma consideração cuidadosa da concepção do produto, tendo com resultado uma redução do HAV ou VCI. Sendo melhorados os resultados, isto pode ser utilizado como uma vantagem competitiva ou desvantagem na comercialização destes equipamentos. Ilustrando-se a seguir exemplos destas informações:

Informações sobre ruídos/vibrações Valores de medição determinados de acordo com a norma EN 60745 Valores totais de vibração (soma dos vetores das três direções).	
	Valor de emissão de vibrações ahv	5.5 m/s ²
	Incerteza K	1.5 m/s ²
	O nível sonoro da ferramenta eléctrica classificado com A é normalmente: nível de pressão sonora 82 dB(A); nível de potência sonora 93 dB(A). Incerteza K= 3 dB.	

Figura 22 - Lixadora eléctrica BOSCH PSS 200 AC com indicação dos valores de vibrações

DKR 36: Perfuradora/estilhaçadora pneumática Informações sobre ruídos/vibrações	
	Níveis de vibração 3 eixos, perfuração (ISO 28927-10) **	20.2 m/s ²
	Níveis de vibração 3 eixos, demolição (ISO 28927-10) **	21.2 m/s ²
	Nível de ruído garantido, L _w (2000/14/CE)**	103 dB(A)
	Nível de pressão sonora (ISO 11203)** L _p , r=1m	88 dB(A)

Figura 23 - Martelo Pneumático ATLAS COPCO DKR 36 com indicação dos valores de vibrações

Outro exemplo disto é mostrado na Tabela 9 para uma serra mecânica Europeia, onde o fabricante afirma claramente "baixa vibração", como uma das cinco principais características promocionais para este item.

Tabela 8 - Exemplo de publicidade do fabricante europeu de equipamentos, que inclui baixa vibração como uma das cinco principais características.

STIHL®					Não é necessária nenhuma acção.		
					É necessária uma acção.		
					A duração da exposição tem de ser reduzida.		
Modelo	Duração da exposição diária [h]	Modo de operação (ponto morto/ plena carga/ velocidade máxima nominal)	Norma	Nível de vibração equivalente manipulo esquerdo a hv, eq [m/s²]	Nível de vibração equivalente manipulo direito a hv, eq [m/s²]	Exposição diária a vibrações manipulo esquerdo A(8) [m/s²]	Exposição diária a vibrações manipulo direito A(8) [m/s²]
MS 150 C-E	3,7	1/3 LL - 1/3 VL - 1/3 HD	ISO 22867	4,9	4,9	3,3	3,3
MS 150 TC-E	3,7	1/3 LL - 1/3 VL - 1/3 HD	ISO 22867	4,9	4,9	3,3	3,3
MS 170	3,7	1/3 LL - 1/3 VL - 1/3 HD	ISO 22867	5,2	5,5	3,5	3,7
MS 170-D	3,7	1/3 LL - 1/3 VL - 1/3 HD	ISO 22867	4,3	6,2	2,9	4,2
MS 171	3,7	1/3 LL - 1/3 VL - 1/3 HD	ISO 22867	4,0	4,5	2,7	3,1
MS 171 C-BE	3,7	1/3 LL - 1/3 VL - 1/3 HD	ISO 22867	3,5	3,5	2,4	2,4
MS 180	3,7	1/3 LL - 1/3 VL - 1/3 HD	ISO 22867	6,6	7,8	4,5	5,3
MS 180 C-B	3,7	1/3 LL - 1/3 VL - 1/3 HD	ISO 7505	6,6	7,8	4,5	5,3
MS 180 C-B D	3,7	1/3 LL - 1/3 VL - 1/3 HD	ISO 7505	6,6	7,8	4,5	5,3
MS 181	3,7	1/3 LL - 1/3 VL - 1/3 HD	ISO 22867	3,5	3,0	2,4	2,0
MS 181 C-BE	3,7	1/3 LL - 1/3 VL - 1/3 HD	ISO 22867	3,5	3,0	2,4	2,0
MS 192 C-E	3,7	1/3 LL - 1/3 VL - 1/3 HD	ISO 22867	4,6	4,6	3,1	3,1
MS 192 T	2,4	1/3 LL - 1/3 VL - 1/3 HD	ISO 22867	2,9	3,1	1,6	1,7
MS 192 TC-E	2,4	1/3 LL - 1/3 VL - 1/3 HD	ISO 22867	2,9	3,1	1,6	1,7

Conforme (STIHL, 2014)

Fabian Gwosdz das operações europeias da Stihl, identificou que a produção ferramentas de baixo nível de ruído e de baixa vibração não deve comprometer o peso ou desempenho das mesmas [comunicação privada, Paris, 2011]. Alguns modelos iniciais de motosserras com níveis de ruído melhorado e funcionalidades anti vibração, não foram sucessos de comercialização, devido ao maior peso e desempenho mais lento de corte, que são características essenciais para o uso profissional. As empresas aprenderam, e estão agora a desenvolver técnicas para obter um mais baixo nível de ruído e vibrações, mantendo o desempenho e, consequentemente, a aceitação por parte dos profissionais.

Globalmente, a nova Diretiva Máquinas parece ter levado a melhorar o projeto de instalações e equipamentos na Europa, reduzindo assim as emissões de vibração e isto deve, a longo prazo reduzir o risco nas tarefas que envolvam exposição a vibrações. Uma análise mais detalhada sobre esta situação é efetuada nos pontos seguintes e nos Anexos 2 e 3 em “Análise de Dados dos Fabricantes”.

3.3. Número de Trabalhadores Expostos

3.3.1. Número de trabalhadores expostos a vibrações em Portugal

Em Portugal não existem estudos conclusivos sobre o número de trabalhadores expostos a vibrações, salvo algumas análises efetuadas nas teses de mestrado e/ou doutoramento envolvendo um reduzido número de empresas e trabalhadores. Olhando para os resultados publicados pela PORDATA (Fundação Francisco Manuel dos Santos, 2015), a mais importante base de dados sociais existente em Portugal, relativos ao investimento dos municípios (grandes donos de obra), no ponto de vista da proteção ambiental para Ruído e Vibrações temos:

Tabela 9- Dados das despesas dos Municípios relativas a Ruído e Vibrações

Anos	Total	Protecção da qualidade do ar e clima	Gestão de águas residuais	Gestão de resíduos	Protecção e recuperação dos solos, de águas subterrâneas e	Protecção contra o ruído e vibrações	Protecção da biodiversidade e paisagem	Outros domínios
1990	421.814,1	x	x	40.257,6	x	x	4.346,8	x
1991	315.999,4	x	x	92.363,2	x	x	4.966,6	x
1992	412.547,1	x	x	97.231,9	x	x	11.195,0	x
1993	397.628,6	1.170,8	180.707,7	143.587,1	3.993,2	94,3	46.177,2	21.898,2
1994	373.963,5	118,1	153.813,6	153.693,4	1.642,2	159,5	52.375,8	12.160,8
1995	395.511,0	39,0	171.574,4	166.247,7	86,1	186,1	41.231,1	16.146,5
1996	463.745,8	77,7	202.783,4	201.399,0	118,5	60,6	37.920,4	21.386,1
1997	504.824,4	45,7	241.958,9	210.274,5	162,2	69,6	32.557,5	19.756,1
1998	± 370.157,9	± 12,1	± 136.699,8	± 181.640,4	± 75,2	± 770,6	± 43.456,6	± 7.503,2
1999	451.269,6	76,4	172.350,2	218.533,7	53,6	265,8	50.957,5	9.032,4
2000	501.221,1	85,9	194.784,9	248.148,0	124,2	87,8	47.981,7	10.008,5
2001	545.502,7	172,0	194.276,0	286.793,7	60,0	161,0	56.059,0	7.981,0
2002	575.419,9	137,0	177.275,0	338.287,2	5.069,0	292,0	45.230,6	9.129,1
2003	599.637,2	153,0	179.125,0	356.414,7	4.433,0	408,0	49.407,9	9.695,6
2004	606.983,8	580,0	186.279,0	347.090,0	2.567,0	1.058,0	52.251,6	17.158,3
2005	640.613,0	147,0	183.400,0	374.459,0	2.802,0	1.021,0	61.097,0	17.687,0
2006	± 524.027,0	± 121,0	± x	± 401.598,0	± 4.644,0	± 738,0	± 86.141,0	± 30.785,0
2007	574.361,0	49,0	x	432.880,0	4.761,0	1.323,0	119.925,0	15.423,0
2008	609.332,0	186,0	x	462.880,0	3.812,0	956,0	124.771,0	16.727,0
2009	624.929,0	221,0	x	475.724,0	1.592,0	1.312,0	128.709,0	17.371,0
2010	602.951,0	227,0	x	458.565,0	1.497,0	1.401,0	126.297,0	14.964,0
2011	591.689,0	451,0	x	456.643,0	1.415,0	1.442,0	116.012,0	15.726,0
2012	569.734,0	738,0	x	440.217,0	1.376,0	2.340,0	111.516,0	13.547,0
2013	592.326,0	705,0	x	461.084,0	814,0	1.172,0	116.959,0	11.592,0

Dados obtidos em www.pordata.pt a 12-06-2015

3.3.2. Número de trabalhadores expostos a vibrações na Europa

Para termos uma real perceção deste problema temos de olhar obrigatoriamente para o número de trabalhadores envolvidos i.e. expostos a vibrações. Um estudo tão detalhado quanto possível sobre esta situação, baseado nos dados do “European Working Conditions Surveys” (EWCS) (EUROFOUND, 2010) e BIBB/IAB survey 2005/06 (Daniela Rohrbach-Schmidt, 2009), Fifth European Working Conditions survey - 2010 , V Encontro Nacional de Condiciones de Trabajo, 2003 (INSHT-MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES, 2011), Workplace exposure to vibration in Europe - an expert review (Patrice (Manu) Donati, 2008), Statistics on Occupational Diseases 2012, Statistics on Occupational Diseases 2012 (Work, 2012), Health and safety at work in Europe (1999-2007) A statistical portrait(Eurostat, 2010), de entre outros, encontra-se descrito no “Anexo 1 - Dimensão do Problema”. De referir que estes estudos são publicados de 5 em 5 anos, sendo os dados disponíveis do último estudo relativos a 2010. Vamos por isso neste ponto reter os dados julgados mais importantes.

Gráfico 4- Percentagem total de trabalhadores expostos a vibração na Europa

Em ferramentas manuais, máquinas, etc. em pelo menos um quarto do tempo por país (Eurofound, quinta avaliação EWCS)

Na exposição global de trabalhadores expostos surge em primeiro a MK (Macedónia) seguida pela HU (Hungria) e pela TR (Turquia), *Portugal* ocupa o quarto lugar e a *Espanha* ocupa o décimo nono lugar.

3.3.2.1. Grau de exposição

São as seguintes as percentagens de trabalhadores expostos a vibrações na Industria e nos Serviços.

Tabela 10 - Exposição a vibrações no local de trabalho na Industria

Na INDUSTRIA:	1995	2000	2005	2010
EC12	38,6%	45,0%	48,5%	48,4%
EC15	39,1%	44,9%	48,1%	48,1%
EC27		43,5%	47,1%	47,5%
PORTUGAL	47,3%	44,9%	57,7%	59,8%
ESPAÑA	43,7%	50,6%	52,3%	54,4%

Gráfico 5 - % Exposição a vibrações no local de trabalho na Industria

Tabela 11 - Exposição a vibrações no local de trabalho nos Serviços

Nos SERVIÇOS:	1995	2000	2005	2010
EC12	12,6%	11,3%	12,0%	12,0%
EC15	12,5%	11,3%	12,0%	12,0%
EC27		11,6%	12,3%	12,0%
PORTUGAL	16,0%	12,5%	14,9%	16,4%
ESPAÑA	17,5%	18,1%	12,7%	12,3%

Gráfico 6 - % Exposição a vibrações no local de trabalho nos Serviços

Quer Portugal quer Espanha apresentam valores superiores aos das médias verificadas para a EC na Indústria e nos Serviços, apresentando Portugal um crescimento significativo do nível de exposição nos 2 últimos inquéritos, assim como valores proporcionalmente mais elevados que Espanha em 2005 e 2010.

3.3.2.2. Tempos de exposição

Relativamente ao tempo de exposição encontramos uma descrição mais detalhada no Eurofound, quarta avaliação (EWCS), de acordo com o trabalho “Workplace Exposure To Vibration In Europe An Expert Review”. No inquérito

ECWS 2010 na resposta a pergunta, “Q23A - Por favor, diga-me, utilizando a seguinte escala, você está exposto a vibrações no local de trabalho provocadas por ferramentas manuais, máquinas, etc?”, obtivemos as seguintes respostas na Europa a 27.

Tabela 12- Percentagem de trabalhos expostos a vibrações nos locais de trabalho

Total	1995			2000			2005			2010		
	Menos de 1/4 do tempo	No mínimo de 1/4 do tempo	Nº Resp	Menos de 1/4 do tempo	No mínimo de 1/4 do tempo	Nº Resp	Menos de 1/4 do tempo	No mínimo de 1/4 do tempo	Nº Resp	Menos de 1/4 do tempo	No mínimo de 1/4 do tempo	Nº Resp
EC12	78,4%	21,6%	12742	77,5%	22,5%	17075	76,6%	23,4%	11722	78,2%	21,8%	19253
EU15	78,2%	21,8%	15936	77,5%	22,5%	21622	76,8%	23,2%	14813	78,3%	21,7%	22265
EU27				76,6%	23,4%	32583	75,7%	24,3%	25356	77,5%	22,5%	35140

Onde se pode confirmar que pelo menos entre 22,5% e 25% dos trabalhadores expostos a vibrações, têm um tempo de exposição mínimo de 1/4 do tempo de trabalho, isto é cerca de 2 horas. No entanto olhando para os dados indicados no Anexo 1, temos:

Tabela 13 - Duração da Exposição dos trabalhadores expostos a vibrações

Duração da Exposição	EU-27
O Tempo todo (8H)	5,50%
Quase todo o tempo ≈ (8H)	5,00%
Por volta de 3/4 do tempo (6H)	2,80%
Por volta de 1/2 do tempo (4H)	4,00%
Por volta de 1/4 do tempo (2H)	7,00%
TOTAL	24,30%
Quase nunca	11,10%
Nunca	64,70%

Por estes dados podemos afirmar que cerca de 35% dos trabalhadores na Europa estão expostos a vibrações no local de trabalho, se bem que 11,10% nos refiram que quase nunca se encontram expostos. Estes números são confirmados pela análise mais detalhada apresentada no Anexo 1, conforme já foi referido.

3.3.2.3. Exposição por setor de atividade

O gráfico seguinte (Gráfico 7) mostra a exposição por setor de atividade, onde se verifica que a maior parte da exposição encontra-se na Construção Civil (25% dos trabalhadores), Indústria e Minas (20%), Agricultura e Pescas (15%), Abastecimento de Eletricidade, Gás e Água (15%) e Transporte e Comunicação (10%). No que diz respeito à construção, a maior preocupação é representada pelo uso de ferramentas vibratórias manuais, enquanto na agricultura uma alta percentagem são os trabalhadores que operam as máquinas móveis (tratores), que dão principalmente origem a VCI. Os resultados dos EWCS são amplamente apoiados por pesquisas nacionais, realizadas em alguns países.

Gráfico 7 - Valores aproximados de exposição à vibração por setor de atividade económica (Eurofound, 4ª EWCS)

3.3.2.4. Exposição de acordo com a idade

Como indicado no Eurofound's 2005 EWCS, os dados apresentados no Gráfico 7 seguinte, a exposição ocupacional à vibração muda por idade e em alguns aspetos de acordo com o setor. Utilizando os dados do mesmo inquérito temos:

Tabela 14 - Exposição de acordo com a idade – EU a 15

Anos	1995			2000			2005			2010		
	Menos de 2h	Mais de 2h	N	Menos de 2h	Mais de 2h	N	Menos de 2h	Mais de 2h	N	Menos de 2h	Mais de 2h	N
Menos 30	77,7%	22,3%	3987	78,6%	21,4%	5212	75,3%	24,7%	2886	78,8%	21,2%	4144
Entre 30 e 49	79,0%	21,0%	8603	76,7%	23,3%	12081	77,0%	23,0%	8045	78,6%	21,4%	11754
Mais de 50	77,0%	23,0%	3346	78,4%	21,6%	4352	78,0%	22,0%	3928	77,5%	22,5%	6352
Total	78,2%	21,8%	15936	77,5%	22,5%	21645	76,8%	23,2%	14859	78,3%	21,7%	22250

		Mais de 2h			
		1995	2000	2005	2010
EU15	Menos 30	33,6%	32,8%	34,9%	32,6%
	Entre 30 e 49	31,7%	34,5%	34,0%	33,2%
	Mais de 50	34,7%	32,8%	31,1%	34,1%
	Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Gráfico 8 - % de trabalhadores expostos de acordo com a idade Mais de 2h

		Menos de 2h			
		1995	2000	2005	2010
EU15	Menos 30	33,2%	33,5%	32,9%	33,5%
	Entre 30 e 49	33,8%	33,0%	33,1%	33,4%
	Mais de 50	32,9%	33,5%	34,0%	33,1%
	Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Gráfico 9 - % de trabalhadores expostos de acordo com a idade Menos de 2h

Não se encontram variações significativas no número de trabalhadores expostos em menos de 2h, relativamente a idade. Em termos gerais, a distribuição pela gama de idades em cada um dos sectores é similar ao do número de trabalhadores envolvidos, em geral. No entanto, é interessante notar que os trabalhadores mais velhos (55 + anos) têm duas vezes uma maior proporção de trabalhadores expostos na agricultura em comparação com a construção e 1,5 vezes em comparação com a fabricação. Embora a diferença não seja tão grande no caso dos trabalhadores mais jovens (15-24 anos), este grupo toma uma proporção maior no caso de trabalhadores expostos na Construção em comparação com a Indústria Fabril ou a Agricultura. Nos dados da EWCS, encontramos dados mais recentes:

Gráfico 10 - Exposição de acordo com a idade por setor de atividade

Gráfico 11 - Exposição de acordo com a idade por setor de atividade Eurofound's 2010

3.3.2.5. Trabalhadores Expostos as Vibrações em Espanha

Foi realizado em Espanha envolvendo, 3535 equipamentos na avaliação das vibrações de Corpo Inteiro e 5077 equipamentos na avaliação das vibrações Mão-Braço. (INSHT - CENTRO NACIONAL DE VERIFICACION DE MAQUINARIA, 2009)

Para determinar as emissões de vibrações de Corpo Inteiro, seguiram o descrito na norma UNE ISO 2631-1 de 2008; e o descrito na UNE-EN ISO 5349, partes 1 e 2, de 2002, no caso das vibrações Mão-Braço (procedimento de trabalho simulado, ponto 5.4.2 da parte 2 da Norma). Tendo-se verificado estes resultados:

Tabela 15 - Nº de trabalhadores avaliados relativamente a vibração de Corpo Inteiro

Nº de trabalhadores avaliados relativamente a vibração de Corpo Inteiro			
Sector	$A(8) < 0,5$ m/s ²	$0,5 \leq A(8) < 1,15$ m/s ²	$1,15 \text{ m/s}^2 \leq A(8)$
Agricultura	8	17	0
Construção Naval	415	45	30
Limpeza Urbana	118	55	0
Obras públicas	18	28	0
Siderurgia	988	29	0
Silvicultura	16	50	0
Transporte Terrestre Autocarro	220	0	0
Transporte Terrestre Comboio	1498	0	0
Total	3281	224	30
Total %	92,8%	6,3%	0,8%

Trabalhadores avaliados relativamente a vibração de Corpo Inteiro

Gráfico 12 - % De trabalhadores avaliados relativamente a vibração de Corpo Inteiro

Tabela 16 - Nº de trabalhadores avaliados relativamente a vibração Mão-Braço

Nº de trabalhadores avaliados relativamente a vibração Mão-Braço			
Sector	$A(8) < 2,5$ m/s ²	$2,5 \leq A(8) < 5$ m/s ²	$5 \text{ m/s}^2 \leq A(8)$
Agricultura	0	5	4
Construção Naval	500	125	125
Limpeza Urbana	39	50	0
Obras públicas	34	34	73
Siderurgia	688	36	38
Silvicultura	70	1203	1933
Transporte Terrestre Autocarro	0	0	0
Transporte Terrestre Comboio	0	0	120
Total	1331	1453	2293
Total %	26,2%	28,6%	45,2%

Gráfico 13 - % De trabalhadores avaliados relativamente a vibração Mão-Braço

3.3.2.6. A Formação desenvolvida relativa a vibrações

Conforme se pode verificar na simples análise efetuada no Anexo 1, não é possível que o número de ações de formação que tinham de abordar vibrações, sobre o total de ações realizadas, atinja as percentagens referidas, para garantir que os trabalhadores estão informados sobre este risco. A confirmar esta situação veja-se o “Número de empresas onde foram efetuadas medições de vibrações”. Desta forma é expectável que a perceção dos trabalhadores para a exposição ao risco das vibrações, seja pouca ou nenhuma, dizendo como é hábito “isto sempre foi assim”.

3.4. Análise da aplicação da Diretiva Vibrações 2002/44/CE em Portugal

3.4.1. Inquérito Europeu de acordo com a Diretiva 2007/30/CE

Este inquérito europeu deveria já ter-se realizado até ao final de 2013 e haver por parte da comunidade, um relatório publicado sobre a aplicação das diretivas especiais, com base nas informações que os diferentes países deviam ter enviado. Esta situação e a dúvida, da existência de uma resposta a este relatório, em particular sobre a diretiva 2002/44/CE por Portugal, já haviam sido referidas no capítulo 13 do trabalho (Guisado, 2008). Não se esperava nessa altura, que a dificuldade não fosse só de Portugal ou dos países ditos menos cumpridores destas situações. No entanto só em 2014 a Comunidade Europeia lançou um inquérito aos países membros, para avaliar o estado de cumprimento das diretivas especiais.

3.4.2. Inquérito Europeu a Portugal em 2014 – O que Portugal respondeu

Devido à ausência de qualquer informação sobre os relatórios que os países deviam ter enviado no final de 2012 e 2013, recorreu-se ao Cesis “Centro de Estudos para a Intervenção Social”, entidade que coordenou a resposta de Portugal aos inquéritos realizados de acordo com a diretiva 2007/30/CE, que rapidamente respondeu referindo que não foram os responsáveis pela elaboração do referido relatório. Desta forma não podiam divulgar o estudo, sugerindo no entanto para entrar em contato com a entidade promotora do estudo e a nível nacional com a ACT- Autoridade para as Condições de Trabalho. Tendo entrado em contacto com o ACT, não foi até ao momento recebida qualquer resposta. No entanto o Cesis em informação posterior indicou que concordava em pleno com a divulgação do estudo. Acrescentando que o estudo coordenado pelo Cesis é o contributo nacional que será integrado num relatório global de âmbito europeu. A versão final do relatório Português foi enviada em Fevereiro de 2015, a informação que dispunham era que o

relatório aguardava aprovação da Comissão. Onde conforme se encontra demonstrado não existem até a presente data (Julho de 2015) em Portugal nem na C.E. resultados publicados da aplicação da diretiva vibrações.

3.4.3. Dados para a resposta de Portugal

Como referido, e dada a evolução e a situação económica vivida, era expectável que no final de 2014 não existissem resultados da aplicação da diretiva, por isso iniciou-se uma análise particular da situação, começando por identificar as entidades acreditadas para efetuar as medições de vibrações, enviando-lhes um questionário e analisando os resultados obtidos. Como não se verificou qualquer alteração na legislação, esta continua a exigir ser obrigatório um laboratório acreditado pelo **IPAC** (Instituto Português para a Acreditação), para efetuar medições de vibração reconhecidas (IPAC - INSTITUTO PORTUGUÊS DE ACREDITAÇÃO, 2014). A mesma, não têm qualquer justificação uma vez que para efetuar medições de ruído, todas as empresas prestadoras de serviços de HST, reconhecidas pelo ACT (Autoridade para as Condições de Trabalho) e que são várias centenas podem efetuar estudos de ruído, conforme se pode verificar pela “Lista empresas Acreditadas ACT” (ACT - Autoridade para as Condições de Trabalho, 2015). Estas empresas para estar acreditadas são obrigadas a ter um sonómetro calibrado, com características obrigatórias. As medições e análises efetuadas por estas empresas relativamente ao ruído, são reconhecidas pelo ACT. Assim como estas empresas têm responsabilidade direta e criminal relativa aos trabalhadores das empresas as quais prestam serviços, não havendo por isso qualquer razão lógica ou funcional para não poderem efetuar medições de vibrações. Podemos confirmar esta situação se olharmos para o impresso - ACT - Avaliação de Vibrações, onde iniciam a análise da seguinte forma, ” 1.1- *Foi efetuada avaliação de risco de vibrações por entidade acreditada?*” (ACT- Vibrações, 2015).

3.4.3.1. Empresas acreditadas da para efetuar medições de vibrações

Todas as empresas acreditadas para efetuar as medições de vibrações encontram-se indicadas na página do IPAC (IPAC - INSTITUTO PORTUGUÊS DE ACREDITAÇÃO, 2014). Para todas estas empresas foi enviado, em Janeiro de 2014, por correio eletrónico o INQUÉRITO SOBRE MEDIÇÕES DE VIBRAÇÕES indicado na Tabela 16. Registaram-se 7 falhas no envio: “Delivery to the following recipient failed permanently: helena.torgal@insa.min-saude.pt ; cristina.falcao@arsenal-alfeite.pt ; ana.fernandez@safemode.pt ; jose.chaves@safemode.pt ; geral@xzcconsultores.pt ; paulo.cabral@iep.pt ; centro@ctcv.pt ; “. Não foram por isso recebidos 7 dos 27 contactos, indicados pelo IPAC para empresas acreditadas. Conjuntamente com o email anteriormente referido foi enviada uma apresentação do projeto e o seguinte inquérito:

Tabela 17 - Inquérito sobre vibrações às entidades acreditadas

INQUÉRITO SOBRE MEDIÇÕES DE VIBRAÇÕES							
	2006/7	2008	2009	2010	2011	2012	2013
NUMERO DE EMPRESAS ONDE FORAM EFECTUADAS MEDIÇÕES DE VIBRAÇÕES							
NUMERO DE LOCAIS ONDE FORAM EFECTUADAS MEDIÇÕES DE VIBRAÇÕES							
NUMERO DE EQUIPAMENTOS ONDE FORAM EFECTUADAS MEDIÇÕES DE VIBRAÇÕES							
NUMERO DE MEDIÇÕES EFECTUADAS							
TEMPO MÉDIO POR MEDIÇÃO							
SECTOR DE ACTIVIDADE DESTAS EMPRESAS							
Construção Civil e Obras Publicas							
Industria e Minas							
Agricultura							
Pescas							
Electricidade, Gás e Águas							
Transportes							
Comunicações							
Comercio							
Hotelaria e Restauração							
Administração Publica e Defesa							
Autarquias							
Imobiliário							
Florestal							
Fabricação e Comercio de Móveis							
TOTAL	0	0	0	0	0	0	0

3.4.3.2. Análise das respostas ao Inquérito

Tabela 18 - Análise do 1º envio de inquéritos

Inquéritos Enviados	27
Inquérito Não Recebidos - correio eletrónico errado/incorrecto, segundo registo IPAC	7
% De correio eletrónico não recebidos por indicação incorreta de mail	26%
Total de inquéritos recebidos pelas entidades	20
Nº de respostas recebidas das entidades acreditadas	5
% De respostas recebidas por mails recebidos	25%
% De respostas recebidas por mails enviados para as entidades acreditadas	19%

Este nível de respostas, indica possivelmente que não existe um grande interesse por este tema para os laboratórios acreditados (económico talvez?). Só 2 entidades (ISQ e A.RAMALHÃO) manifestaram realmente interesse no tema e procuraram envolver-se e apoiar o desenvolvimento deste trabalho.

3.4.3.3. Resultados do 1º envio

Conforme anteriormente referido a este 1º questionário enviado responderam 5 laboratórios acreditados, cujas respostas a seguir se indicam:

Tabela 19 - Resultados do 1º Envio de inquéritos

		2006/7	2008	2009	2010	2011	2012	2013
NÚMERO DE EMPRESAS ONDE FORAM EFECTUADAS MEDIÇÕES DE VIBRAÇÕES	A. RAMALHÃO		60	24	66	25	22	28
	SECIL						3	4
	ADESUS	7	15	15	16	13	8	6
	ECO 14	7	10	9	11	10	11	7
	dLab-ISQ	55	27	18	23	18	22	33
	Total da Amostra	69	112	66	116	66	66	78
	Total Estimado	363	589	347	611	347	347	411
NÚMERO DE LOCAIS ONDE FORAM EFECTUADAS MEDIÇÕES DE VIBRAÇÕES	A. RAMALHÃO		112	67	98	78	54	71
	SECIL						3	12
	ADESUS	7	15	15	16	17	13	21
	ECO 14	21	10	1	13	2	1	
	dLab-ISQ							
	Total da Amostra	28	137	83	127	97	71	104
	Total Estimado	147	721	437	668	511	374	547

		2006/7	2008	2009	2010	2011	2012	2013
NÚMERO DE EQUIPAMENTOS ONDE FORAM EFECTUADAS MEDIÇÕES DE VIBRAÇÕES	A. RAMALHÃO MB		122	38	126	86	79	102
	A. RAMALHÃO CI		158	96	159	105	114	138
	SECIL						19	52
	ADESUS	24	59	68	79	51	48	58
	ECO 14	14	41	46	37	36	38	19
	dLab-ISQ							
	Total da Amostra	38	258	210	275	192	219	267
	Total Estimado	200	1358	1105	1447	1011	1153	1405
NÚMERO DE MEDIÇÕES EFECTUADAS POR EQUIPAMENTO - Amostras	A. RAMALHÃO MB		4	6	5	5	5	6
	A. RAMALHÃO CI		4	4	4	3	3	4
	SECIL						3	6
	ADESUS	3	3	4	3	3	3	4
	ECO 14	8	4	3	4	3	3	0
	dLab-ISQ	8	8	8	8	8	8	8
	Média	6,2	4,6	5,0	4,8	4,5	4,2	4,7
TEMPO MÉDIO POR MEDIÇÃO por amostra	A. RAMALHÃO MB		30	30	40	30	20	20
	A. RAMALHÃO CI		180	240	180	180	180	180
	SECIL						60	120
	ADESUS	900	900	900	900	900	900	900
	ECO 14	600	600	600	600	600	600	600
	dLab-ISQ	240	240	240	240	240	240	240
	Média	580	390	402	392	390	333	343

Considera-se aqui que o nº de laboratórios acreditados que responderam (5) representa uma amostra do total de laboratórios acreditados, por aproximação calculamos o Total Estimado face ao número de laboratórios acreditados.

3.4.3.4. N° de empresas onde foram efetuadas medições de vibrações

Tabela 20 - Estimativa do n° de empresas onde foram efetuadas medições

	2006/7	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Total da Amostra	69	112	66	116	66	66	78
Total Estimado	363	589	347	611	347	347	411

Gráfico 14 - Estimativa do n° de empresas onde foram efetuadas medições

Para além do número reduzido quer real quer estimado de empresas onde estes laboratórios indicam que foram efetuadas medições, existem outras situações que é conveniente realçar.

3.4.3.5. N° de locais onde foram efetuadas medições de vibrações

Tabela 21 - Número de locais onde foram efetuadas medições

	2006/7	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Total da Amostra	28	137	83	127	97	71	104
Total Estimado	147	721	437	668	511	374	547

Gráfico 15 - Número de locais onde foram efetuadas medições

O ISQ-dLlab não referiu o número de locais onde foram efetuadas as medições distorcendo por isso o resultado, uma vez que deverão existir pelo menos tantas empresas como locais onde foram efetuadas as medições.

3.4.3.6. N° de equipamentos onde foram efetuadas medições de vibrações

Tabela 22 – N° de equipamentos onde foram efetuadas medições de vibrações

	2006/7	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Total da Amostra	38	258	210	275	192	219	267
Total Estimado	200	1358	1105	1447	1011	1153	1405

Gráfico 16 – N° de equipamentos onde foram efetuadas medições de vibrações

3.4.3.7. Número de medições efetuadas por equipamento – amostra

Tabela 23 - Número de medições efetuadas por equipamento – amostra

	2006/7	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Média da Amostra	6	5	5	5	4	4	5

Gráfico 17 - Número de medições efetuadas por equipamento – amostra

3.4.3.8. Tempo médio por medição por amostra (seg)

Tabela 24 - Tempo médio por medição por amostra (seg)

	2006/7	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Média da Amostra	580	390	402	392	390	333	343

Gráfico 18 - Tempo médio por medição por amostra (seg)

3.4.4. Análise setorial das respostas ao 1º envio

3.4.4.1. Construção Civil e Obras Públicas

Tabela 25 - Análise setorial - Construção Civil e Obras Públicas

		2006/7	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Construção Civil e Obras Públicas	A. RAMALHÃO		2	8	2	1	2	
	SECIL							
	ADESUS	2	4	1	5	6	1	1
	ECO 14	2	2	1	4			1
	dLab-ISQ							
	Total Amostra	4	8	10	11	7	3	2
	Total Estimado	21	42	53	58	37	16	11

Gráfico 19 - Análise setorial - Construção Civil e Obras Públicas

3.4.4.2. Indústria e Minas

Tabela 26 - Indústria e Minas

		2006/7	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Indústria e Minas	A. RAMALHÃO		55	13	59	17	15	23
	SECIL						3	4
	ADESUS	2	5	8	6	6	3	2
	ECO 14	5	8	8	7	10	11	6
	dLab-ISQ							
	Total da Amostra	7	68	29	72	33	32	35
	Total Estimado	37	358	153	379	174	168	184

Gráfico 20 - Indústria e Minas

3.4.4.3. Outros setores

Tabela 27 - Outros setores

	2006/7	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Eletricidade, Gás e Águas - A. RAMALHÃO		1			1		
Recolha / Trat. de Resíduos - A. RAMALHÃO		1	2	4	3	4	4
Fabricação e Com. de Móveis- A. RAMALHÃO		1	1	1	3		1
Fabricação e Com. de Móveis - ADESUS	1	2	6	2		1	1
SECIL							
ECO 14							
dLab-ISQ							
Total da Amostra	1	5	9	7	7	5	6
Total Estimado	5	26	47	37	37	26	32

Gráfico 21 - Outros setores

3.4.4.4. Conclusão das respostas ao 1º envio

Verificamos pelos resultados, que foram efetuadas medições num número pouco significativo de empresas em Portugal, sendo provável esse o motivo do reduzido interesse demonstrado pelas empresas acreditadas para realizar as medições.

Por estes números podemos afirmar que uma boa parte destas medições foi efetuada em médias e grandes empresas, onde na grande maioria dos casos só foi efetuada uma medição de vibrações na empresa ao longo destes 7 anos.

Tabela 28 - Número de empresas onde se efetuaram medições

	2006/7	2008	2009	2010	2011	2012	2013	TOTAL
Total da Amostra (5 empresas)	69	112	66	116	66	66	78	573
Total Estimado (27 empresas)	373	605	356	626	356	356	421	3094

3.4.5. Inquérito nas redes sociais

Utilizando as redes sociais LINKEDIN, divulguei nos diversos grupos da especialidade a seguinte mensagem em Inglês e Português: tendo recebido poucas respostas, não sendo manifestado um interesse significativo.

3.5. Análise dos equipamentos existentes nas empresas e o seu registo

A diretiva Vibrações indica que é possível utilizar equipamentos de trabalho que tenham sido postos à disposição dos trabalhadores antes de 6 de Julho 2007 e que não permitam respeitar os valores-limite de exposição tendo em conta os últimos progressos técnicos e/ou a implementação de medidas organizacionais. Esta permissão, terminava em 6 de Julho de 2010. No seu ponto segundo, A diretiva menciona os casos especiais do sector agrícola e florestal. Para estes, a legislação é aplicável a partir de 6 de Julho de 2014. Daqui decorre que se torna boa prática o registo de todos os equipamentos que exponham os trabalhadores a vibrações, indicando a sua data de entrada em funcionamento.

Para mais a nova Diretiva Máquinas 2006-42-CE, obriga os fabricantes de equipamentos que expõem os trabalhadores a vibrações, a colocarem no manual de instruções as seguintes indicações acerca das vibrações emitidas.

3.5.1. Análise dos equipamentos existentes na empresa

Conforme podemos verificar para as avaliações Mão Braço, a situação que se verifica pela análise do anexo 2 “A 2.1 - Vibrações Mão Braço - registos” é a seguinte:

Tabela 29 - Equipamentos analisados Mão Braço

Nº DE EQUIPAMENTOS ANALISADOS	72	
Sem data de entrada em funcionamento	56	78%
Sem marca e modelo	13	18%
Sem marca	14	19%
Com marca e sem modelo	7	10%

Gráfico 22 - Equipamentos analisados Mão Braço

Para as avaliações de corpo Inteiro podemos ver no anexo 3 " A3.2 - Vibrações de Corpo Inteiro - Equipamentos Medidos resumo" temos:

Tabela 30- Equipamentos analisados Corpo Inteiro

Nº DE EQUIPAM. ANALISADOS	72	
Sem data de entrada em funcionamento	18	25%
Sem marca e modelo	0	0%
Sem marca	1	1%
Com marca e sem modelo	2	3%

Gráfico 23 - Equipamentos analisados Corpo Inteiro

Por aqui se pode confirmar que a existência do controlo proposto por uma lista tipo Tabela 30 é inexistente, confirmando-se assim que é muito difícil para não dizer impossível saber na realidade na empresa, os equipamentos que têm possibilidade de expor os trabalhadores a vibrações e qual é a condição destes equipamentos. Esta lista não é um requisito legal.

3.5.2. Registo dos Equipamentos existentes nas empresas

Apesar do indicado na diretiva Vibrações relativamente aos prazos para utilização dos equipamentos de trabalho que expõem os trabalhadores a vibrações, ela não é explícita a obrigar a existência de um registo relativamente a estes, que poderia ser, tipo do proposto na tabela 30. Assim verificamos que existe um ineficiente registo dos equipamentos nas empresas, não sendo por isso possível dizer-se:

- Quantos existem
- Qual a data de aquisição e posterior entrada em funcionamento
- Se apresentam ou não marcação CE
- Qual é o estado de conservação/manutenção dos mesmos.

”A lei não obriga, logo não é feito”

Sendo por isso praticamente impossível indicar quantos equipamentos existem, quais são os que expõem os trabalhadores a vibrações e qual a diretiva que devem cumprir. O ACT “ACT - Avaliação de Vibrações”, (ACT- Vibrações, 2015) questiona sobre este assunto:

Tabela 31 - ACT - Avaliação de Vibrações

1.1- Foi efetuada avaliação de risco de vibrações por entidade acreditada?
1.2- É repetida sempre que houver alterações significativas na instalação?
1.3- Se o VLE for $> 5\text{m/s}^2$ (transmitidas ao sistema mão VLE for $> 1.15\text{ m/s}^2$ (transmitidas ao corpo inteiro), a avaliação é repetida a cada 2 anos?
1.4- São utilizados todos os meios para reduzir este risco?
1.5- Foi feita uma avaliação de riscos?
1.6- Se o resultado do valor de ação de exposição for ultrapassado, é estabelecido um programa de técnicas organizacionais?

Conforme podemos verificar a primeira pergunta é se foi efetuada avaliação de risco por entidade acredita, não importando saber quantos equipamentos existem, qual a data de aquisição, nem se cumprem a legislação aplicável relativamente a marcação CE e se indicam os valores expectáveis das vibrações?

Convém aqui colocar uma questão: *Se existir um equipamento adquirido por exemplo em 2010, que apresenta marcação CE, causa vibrações, mas cujo manual não refere o valor das vibrações, o que se deve fazer?* Quando desta forma o equipamento não cumpre um dos requisitos de compra (marcação CE – Diretiva 2006/42/CE).

A primeira situação que deveria estar prevista na legislação e que o técnico de HST deveria fazer, era verificar ou elaborar uma listagem de equipamentos da empresa, identificando, tipo de equipamento, marca, modelo, marcação CE, data de aquisição e se possível Valores de Vibração.

Tabela 32- Tabela para registo de Equipamentos

Tipo de equipamento	Marca	Modelo	Marcação CE	Expõe o Trabalhador a Vibrações S/N	Data de aquisição > Junho de 2008	Valores de Vibração indicados Manual Equip.

Esta simples lista levanta algumas questões, de entre as quais convém referir que para além de indicar um controlo pouco exato dos equipamentos existentes nas empresas que podem expor os trabalhadores a vibrações, não permite a garantia de que todos os equipamentos apresentem marcação CE, e daí dificultar garantir que estes equipamentos cumprem o referido na Diretiva 2006/42/CE no ponto.- Conteúdo do manual de instruções. Esta lista tornava mais fácil a resposta a outra questão, quem utiliza os equipamentos, e minimamente durante quanto tempo os usa ($\approx$ tempo de exposição?).

3.6. Análise da Dimensão das Amostras e do seu respetivo Grau de Confiança

A forma para calcular a dimensão das amostras e o seu grau de confiança não se encontra definido nem nas normas nem nas diretivas que abordam a problemática das vibrações. A Diretiva Vibrações e respetivas normas indicam-nos que “ *a amostragem deverá ser representativa da exposição pessoal do trabalhador às vibrações mecânicas em questão*”.

Nos Anexos 2 e 3 é analisada com algum detalhe a forma de realizar amostras significativas das vibrações. A Dimensão das amostras prende-se essencialmente com 4 fatores:

- Equipamentos utilizados
- Tipo de operações efetuadas
- Duração das operações
- Trabalhadores envolvidos

Sendo os 3 últimos fundamentais para se poder definir a dimensão da amostra para aquele equipamento.

As normas ISO 5349-2:2001(ISO 5349-2, 2001) e ISO 2631 -1997(ISO 2631-1, 1997), dão-nos informações sobre o tempo de duração de cada medição sendo que a primeira no seu “Anexo E – Exemplos de cálculo de exposições diárias a vibrações” contém exemplos de cálculo de exposições diárias a vibrações, onde são dadas indicações que podem ajudar na definição correta da estratégia de amostragem, conforme referido no Anexo 2. A norma EN 14253:2003+A1 Mechanical vibration – “Measurement and calculation of occupational exposure to whole-body vibration”(ISO 14253, 2007), no ponto 6.1.7 - Média de tempo (de medições) a norma indica:

Os valores da vibração devem ser calculados sobre os períodos de utilização normal da máquina. A integração deve incluir pelo menos um ciclo de operação da máquina sob teste. Se o ciclo de funcionamento é curto, vários ciclos devem ser integradas ao longo do tempo, de modo a alcançar um tempo de integração de preferência **não inferior a 15 min**. Como mínimo, deve ser mais do que **3 minutos**.

NOTA: A média exponencial só deve ser utilizada quando a instrumentação para medir as vibrações não permite média linear e o sinal de vibração é estável o suficiente para permitir uma avaliação fiável do valor médio da vibração.

Deve-se aqui referir que esta norma ainda se encontra em Inglês, não tendo por isso qualquer valor legal em Portugal.

O Prof, Javier Madera na sua apresentação no 1º Congresso Nacional de Áridos (Javier Madera García & Manuel Martínez Hidalgo, 2006), apresenta uma análise onde compara os valores de uma medição no assento de um Dumper 769 Caterpillar efetuada durante 26 min de $0,64 \text{ m/s}^2$, (caso mais desfavorável dos três eixos: $1,4a_{wx}$), (linha vermelha) com as medições efetuadas durante 1 min e 3 min.

Medición durante intervalos de 1 minuto

Gráfico 24- Medições durante intervalos de 1 min

Medición durante intervalos de 3 minutos

Gráfico 25 - Medições durante intervalos de 3 min

Conforme podemos observar quanto maior é o tempo de cada medição, mais aproximado é o valor, do valor da exposição contínua.

Não se encontra no entanto definida a forma de determinar o número de medições que se devem efetuar para se ter uma amostragem representativa do valor das vibrações emitidas pelo equipamento.

Olhando para o Anexo 6 WBV 2 verificamos que as avaliações 5 e 6 (Viatura de Lavagem de Contentores), apresentam uma diferença significativa do número de medições, para o mesmo tipo de equipamento, sem que para tal, haja qualquer explicação. Conforme referido no Anexo 4, de acordo com (Margarida Pocinho, 2009) uma amostragem é considerada representativa quando “as suas características se assemelham o mais possível às da população-alvo”, assim como:

“Uma amostra é representativa se as unidades que a constituem foram escolhidas por um processo tal que todos os membros da população tenham todos a mesma probabilidade de fazer parte da amostra”.

Assim a Dimensão da amostra deve cobrir todas ou quase todas as situações possíveis, e ter um elevado nível/grau de confiança de forma a garantir a coerência dos resultados. A ISO 2631 refere que deve procurar *um nível de confiança de 90 %*.

3.6.1. Dimensão das amostragens – Tempo das Medições

Vamos considerar como unidade a hora para o tempo de trabalho do equipamento que produz vibrações e com o qual o trabalhador desenvolve a sua atividade. A primeira dúvida que se levanta é se o trabalhador exerce todos os dias a mesma atividade, nas mesmas condições, durante o mesmo tempo, ao longo de um dia, uma semana, um mês, ou um ano de trabalho?

Sabemos que, estas duas para não dizer as três últimas situações, só são possíveis de se verificarem em linhas de produção de produto único, situação que raramente se verifica. Conforme se refere nas “Características das operações a medir”, no Anexo 2 ponto 2.2, e no Anexo 3 ponto 3.2 as operações a medir são variadas, donde ser difícil, no espaço de 1 hora, conseguir-se obter a totalidade destas situações, as quais deveriam ser indicadas nos relatórios de medição.

No entanto vamos admitir que se consegue avaliar numa hora todas as situações possíveis, e que a nossa população no limite é finita. Conforme se refere no Anexo 4 ponto 4.1.6 “Cálculo do tamanho da amostra para populações finitas”, se considerarmos por exemplo que o trabalhador utiliza o equipamento durante a semana na seguinte relação de tempos de utilização:

Tabela 33 - Ex: de horas de trabalho do trabalhador/equipamento por semana

	Horas
Segunda-feira	2
Terça-feira	1
Quarta-feira	0,5
Quinta-feira	1
Sexta-feira	2,5
Total	7

E_0 = erro tolerável da amostra de 10%, então teremos: $n_0 = 100$ de acordo com

$$n_0 = \frac{1}{E_0^2}$$

Equação 15 Anexo 4

Seguindo este raciocínio

$N = \text{tamanho da população} = 7$

Então de acordo com:

$$n = \frac{N \cdot n_0}{N + n_0} \quad \text{Equação 4 Anexo 4}$$

Onde $n = \text{tamanho da amostra} = \text{n}^\circ \text{ de amostras}$

Temos:

Tabela 34- Análise do número de amostras a considerar

	Horas	Horas	Horas	Horas
Segunda-feira	2	2	2	2
Terça-feira	1	1	1	1
Quarta-feira	0,5	0,5	0,5	0,5
Quinta-feira	1	1	1	1
Sexta-feira	2,5	2,5	2,5	2,5
Total	7	7	7	7
Erro Admissível	10%	15%	25%	50%
n_0	100	44	16	4
$n = \text{N}^\circ \text{ de Medições de 1h}$	7	6	5	3

Concluimos que para termos um *erro tolerável da amostra* de 50% deveríamos realizar 3 medições de uma hora cada, para um trabalhador que trabalhe 7 horas por semana com um equipamento com a relação de tempos de trabalho indicada na tabela 69. Sendo que cada uma destas medições deveria ser realizada em dias diferentes e envolvendo todos os trabalhadores que utilizam o equipamento, na proporção do tempo de exposição de cada um. De salientar que provavelmente neste caso a formula de cálculo que se deveria usar no valor da vibração, não deveria ser a do valor diário mas sim o valor da média semanal. Este raciocínio foi desenvolvido, com base na análise da seguinte documentação: Amostras - (Margarida Pocinho, 2009), Cálculo da amostra (José R. P. Lauris, 2009), e outra referida no anexo 4.

3.6.1.1. Vibrações Mão-Braço

Conforme indicado no Anexo 2 no ponto 2.10.1, temos:

Tabela 35 - Análise dos tempos de medições – Mão Braço

Nº DE EQUIPAM. MEDIDOS	72
Nº DE MEDIÇÕES	104
TOTAL DE REGISTOS	1443
MÉDIA DO Nº REGISTOS POR MEDIÇÃO	13,9
TEMPO TOTAL (h)	134,5
TEMPO MÉDIO POR AVALIAÇÃO (h)	1,3

T.MEDIÇÃO < 15 min	0	0,0%
15 min<T.MED < 30 min	4	2,8%
30 min<T.MED < 45 min	42	29,2%
45 min<T.MED < 60 min	12	8,3%
60 min<T.MED < 90 min	80	55,6%
90 min<T.MED < 120 min	4	2,8%
T.MED > 2 H (120)min	2	1,4%
TOTAL	144	100%

Gráfico 26- Análise dos tempos de medições Mão – Braço (Anexo 2)

Continuando com o mesmo raciocínio da análise do ponto anterior temos:

Tabela 36 - Análise dos tempos de medições – Mão Braço / Trabalhador exposto

	Horas	Horas	Horas	Horas						
Segunda-feira	2	2	2	2						
Terça-feira	1	1	1	1						
Quarta-feira	0,5	0,5	0,5	0,5						
Quinta-feira	1	1	1	1						
Sexta-feira	2,5	2,5	2,5	2,5						
Total horas por semana	7	7	7	7	6	5	4	3	2	1
Erro aceitável	10%	15%	25%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
n ₀	100	44	16	4	4	4	4	4	4	4
Nº de Medições de 1h	7	6	5	3	2	2	2	2	1	1

Verificamos que as análises efetuadas só serão validas se aceitarmos um erro de 50% na amostragem, se durante o ano a situação for igual em todas as semanas e se as ferramentas que trabalhem até 2 horas por semana. Para efetuar uma análise, próxima da realidade e admitindo que nas medições de uma hora se cobriam todas as situações possíveis, teríamos de efetuar de acordo com esta logica:

Tabela 37 - Erro admitido na amostra – Mão Braço

Erro admitido na amostra		50%	25%	15%	10%
n_0		4	16	44	100
Para Equipamentos que trabalhem por semana (h)	1	1	1	1	1
	5	2	4	4	5
	10	3	6	8	9
	15	3	8	11	13
	20	3	9	14	17

Portanto teríamos de efetuar 3 medições de 1 hora nos equipamentos que trabalhassem até 20 horas por semana, para termos num cálculo anual uma amostra com um erro de 50%. Para um erro considerado aceitável entre 15 e 10% deveriam ser efetuadas entre 14 a 17 avaliações de uma hora.

Como é visível pelos dados recolhidos esta situação não se verifica uma vez que o tempo médio é cerca de 55 min. A justificação de a diminuição do número de amostras só poderia se aceitável se ao se repetirem as amostras, os dados encontrados fossem semelhantes, ao longo de um conjunto de amostras de uma hora, não se justificando por isso continuar a amostra.

Comparando estes dados com os da tabela nº 2 do Anexo 4, poderíamos considerar aceitável a existência de uma análise representativa entre 10 e 16 avaliações de uma hora, onde estaríamos a aceitar na amostra um erro entre 30 e 25% para equipamento que trabalhassem entre 5 e 20h por semana.

Olhando para a tabela seguinte verificamos que, para um equipamento que trabalhe somente 15 minutos por dia, todos os dias do ano serão necessárias 7 medições de 200s para se ter um erro de 20%.

Onde conforme podemos verificar para termos um erro aceitável na dimensão da amostra entre os 10 e os 20% deveríamos efetuar entre 7 a 26 medições de 200 seg, para um equipamento que trabalhe entre 5 e 15 min por dia, todos os dias do ano.

Tabela 38 - N° de Amostras Vibração Mão-Braço Medições Relatório AHV 1

ERRO	5%	10%	15%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%			
n0	400	100	44	25	16	11	6	4	3	2	2	1			
N° de minutos de trabalho diário do equipamento	15	10	5	15	10	5	15	10	5	15	10	5	15	10	5
N° de dias uteis do ano	220	220	220	150	150	150	120	120	120	60	60	60	30	30	30
População=Total de minutos de trabalho do equipamento/ano (n° de unidades de amostragem)	3300	2200	1100	2250	1500	750	1800	1200	600	900	600	300	450	300	150
N° de minutos da amostra 3min 20 seg	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67
N° de amostras para um erro de 5%	97,3	92,3	80,0	92,6	86,1	71,1	89,3	81,8	65,5	75,5	65,5	46,8	57,8	46,8	29,8
N° de amostras para um erro de 10%	26,5	26,1	25,0	26,1	25,6	24,1	25,8	25,2	23,4	24,5	23,4	20,5	22,3	20,5	16,4
N° de amostras para um erro de 15%	12,0	11,9	11,7	11,9	11,8	11,4	11,8	11,7	11,3	11,6	11,3	10,6	11,0	10,6	9,4
N° de amostras para um erro de 20%	6,8	6,7	6,7	6,7	6,7	6,6	6,7	6,7	6,5	6,6	6,5	6,3	6,5	6,3	5,8
N° de amostras para um erro de 25%	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,1	4,2	4,1	3,9
N° de amostras para um erro de 30%	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9	3,0	2,9	2,8
N° de amostras para um erro de 40%	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6
N° de amostras para um erro de 50%	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
N° de amostras para um erro de 60%	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
N° de amostras para um erro de 70%	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5
N° de amostras para um erro de 80%	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
N° de amostras para um erro de 90%	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

3.6.1.2. Vibrações de Corpo Inteiro

Tabela 39 - Analise dos tempos de medições - Corpo Inteiro

Nº DE EQUIPAM. MEDIDOS	72	
Nº DE MEDIÇÕES	72	
TOTAL DE REGISTOS	447	
MÉDIA DO Nº REGISTOS POR MEDIÇÃO	6,21	
TEMPO TOTAL (h)	29,93	
TEMPO MÉDIO POR AVALIAÇÃO (h)	0,42	
T.MEDIÇÃO < 15 min	1	1,4%
15 min<T.MED < 30 min	66	91,7%
30 min<T.MED < 45 min	5	6,9%
45 min<T.MED < 60 min	0	0,0%
TOTAL	72	100%

Gráfico 27- Analise dos tempos de medições – Corpo Inteiro

De acordo com o Anexo 3 verificamos que o tempo médio por avaliação se situa nos 25 minutos, situação que face ao exposto no ponto anterior e à análise desenvolvida no mesmo anexo, deve-se considerar muito insuficiente, aceitando por isso as amostras efetuadas erros superiores aos 50%. Conforme com a tabela nº 2 do anexo 4, para um equipamento que trabalhe cerca de 1 hora por dia ao longo do ano (220 dias), para termos um erro aceitável de 50% seriam necessárias efetuarem-se 4 amostras de 1 hora cada, intervaladas em vários dias. Usando a mesma metodologia, usando as equações 3 e 4 do Anexo 4, acima referidas, vamos verificar o que sucede quando fazemos variar a dimensão da amostra dos equipamentos indicados no Anexo 6 - WBV 1 AMBIPLUS, temos:

Tabela 40 - Tabela com os erros de amostragem Corpo Inteiro

	EMP1	EMP2	EMP3	EMP4
Total de Horas Trabalho dia (N)	14	17	5	4
Total da Amostra em horas (n)	0,67	0,33	0,6	0,6
$n_0 = (N*n)/(N-n)$	0,70368	0,33653	0,68182	0,70588
<i>ERRO E₀</i>	119,2%	172,4%	121,1%	119,0%

Conforme podemos observar o erro que estamos a aceitar é excessivo. Estes resultados vêm confirmar os resultados e a análise feita no Anexo 4.

Tabela 41 - Tabela com os erros de amostragem Corpo Inteiro variando dimensão da amostra

EMP1				
Total de Horas Trabalho dia	14	14	14	14
Total da Amostra em horas	0,67	1	2	4
n_0	0,70368	1,07692	2,33333	5,6
<i>ERRO E₀</i>	119,2%	96,4%	65,5%	42,3%
EMP2				
Total de Horas Trabalho dia	17	17	17	17
Total da Amostra em horas	0,33	1	2	4
n_0	0,33653	1,0625	2,26667	5,23077
<i>ERRO E₀</i>	172,4%	97,0%	66,4%	43,7%

EMP3				
Total de Horas Trabalho dia	5	5	5	5
Total da Amostra em horas	0,6	1	2	4
n_0	0,68182	1,25	3,33333	20
<i>ERRO</i> E_0	121,1%	89,4%	54,8%	22,4%
EMP4				
Total de Horas Trabalho dia	4	4	4	4
Total da Amostra em horas	0,6	1	2	3,9999
n_0	0,70588	1,33333	4	159996
<i>ERRO</i> E_0	119,0%	86,6%	50,0%	0,3%

3.6.2. O Grau de Confiança das amostras efetuadas

Se na análise da dimensão das amostras efetuada no ponto anterior foi a situação já descrita, vamos agora verificar o nível de confiança das mesmas amostras.

Utilizando a metodologia descrita no ponto 4.3 do ANEXO 4 “Metodologia para classificação das amostras das medições efetuadas”, verificamos que face ao desvio padrão verificado na amostra e fixando, o Grau de Confiança (nível de confiança) $(1-\alpha) = Z_{\alpha/2}$ e o erro da amostra, nos é possível definir o número de medições de tempo igual, que se devem efetuar para se obter um determinado grau de confiança. Utilizando esta relação, vamos classificar as amostras, verificando o Número de medições que foram efetuadas e classificando as amostras de acordo com a Tabela para cálculo do nº de medições (tabela 15 anexo 4).

Tabela 42 - Tabela para definição das amostras

Classificação da amostra	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Probabilidade de estar no intervalo	99%	97,5%	95%	92,5%	90%	85%	80%	75%	70%	50%
$Z_{\alpha/2}$	2,57	2,24	1,96	1,78	1,645	1,435	1,285	1,15	1,04	0,675

$$n = \left(\frac{Z \cdot \sigma}{d} \right)^2$$

Equação 10 Anexo 4

Tabela 43 - Tabela para cálculo do nº de medições

Classificação da amostra	4	6	8	10
	80%	90%	95%	99%
Za/2	1,28	1,645	1,96	2,575
σ	0,15			
d	20%	10%	5%	1%
Número de medições que se devem efetuar =	1	6	35	1492

3.6.2.1. Grau de Confiança das Amostras Vibrações Mão-Braço

Conforme se pode verificar no Anexo 5 HAV2 temos para o 1º equipamento em função do desvio padrão verificado, definido o número de leituras a realizar para se ter um determinado grau de confiança. No caso deste equipamento temos:

Tabela 44 - Grau de Confiança da Amostra Equipamento 1 Anexo HAV1

Classif Amostra	Confiança da Amostra	DESV PAD	70,00%	75,00%	80%	85%	90%	92,50%	95%	97,50%	99%
	Class Amost	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Za/2	0,675	1,040	1,150	1,280	1,435	1,645	1,780	1,960	2,240	2,575
4	σ	0,482	Nº de leituras		10						
4	σ	0,482	Nº de leituras		10						
	E	50%	30%	25%	20%	15%	10%	7,5%	5%	2,5%	1%
	n=	0	3	5	10	21	63	131	357	1868	15426
	n=	0	3	5	10	21	63	131	357	1868	15426

No caso do equipamento 3 do mesmo anexo temos:

Tabela 45 - Grau de Confiança da Amostra Equipamento 3 Anexo HAV1

Classif Amos.	Confiança da Amostra	DESV PAD	70,0%	75,0%	80%	85%	90%	92,5%	95%	97,50%	99%
	Class Amost	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Za/2	0,675	1,040	1,150	1,280	1,435	1,645	1,780	1,960	2,240	2,575
6	σ	0,120	Nº de leituras		4						
1	σ	0,944	Nº de leituras		7						
	E	50%	30%	25%	20%	15%	10%	7,5%	5%	2,5%	1%
	n=	0	0	0	1	1	4	8	22	115	949
	n=	2	11	19	37	82	241	502	1371	7160	59140

Verificamos que as amostras para o braço direito, com 4 leituras têm um grau de confiança de 90% por isso classificada como 6, e para o braço esquerdo com 7 leituras obtêm um grau de confiança inferior a 70% e por isso classificada com 1. Temos aqui, duas amostras com graus de confiança diferentes para o mesmo equipamento. Como a norma indica que devemos escolher o pior braço, neste caso não existe problema uma vez que os valores das médias são substancialmente diferentes.

No entanto olhando para o Anexo 2 - A 2.1 - Vibrações Mão Braço - registos, o registo 3 Serra de corte elétrica – Milwaukee, temos o seguinte (tabela 46). Verificamos aqui que tendo valor de média, semelhantes (17,27 e 16,06 m/s²), temos amostras com graus de confiança muito diferentes, a primeira muito inferior a 50%, uma vez que para atingir este valor deviam-se efetuar 36 medições, quando só foram efetuadas 12, e a segunda com um grau de confiança superior a 50%, isto atendendo aos desvios padrão verificados. Sendo difícil com esta amostra escolher com alguma exatidão qual o pior braço. No Anexo 2 "A 2.1 - Vibrações Mão Braço – registos", foi efetuada a avaliação de todas as amostras, utilizando a mesma tabela (exemplo equipamento 1):

Tabela 46 - Cálculo da confiança das amostras Mão Braço

Classificação	50%	70,00 %	75,00 %	80 %	85 %	90 %	92,50 %	95 %	97,50 %	99%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0,675	1,04	1,15	1,280	1,435	1,645	1,780	1,960	2,240	2,575
	$\sigma = 1,212$	Nº de leituras =		10						
1										
1	1,661	Nº de leituras =		10						
	50%	30%	25%	20%	15%	10%	7,5%	5%	2,5%	1%
	3	18	31	60	135	398	828	2259	11802	97478
	5	33	58	113	253	747	1554	4241	22155	182981

Conforme podemos verificar em função desvio padrão foi calculado o nº de medições a realizar, como neste caso foram efetuadas 10 medições, temos que o grau de confiança se situa entre os 50 e os 70%, classificando esta amostra no valor inferior obtemos a classificação de 1.

No caso das 72 medições Mão-Braço, analisadas no Anexo 3 foram obtidos os seguintes resultados, conforme indicado na tabela 45 e Anexo 4.

Tabela 47- Grau de confiança das amostras Mão Braço

Confiança das Amostras Mão Braço	Nº DE AMOSTRAS %
Inferior a 50%	8%
50% < Amostra ≤ 70%	32%
70% < Amostra ≤ 75%	10%
75% < Amostra ≤ 80%	7%
80% < Amostra ≤ 85%	15%
85% < Amostra ≤ 90%	12%
90% < Amostra ≤ 92,5%	8%
92,5% < Amostra ≤ 95%	5%
95% < Amostra ≤ 97,5%	4%
97,5% < Amostra ≤ 99%	1%
Amostra > 99%	0%

Verificamos que só temos 18% de amostras com um grau de Confiança igual ou superior a 90%.

Tabela 48 - Registo 3 Serra de corte elétrica – Milwaukee

REGISTO	3	Equipamento		Serra de corte eléctrica				ANO	nn	
Marca	Milwaukee		Modelo	NN		Tempo das medições (horas)			0,80	
Braço		DIREITO			12	Med.Nº	ESQUERDO			13
Medição	Tmedição [s]	awdxij [m/s²]	awdyij [m/s²]	awkzij [m/s²]	ahv		awdxij [m/s²]	awdyij [m/s²]	awkzij [m/s²]	ahv
1	240	7,140	15,200	11,200	20,186		7,190	7,900	9,930	14,585
2	240	8,780	14,200	12,200	20,678		5,600	13,500	8,730	17,024
3	240	3,690	5,530	7,240	9,829		8,700	12,900	13,000	20,276
4	240	4,950	9,650	10,200	14,888		6,840	13,300	7,770	16,854
5	240	7,680	16,100	12,100	21,548		7,580	11,400	10,100	17,013
6	240	8,330	15,700	12,200	21,557		5,080	9,170	8,950	13,784
7	240	6,030	8,460	10,000	14,420		6,490	10,300	11,400	16,678
8	240	9,970	19,600	7,640	23,279		8,560	11,100	10,400	17,454
9	240	4,950	14,200	7,100	16,630		6,660	9,430	11,500	16,295
10	240	5,580	14,400	9,440	18,100		5,280	9,570	7,860	13,463
11	240	3,980	7,460	5,550	10,114		8,230	10,500	12,400	18,214
12	240	5,580	13,300	6,850	15,967		5,690	7,470	11,400	14,769
13							5,890	6,150	8,890	12,310
14										
15										
Braço		DIREITO				ESQUERDO				
Valores		awdxij	awdyij	awkzij	ahv		awdxij	awdyij	awkzij	ahv
AHV NORMA					17,78		15,83			
Relação entre maior valor		0,498	1,000	0,726			0,662	1,000	0,997	
MÉDIAS	Média	6,387	12,817	9,310	17,27		6,753	10,207	10,179	16,06
	Desv Pad	1,981	4,136	2,364	4,43		1,237	2,261	1,688	2,18
VAL Max dist		12,329	25,224	16,403	30,56		10,465	16,989	15,243	22,60
VAL. Max verif.					23,28					20,28
ahv base MÉDIA awd		6,387	12,817	9,310	17,08		6,753	10,207	10,179	15,92
Braço		DIREITO					ESQUERDO			
Tempo (h) para atingir: com base na		VAL Max dist	Val. Max verif.	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv		VAL Max dist	Val. Max verif.	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv
Valor de Acção		0,06	0,09	0,16	0,17		0,10	0,12	0,20	0,19
Valor Lim Exp.		0,21	0,37	0,63	0,67		0,39	0,49	0,80	0,78

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,675	1,04	1,15	1,280	1,435	1,645	1,780	1,960	2,240	2,575
4,432	Nº de leituras =		12						
2,181	Nº de leituras =		13						
50%	30%	25%	20%	15%	10%	7,5%	5%	2,5%	1%
36	236	416	805	1798	5315	11064	30183	157693	1302422
9	57	101	195	435	1287	2680	7310	38191	315430

Gráfico 28 – Grau de Confiança das Amostras Mão Braço

Procedendo-se a uma análise das medições dos equipamentos onde foram efetuadas medições nos 2 braços temos:

Tabela 49 - Análise do Grau de Confiança para medições nos dois braços

Confiança das Amostras Mão Braço - Equipamentos com medições no braço Direito e Esquerdo	Nº DE AMOSTRAS %
Grau de confiança =	44,8%
Dif. Grau de confiança = 1	20,7%
Dif. Grau de confiança = 2	24,1%
Dif. Grau de confiança = 3	3,4%
Dif. Grau de confiança => 4	6,9%

Gráfico 29 - Comparação do Grau de Confiança das amostras quando existem medições nos 2 braços

3.6.2.2. Grau de Confiança das amostras de Corpo Inteiro

Conforme podemos verificar no Anexo 6 - WBV 2, o Grau de Confiança destas amostras situa-se nos 90% contrariamente a Mão-Braço onde se verificam valores muito inferiores.

Tabela 50 - Grau de confiança das amostras Corpo Inteiro

	Classifica Amostra	Confiança da Amostra
Equipamento 1	6	90%
Equipamento 2	7	92,50%
Equipamento 3	5	85%
Equipamento 4	5	85%
Equipamento 5	7	92,50%
Equipamento 6	6	90%
Equipamento 7	7	92,50%
Equipamento 8	8	95%
Equipamento 9	6	90%
Equipamento 10	8	95%
Equipamento 11	8	95%
Equipamento 12	8	95%
Equipamento 13	6	90%

O que vem confirmar os resultados obtidos no anexo “A3.2 - Vibrações de Corpo Inteiro - Equipamentos Medidos resumo”.

Tabela 51 - Classificação do nível de confiança das amostras Corpo Inteiro

Confiança da Amostra	Classifica Amostra	Nº DE AMOSTRAS	Nº DE AMOSTRAS %
Inferior a 50%	0	0	0%
50% < Amostra ≤ 75%	1	2	3%
70% < Amostra ≤ 75%	2	0	0%
75% < Amostra ≤ 80%	3	0	0%
80% < Amostra ≤ 85%	4	4	6%
85% < Amostra ≤ 90%	5	5	7%
90% < Amostra ≤ 92,5%	6	11	15%
92,5% < Amostra ≤ 95%	7	20	28%
95% < Amostra ≤ 97,5%	8	22	31%
97,5% < Amostra ≤ 99%	9	4	6%
Amostra > 99%	10	4	6%
TOTAL		72	100,0%

Tabela 52 - Grau de confiança da amostra Equipamento 1 Corpo Inteiro

Valor Ação de Exposição

0,5

Valor Limite de Exposição

1,15

Classifica Amostra

Conf. Amostra

80%

85%

90%

92,50%

95%

97,50%

99%

4

5

6

7

8

9

10

EQUIPAMENTO

1

Equipamento

Empilhador de garfo eléctrico

Tempo das medições (horas)

0,67

Marca

Toyota

Modelo

FBM 16/FBM18020798

ANO

1996

Medição

T medição [s]

awdxij [m/s²]

awdyij [m/s²]

awkzij [m/s²]

Ax1=1,4* awdxij

Ay1=1,4* awdyij

Az1=1* awdzij

Maior VAL por Eixo

AV Eq 13

AV Eq 14

1

240

0,303

0,260

0,806

0,424

0,364

0,806

0,806

0,981

1,029

2

240

0,321

0,357

0,954

0,449

0,500

0,954

0,954

1,167

1,277

3

240

0,224

0,267

0,615

0,314

0,374

0,615

0,615

0,785

0,785

4

240

0,356

0,305

1,142

0,498

0,427

1,142

1,142

1,317

1,450

5

240

0,269

0,271

0,793

0,377

0,379

0,793

0,793

0,956

0,997

6

240

0,299

0,285

0,740

0,419

0,399

0,740

0,740

0,939

0,979

7

240

0,288

0,317

0,815

0,403

0,444

0,815

0,815

1,012

1,072

8

240

0,307

0,278

0,925

0,430

0,389

0,925

0,925

1,092

1,165

9

240

0,334

0,366

1,000

0,468

0,512

1,000

1,000

1,217

1,344

10

240

0,248

0,260

0,693

0,347

0,364

0,693

0,693

0,856

0,874

11

12

Com base em T/Tempo para

V. Ação

V. Lim Ex

Valores Calculad.

Média

0,413

0,415

0,848

0,848

X+σ

Valor Max Encon - Médias

2,78

14,70

Desv Pad

0,055

0,055

0,157

0,157

1,006

Valores Calc.+ Desv. Pad

1,98

10,46

Maior VAL por Eixo Ind

0,498

0,512

1,142

1,142

Maior VAL por Eixo Ind

1,53

8,11

Média+DESVP c/Corr.Am

0,504

0,505

1,107

1,107

VAL. MAX. Distrib

1,15

6,07

VAL. MAX. Distrib

0,579

0,579

1,320

1,320

AV base médias

1,88

9,96

AHV base médias awd

0,413

0,415

0,848

1,031

AV MAX Eq 12

1,15

6,10

Média AV Eq 12

1,032

σ

0,166

AV MAX

1,317

AV MAX Eq 13

0,95

5,03

Média AV Eq 13

1,097

σ

0,210

AV MAX

1,450

Classifica

Confia

80%

85%

90%

92,50%

95%

97,50%

99%

6

Clas

4

5

6

7

8

9

10

Za/2

1,280

1,435

1,645

1,780

1,960

2,240

2,575

σ

0,166

Nº de leituras =

10

Correção Desv

1,645

E

20%

15%

10%

7,5%

5%

2,5%

1%

n=

1

3

7

15

42

220

1816

Confiança da Amostra

Gráfico 30 - Classificação do nível de confiança das amostras Corpo Inteiro

3.7. Vibrações Mão-Braço - Análise comparação de resultados Diretivas 2002/44/CE e 2006/42/CE

No ponto 3.8.1.1 desta tese é referido que o método de cálculo utilizado pelos laboratórios é o “ahv base MÉDIA awd”, conforme se refere também o Anexo 2 e se pode verificar no Anexo 5 - Relatório AHV 1 e em outros relatórios analisados de outros laboratórios de medição. Olhando para o Relatório AHV 1, os resultados para o 1º e 2º equipamento são:

Tabela 53- Medições Relatório AHV 1 – P1

REGISTO	P1	Equipamento		Vibrador betão - motor eléctrico				ANO		??
Marca		Modelo			33,33	Tempo das medições (MIN)				33,33
Braço		DIREITO			10	Med.Nº	ESQUERDO			10
Medição	Tmedição [s]	awdxij [m/s²]	awdyij [m/s²]	awkzij [m/s²]	ahv	Tmedição [s]	awdxij [m/s²]	awdyij [m/s²]	awkzij [m/s²]	ahv
1	200	13,27	8,10	6,05	16,68	200	13,27	8,10	6,05	16,68
2	200	12,71	8,36	5,90	16,32	200	12,71	8,36	5,90	16,32
3	200	13,72	8,61	6,41	17,42	200	13,72	8,61	6,41	17,42
4	200	12,56	8,10	5,94	16,08	200	12,56	8,10	5,94	16,08
5	200	12,43	7,84	5,92	15,84	200	12,43	7,84	5,92	15,84
6	200	13,29	7,75	5,74	16,42	200	13,29	7,75	5,74	16,42
7	200	13,74	8,10	5,94	17,02	200	13,74	8,10	5,94	17,02
8	200	13,57	8,49	5,85	17,04	200	13,57	8,49	5,85	17,04
9	200	13,35	8,40	5,99	16,87	200	13,35	8,40	5,99	16,87
10	200	12,85	8,44	5,89	16,46	200	12,85	8,44	5,89	16,46
Braço		DIREITO					ESQUERDO			
Valores		awdxij	awdyij	awkzij	ahv		awdxij	awdyij	awkzij	ahv
AHV NORMA					16,62		16,62			
Relação eixo/menor valor		1,00	0,63	0,45			1,00	0,63	0,45	
MÉDIAS	Média	13,15	8,22	5,96	16,62		13,15	8,22	5,96	16,62
	Desv Pad	0,48	0,29	0,18	0,48		0,48	0,29	0,18	0,48
VAL Max dist		14,59	9,08	6,49	18,06		14,59	9,08	6,49	18,06
VAL. Max verif.		13,74	8,61	6,41	17,42		13,74	8,61	6,41	17,42
ahv base MÉDIA awd		13,15	8,22	5,96	16,61		13,15	8,22	5,96	16,61
Braço		DIREITO					ESQUERDO			
Tempo (h) para atingir: com base na		VAL Max dist	Val. Max verif.	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv		VAL Max dist	Val. Max verif.	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv
Valor de Acção		0,15	0,16	0,18	0,18		0,15	0,16	0,18	0,18
Valor Lim Exp.		0,61	0,66	0,72	0,72		0,61	0,66	0,72	0,72

2º Equipamento:

Tabela 54 - Medições Relatório AHV1 – P2

REGISTO	2	Equipamento		Vibrador betão - motor gasolina				ANO		
Marca				Modelo				Tempo das medições (horas)		0,67
Braço		DIREITO			11	Med.Nº	ESQUERDO			11
Medição	Tmedição [s]	awdxij [m/s²]	awdyij [m/s²]	awkzij [m/s²]	ahv		awdxij [m/s²]	awdyij [m/s²]	awkzij [m/s²]	ahv
1	220	6,710	4,500	5,460	9,751		6,710	4,500	5,460	9,751
2	220	6,220	4,310	5,580	9,402		6,220	4,310	5,580	9,402
3	220	6,740	4,110	5,380	9,553		6,740	4,110	5,380	9,553
4	220	6,770	4,020	5,490	9,599		6,770	4,020	5,490	9,599
5	220	6,750	3,980	5,410	9,522		6,750	3,980	5,410	9,522
6	220	5,890	3,880	5,410	8,889		5,890	3,880	5,410	8,889
7	220	5,860	3,870	5,580	8,970		5,860	3,870	5,580	8,970
8	220	5,870	3,840	5,570	8,957		5,870	3,840	5,570	8,957
9	220	5,850	3,830	5,510	8,902		5,850	3,830	5,510	8,902
10	220	5,830	3,850	5,430	8,849		5,830	3,850	5,430	8,849
11	220	6,820	4,250	5,530	9,755		6,820	4,250	5,530	9,755
12										
13										
14										
15										
Braço		DIREITO					ESQUERDO			
Valores		a _w dxij	a _w dyij	a _w kzij	ahv		a _w dxij	a _w dyij	a _w kzij	ahv
AHV NORMA					9,29		9,29			
Relação eixo/menor valor		1,000	0,641	0,871			1,000	0,641	0,871	
MÉDIAS	Média	6,301	4,040	5,486	9,29		6,301	4,040	5,486	9,29
	Desv Pad	0,451	0,226	0,073	0,37		0,451	0,226	0,073	0,37
VAL Max dist		7,653	4,719	5,707	10,40		7,653	4,719	5,707	10,40
VAL. Max verif.		6,820	4,500	5,580	9,75		6,820	4,500	5,580	9,75
ahv base MÉDIA awd		6,301	4,040	5,486	9,28		6,301	4,040	5,486	9,28
Braço		DIREITO					ESQUERDO			
Tempo (h) para atingir: com base na		VAL Max dist	Val. Max verif.	AHV NORMA	MEDIA dos ahv		VAL Max dist	Val. Max verif.	AHV NORMA	MEDIA dos ahv
Valor de Acção		0,46	0,53	0,58	0,58		0,46	0,53	0,58	0,58
Valor Lim Exp.		1,85	2,10	2,32	2,32		1,85	2,10	2,32	2,32

A fórmula utilizada no relatório e aqui indicada como “ahv base MÉDIA awd” dá para o 1º equipamento 16,61 m/s² e para o 2º equipamento 9,28 m/s². Aqui parece haver perfeita concordância entre as práticas utilizadas e o proposto pelas diretivas. Existe no entanto outra forma de calcular o ahv, que é ser calculado o ahv de cada medição e de seguida calcular a média, utilizando a formula referida como “MÉDIAS – Média dos ahv”, onde obtemos o valor de 16,62 m/s² para o 1º equipamento e a 9,29 m/s² para o 2º equipamento, estes valores são semelhantes ao indicado no Relatório como ahv m/s² (16,60 e 9,29 m/s²).

Se utilizarmos esta forma de cálculo permite-nos saber o desvio padrão encontrado nas médias dos ahv, que para o 1º equipamento é de 0,48 e para o segundo de 0,37 m/s². No entanto quando olhamos para a norma e utilizando a fórmula referida na equação 12 do ponto 3.8.1.1 e na equação 3 do Anexo 2, obtemos o que designei como “AHV NORMA”, que é a Média ponderada dos ahv em função dos tempos de medição. Aqui como os tempos de medição são iguais também vamos obter também o valor de 16,62 m/s² e de 9,29 m/s². Esta metodologia “AHV NORMA”, no caso do 1º e 2º equipamento, parece ter pouca importância uma vez que os tempos de medição são iguais ou praticamente iguais. A mesma passa a ter peso, quando e se existirem tempos de medição substancialmente diferentes associados a valores de vibração também diferentes. No anexo “Anexo 2 - Vibrações Mão-Braço” e “A 2.2.1 - Vibrações Mão Braço - resumo Tempo VLA”, podemos verificar que as diferenças obtidas entre os dois métodos, são sempre pequenas nos 72 equipamentos avaliados, devido ao fato dos tempos de medição serem iguais ou muito semelhantes.

Vejamos o que sucede se seguirmos uma análise do tipo da proposta na nova diretiva máquinas para as vibrações de corpo inteiro, isto é tomarmos o mais elevado valor de ahv encontrado. Encontramos para o 1º equipamento “VAL. Max verif” de 17,42 m/s² e “VAL Max dist =18,06 m/s²”, para o 2º equipamento “VAL. Max verif” de 9,75 m/s² e “VAL Max dist =10,40 m/s²”, respetivamente, sendo que os últimos valores apresentam a probabilidade de cobrir a totalidade dos valores que se podem verificar, que conforme podemos observar normalmente não são superiores ao “VAL. Max verif”. Estas diferenças, nas metodologias utilizadas para efetuar os cálculos, que parecem ter pouco significado, têm importância quando vamos calcular os Tempos (h) para atingir o “Valor de Ação” e o “Valor Lim Exp”.

Tabela 55 - Tempos de exposição para atingir Relatório AHV1-Equipamento 1 –
Medições Mão-braço

Braço	DIREITO				ESQUERDO			
Tempo (h) para atingir: com base na	VAL Max dist	Val. Max verif.	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv	VAL Max dist	Val. Max verif.	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv
Valor de Ação	0,15	0,16	0,18	0,18	0,15	0,16	0,18	0,18
Valor Lim Exp.	0,61	0,66	0,72	0,72	0,61	0,66	0,72	0,72

Tabela 56 - Tempos de exposição para atingir Relatório AHV1-Equipamento 2 –
Medições Mão-braço

Braço	DIREITO				ESQUERDO			
Tempo (h) para atingir: com base na	VAL Max dist	Val. Max verif.	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv	VAL Max dist	Val. Max verif.	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv
Valor de Acção	0,46	0,53	0,58	0,58	0,46	0,53	0,58	0,58
Valor Lim Exp.	1,85	2,10	2,32	2,32	1,85	2,10	2,32	2,32

Conforme podemos verificar enquanto no 1º equipamento existem diferenças pouco significativas, já existem diferenças com algum significado nos tempos para atingir os Valores de Acção e Limite de exposição, no caso do 2º equipamento. Se verificarmos agora os resultados finais indicados neste relatório já com os valores da incerteza incluídos (ver anexo 2) temos, para um trabalhador a utilizar os dois equipamentos:

Tabela 57 - Valores de exposição Relatório AHV 1

Nome	Posto de trabalho	Tempo de exposição	ahv [m/s²]	A _i (8) [m/s²]	A(8) [m/s²]	Incerteza Combinada u [m/s²]	Factor de Expansão k	Incerteza [m/s²]	A(8) + Incerteza [m/s²]
Paulo Rosa	P1	10 min	16,60	2,40	2,7	0,2	1,7	0,4	3,1
			16,6 - esq.	2,4 - esq.					
			16,6 - dir.	2,4 - dir.					
	P2	10 min	9,29	1,30	2,7 - esq.	0,2 - esq.	1,7 - esq.	0,4 - esq.	3,1 - esq.
			9,29 - esq.	1,3 - esq.					
			9,29 - dir.	1,3 - dir.					

Tabela 58 - Valores de exposição em função do Val Max Distrib Relatório AHV 1

Posto de Trabalho	Tempo de Exposição	ahv [m/s²]	Desv padrão	ahv + 3* Desv pad [m/s²]	A(8) [m/s²]	A(8) + Incerteza
P1	10 min	16,62	0,48	18,06	2,61	3,01
P2	10 min	9,29	0,37	10,4	1,50	

Conforme verificamos os valores finais obtidos são iguais. Subsiste a dúvida, será que uma análise mais completa destes valores, no limite não tenderá para uma distribuição normal, quando até aqui nos parece que estamos a trabalhar com uma distribuição do tipo truncada i.e limitada nos seus valores. Observando outras

medições efetuadas noutra empresa por outro laboratório, por isso designado por Equip 1 /registro 3, temos:

Tabela 59 - Medições Relatório AHV2 – Equip 1 /registro 3

REGISTO	3	Equipamento				Roçadora				ANO	2002
Marca	STIHL	Modelo			7,00	Tempo das medições (MIN)					16,00
Braço		DIREITO				4	Med.Nº	ESQUERDO			7
Medição	Tmedição [s]	awdxij [m/s²]	awdyij [m/s²]	awkzij [m/s²]	ahv	Tmedição [s]	awdxij [m/s²]	awdyij [m/s²]	awkzij [m/s²]	ahv	
1	105,0	0,95	0,88	0,82	1,53	137,1	5,24	4,22	3,38	7,53	
2	105,0	1,02	1,14	0,84	1,74	105,0	6,00	4,30	3,41	8,13	
3	105,0	0,91	0,95	0,88	1,59	105,0	5,98	4,39	3,85	8,36	
4	105,0	0,83	0,91	0,79	1,46	105,0	5,19	4,59	3,52	7,77	
5						105,0	3,48	4,51	3,72	6,80	
6						105,0	3,91	5,03	3,34	7,19	
7						105,0	6,95	5,24	4,28	9,70	
Braço		DIREITO				ESQUERDO					
Valores		awdxij	awdyij	awkzij	ahv		awdxij	awdyij	awkzij	ahv	
AHV NORMA					1,58					8,13	
Relação eixo/menor valor		0,95	1,00	0,86			1,00	0,88	0,69		
MÉDIAS	Média	0,93	0,97	0,83	1,58		5,25	4,61	3,64	7,93	
	Desv Pad	0,08	0,12	0,04	0,12		1,22	0,38	0,34	0,94	
VAL Max dist		1,17	1,32	0,95	1,94		8,91	5,76	4,66	10,76	
VAL. Max verif.		1,02	1,14	0,88	1,74		6,95	5,24	4,28	9,70	
ahv base MÉDIA awd		0,93	0,97	0,83	1,58		5,25	4,61	3,64	7,88	
Braço		DIREITO				ESQUERDO					
Tempo (h) para atingir: com base na		VAL Max dist	Val. Max verif.	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv	VAL Max dist	Val. Max verif.	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv		
Valor de Acção		13,29	16,44	19,92	20,01	0,43	0,53	0,76	0,80		
Valor Lim Exp.		53,15	65,78	79,68	80,02	1,73	2,13	3,03	3,18		

Tabela 60 - Medições Relatório AHV2 – Equipamentos 2,3,4 / registos 4,5,6

REGISTO	4	Equipamento			Soprador			ANO	2004	
Marca	STIHL	Modelo			20,00	Tempo das medições (MIN)				
Braço		DIREITO			4	Med.Nº	ESQUERDO			0
Medição	Tmedição [s]	awdxij [m/s²]	awdyij [m/s²]	awkzij [m/s²]	ahv		awdxij [m/s²]	awdyij [m/s²]	awkzij [m/s²]	ahv
1	300	0,95	0,88	0,82	1,53					
2	300	1,02	1,14	0,84	1,74					
3	300	0,91	0,95	0,88	1,59					
4	300	0,83	0,91	0,79	1,46					
Braço		DIREITO					ESQUERDO			
Valores		awdxij	awdyij	awkzij	ahv		awdxij	awdyij	awkzij	ahv
AHV NORMA					1,58					
Relação eixo/menor valor		0,95	1,00	0,86						
MÉDIAS	Média	0,93	0,97	0,83	1,58					
	Desv Pad	0,08	0,12	0,04	0,12					
VAL Max dist		1,17	1,32	0,95	1,94					
VAL. Max verif.		1,02	1,14	0,88	1,74					
ahv base MÉDIA awd		0,93	0,97	0,83	1,58					
Braço		DIREITO					ESQUERDO			
Tempo (h) para atingir: com base na		VAL Max dist	Val. Max verif.	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv		VAL Max dist	Val. Max verif.	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv
Valor de Acção		13,29	16,44	19,92	20,01					
Valor Lim Exp.		53,15	65,78	79,68	80,02					

REGISTO	5	Equipamento		Pistola de alta pressão Lavagem Viaturas			ANO			
Marca	Nilfish	Modelo			8,00	Tempo das medições (MIN)				
Braço		DIREITO			4	Med.Nº	ESQUERDO			0
Medição	Tmedição [s]	awdxij [m/s²]	awdyij [m/s²]	awkzij [m/s²]	ahv	Tmedição [s]	awdxij [m/s²]	awdyij [m/s²]	awkzij [m/s²]	ahv
1	120,0	1,59	0,78	0,82	1,95					
2	120,0	1,74	0,98	0,89	2,18					
3	120,0	1,62	0,87	0,94	2,06					
4	120,0	1,44	0,84	0,79	1,85					
Braço		DIREITO					ESQUERDO			
Valores		awdxij	awdyij	awkzij	ahv		awdxij	awdyij	awkzij	ahv
AHV NORMA					2,02					
Relação eixo/menor valor		1,00	0,54	0,54						
MÉDIAS	Média	1,60	0,87	0,86	2,01					
	Desv Pad	0,12	0,08	0,07	0,15					
VAL Max dist		1,97	1,12	1,06	2,45					
VAL. Max verif.		1,74	0,98	0,94	2,18					
ahv base MÉDIA awd		1,60	0,87	0,86	2,01					
Braço			DIREITO			ESQUERDO				
Tempo (h) para atingir: com base na			VAL Max dist	Val. Max verif.	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv	VAL Max dist	Val. Max verif.	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv
Valor de Acção			8,34	10,48	12,31	12,36				
Valor Lim Exp.			33,36	41,91	49,25	49,44				

REGISTO	6	Equipamento			Pistola de alta pressão Lavagem molok's				ANO	2008	
Marca	Nilfsish	Modelo				9,33	Tempo das medições (MIN)				
Braço		DIREITO				7	Med.Nº	ESQUERDO			0
Medição	Tmedição [s]	awdxij [m/s²]	awdyij [m/s²]	awkzij [m/s²]	ahv	Tmedição [s]	awdxij [m/s²]	awdyij [m/s²]	awkzij [m/s²]	ahv	
1	140,0	0,71	2,55	1,01	2,83						
2	140,0	1,51	3,38	1,40	3,96						
3	140,0	0,70	2,91	0,81	3,10						
4	140,0	0,66	3,06	0,98	3,28						
5	140,0	0,84	2,56	0,84	2,82						
6	140,0	0,86	3,26	1,05	3,53						
7	140,0	1,34	2,86	0,86	3,27						
Braço		DIREITO					ESQUERDO				
Valores		a _w dxij	a _w dyij	a _w kzij	ahv		a _w dxij	a _w dyij	a _w kzij	ahv	
AHV NORMA					3,28						
Relação eixo/menor valor		0,32	1,00	0,34							
MÉDIAS	Média	0,95	2,94	0,99	3,26						
	Desv Pad	0,34	0,32	0,20	0,40						
VAL Max dist		1,96	3,90	1,60	4,46						
VAL. Max verif.		1,51	3,38	1,40	3,96						
ahv base MÉDIA awd		0,95	2,94	0,99	3,24						
Braço		DIREITO					ESQUERDO				
Tempo (h) para atingir: com base na		VAL Max dist	Val. Max verif.	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv	VAL Max dist	Val. Max verif.	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv		
Valor de Acção		2,52	3,19	4,65	4,71						
Valor Lim Exp.		10,06	12,77	18,62	18,86						

Tabela 61 - Resumo das medições Relatórios AHV 1 e 2

REGI STO	EQUIPAMENTO	MARCA	MODELO	ANO	Nº de Medi ções	Temp Effect Med h	Posição Braço	AHV VAL Max dist	AHV VAL.M ax ver.	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv	ahv MÉDIA awd	Max Verif. /Max. Dist
1	Vibrador M. Elétrico	nn	nn	nn	10	0,56	Direito	18,06	17,42	16,62	16,62	16,62	96,46%
1					10	0,56	Esquerdo	18,06	17,42	16,62	16,62	16,62	96,46%
2	Vibrador M. Gasolina	nn	nn	nn	11	0,67	Direito	10,4	9,75	9,29	9,29	9,28	93,75%
2					11	0,67	Esquerdo	10,4	9,75	9,29	9,29	9,28	93,75%
3	Roçadora	STIHL	nn	2002	4	0,12	Direito	1,94	1,74	1,58	1,58	1,58	89,69%
3					7	0,27	Esquerdo	10,76	9,7	8,13	7,93	7,88	90,15%
4	Soprador	STIHL	nn	2004	4	0,33	Direito	1,94	1,74	1,58	1,58	1,58	89,69%
4							Esquerdo						
5	P. Alta Pres Viaturas	Nilfsish	nn	2010	4	0,13	Direito	2,45	2,18	2,02	2,01	2,01	88,98%
5							Esquerdo						
6	P. Alta Pres Moloks	Nilfsish	nn	2008	7	0,16	Direito	4,46	3,96	3,28	3,26	3,24	88,79%
6							Esquerdo						
			Média		7,6	0,4							91,97%

No Anexo 2 verificamos na “Tabela 39 - Valores obtidos nas medições com as diferentes fórmulas de cálculo”, que obtemos para os 72 equipamentos medidos uma média dos valores $(\text{Max Verif.} / \text{Max. Dist}) = 87,2\%$. Verificando-se que de entre os valores medidos existem valores próximos de um valor chamado valor Máximo da Distribuição calculado pela fórmula $(\text{média} + 3 \times \text{desvio padrão})$. Verifica-se então, uma situação dúbia, que pode induzir em erro, resultante de não ser indicada de forma clara, a forma correta para efetuar os cálculos resultantes da amostra e, por isso qual o valor que devemos tomar para calcular os V.A. e os V.L.E, para cumprir os valores limite definidos e indicados na normas ou na diretiva. Aqui também se pode confirmar a situação indicada no ponto anterior relativamente ao registo dos equipamentos.

Verificando-se para além do já referido mais uma situação que se prende com a dimensão das amostras realizadas, sabendo por exemplo, que os trabalhadores que executam funções com a Roçadora, poderão trabalhar com este equipamento por vezes mais de 2 horas por dia, ultrapassando por isso o valor de ação e por vezes estar perto ou atingir o V.L.E, sendo por isso muito importante também controlar os valores dos Tempos de Exposição.

Estas situações serão analisadas na continuação desta tese, assim como no Anexo 2, onde são analisadas as medições de mais 72 equipamentos, relativamente aos pontos acima referidos.

No entanto podemos encontrar em Frequency Weightings for Hand-Transmitted Vibration (Kim-J; Welcome-DE; Dong-RG; Song-WJ; Hayden-C 2007), que os autores referem sobre a forma como são efetuadas as medições Mão-Braço que: *“as diretrizes, atuais para avaliar o risco para a saúde provocado pelas vibrações mão-braço são baseados no nível de aceleração ponderada em frequência r.m.s, portanto não consideram na íntegra o efeito das variações temporais da energia espectral. O efeito do tempo envolvido com a análise de frequência pode subestimar gravemente o risco da utilização média no cálculo das vibrações nas ferramentas de impacto. A análise tempo-frequência (TF) é necessária para caracterizar um sinal altamente transitório cujas características espectrais podem mudar rapidamente no tempo”*.

3.8. Vibrações Corpo Inteiro - Análise comparação de resultados Diretivas 2002/44/CE e 2006/42/CE

Conforme foi referido anteriormente existem 2 métodos de cálculo para as vibrações de corpo inteiro, um baseado nos valores r.m.s. e outro baseado no cálculo do VDV. No ponto 3.8.2 desta tese refere-se que existem em vigor 2 formas para determinar o valor r.m.s da exposição de corpo inteiro, uma indicada pela norma ISO 2361:1997e pela Diretiva Vibrações 2002/44/CE, outra referida pela nova Diretiva Máquinas 2006/42/CE. No Anexo 3 é efetuada a análise de 72 medições seguindo o método indicado pela Diretiva 2002/44/CE, aquele que é normalmente usado pelos laboratórios que efetuam as medições. O método definido pela nova Diretiva Máquinas 2006/42/CE, indica que se deve utilizar valor total das vibrações, considerando-se mais alto valor médio quadrático da aceleração ponderada, a que está exposto todo o corpo. Existem no entanto 2 fórmulas para calcular o valor total das vibrações Equações 12 e 14 de acordo com o indicado no ponto 3.8.2.2 supra citado.

$$a_v = \sqrt{k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2}$$

Equação 13

$$a_v = \sqrt{1.4 a_{wx}^2 + 1.4 a_{wy}^2 + a_{wz}^2}$$

Equação 14

Sendo por isso de todo o interesse, verificar as diferenças encontradas entre o método proposto pela Diretiva 2002/44/CE e respetiva norma e o que é normalmente utilizado e indicado na nova Diretiva Máquinas de 2006 (equação 13), assim como as diferenças verificadas utilizando as 2 equações (13 e 14)

Sendo que o que é feito na prática pelos Laboratórios Acreditados é calcular a média dos $K \cdot a_w$, escolhendo-se de seguida o maior valor, conforme se pode verificar no Anexo B, Relatório WBV 1

Tabela 62- Valores considerados - Relatório WBV 1 – Cálculo AWW

EMPILHADOR 1

Medição	Descrição	T _{medição} [s]	a _{wdxij} [m/s ²]	a _{wdyij} [m/s ²]	a _{wkzij} [m/s ²]	K*aw			awd MAX	AWV
						a _{wx}	a _{wy}	a _{wz}		
EMP1.1	Produção	240	0,303	0,260	0,806	0,424	0,364	0,806	0,806	0,981
EMP1.2	Produção	240	0,321	0,357	0,954	0,449	0,500	0,954	0,954	1,167
EMP1.3	Produção	240	0,224	0,267	0,615	0,314	0,374	0,615	0,615	0,785
EMP1.4	Produção	240	0,356	0,305	1,142	0,498	0,427	1,142	1,142	1,317
EMP1.5	Produção	240	0,269	0,271	0,793	0,377	0,379	0,793	0,793	0,956
EMP1.6	Produção	240	0,299	0,285	0,740	0,419	0,399	0,740	0,740	0,939
EMP1.7	Produção	240	0,288	0,317	0,815	0,403	0,444	0,815	0,815	1,012
EMP1.8	Produção	240	0,307	0,278	0,925	0,430	0,389	0,925	0,925	1,092
EMP1.9	Produção	240	0,334	0,366	1,000	0,468	0,512	1,000	1,000	1,217
EMP1.10	Produção	240	0,248	0,260	0,693	0,347	0,364	0,693	0,693	0,856
Média			0,2949	0,2966	0,8483	0,413	0,415	0,848	0,848	1,032
Desv Pad			0,0396	0,0389	0,1573	0,0554	0,0545	0,1573	0,1573	0,1655

AWV Máximo 1,317

EMPILHADOR 2

Medição	Descrição	T _{medição} [s]	a _{wdxij} [m/s ²]	a _{wdyij} [m/s ²]	a _{wkzij} [m/s ²]	K*aw			awd MAX	AHV
						a _{wx}	a _{wy}	a _{wz}		
EMP2.1	Produção	240	0,332	0,324	0,831	0,465	0,454	0,831	0,831	1,055
EMP2.2	Produção	240	0,344	0,345	0,818	0,482	0,483	0,818	0,818	1,065
EMP2.3	Produção	240	0,308	0,360	0,681	0,431	0,504	0,681	0,681	0,951
EMP2.4	Produção	240	0,320	0,376	0,758	0,448	0,526	0,758	0,758	1,026
EMP2.5	Produção	240	0,290	0,348	0,630	0,406	0,487	0,630	0,630	0,894
Média			0,3188	0,3506	0,7436	0,4463	0,4908	0,7436	0,744	0,998
Desv Pad			0,0210	0,0192	0,0869	0,0293	0,0269	0,0869	0,0869	0,0734

AWV Máximo 1,065

EMPILHADOR 3

Medição	Descrição	T _{medição} [s]	a _{wdxij} [m/s²]	a _{wdyij} [m/s²]	a _{wkzij} [m/s²]	K*aw			awd MAX	AHV
						a _{wx}	a _{wy}	a _{wz}		
EMP3.1	Produção	240	0,215	0,178	0,385	0,301	0,249	0,385	0,385	0,549
EMP3.2	Produção	240	0,340	0,291	0,475	0,476	0,407	0,475	0,476	0,786
EMP3.3	Produção	240	0,422	0,412	0,287	0,591	0,577	0,287	0,591	0,874
EMP3.4	Produção	240	0,205	0,162	0,360	0,287	0,227	0,360	0,360	0,513
EMP3.5	Produção	240	0,197	0,169	0,307	0,276	0,237	0,307	0,307	0,476
EMP3.6	Produção	240	0,170	0,160	0,277	0,238	0,224	0,277	0,277	0,428
EMP3.7	Produção	240	0,106	0,103	0,239	0,148	0,144	0,239	0,239	0,316
EMP3.8	Produção	240	0,152	0,147	0,263	0,213	0,206	0,263	0,263	0,396
EMP3.9	Produção	240	0,167	0,167	0,232	0,234	0,234	0,232	0,234	0,404
Média			0,2193	0,1988	0,3139	0,3071	0,2783	0,3139	0,314	0,527
Desv Pad			0,0993	0,0942	0,0792	0,1390	0,1319	0,0792	0,1390	0,1862

AWV Máximo 0,874

EMPILHADOR 4

Medição	Descrição	T _{medição} [s]	a _{wdxij} [m/s²]	a _{wdyij} [m/s²]	a _{wkzij} [m/s²]	K*aw			awd MAX	AHV
						a _{wx}	a _{wy}	a _{wz}		
EMP4.1	Produção	240	0,215	0,178	0,385	0,301	0,249	0,385	0,385	0,549
EMP4.2	Produção	240	0,340	0,291	0,475	0,476	0,407	0,475	0,476	0,786
EMP4.3	Produção	240	0,422	0,412	0,287	0,591	0,577	0,287	0,591	0,874
EMP4.4	Produção	240	0,205	0,162	0,360	0,287	0,227	0,360	0,360	0,513
EMP4.5	Produção	240	0,197	0,169	0,307	0,276	0,237	0,307	0,307	0,476
EMP4.6	Produção	240	0,170	0,160	0,277	0,238	0,224	0,277	0,277	0,428
EMP4.7	Produção	240	0,106	0,103	0,239	0,148	0,144	0,239	0,239	0,316
EMP4.8	Produção	240	0,152	0,147	0,263	0,213	0,206	0,263	0,263	0,396
EMP4.9	Produção	240	0,167	0,167	0,232	0,234	0,234	0,232	0,234	0,404
Média			0,2193	0,1988	0,3139	0,3071	0,2783	0,3139	0,314	0,527
Desv Pad			0,0993	0,0942	0,0792	0,1390	0,1319	0,0792	0,1390	0,1862

AWV Máximo 0,874

Tabela 63 - Valores considerados - Relatório WBV 1

	Média			K*aw - Média		
	a_{wdxij}	a_{wdyij}	a_{wkzij}	a_{wdxij}	a_{wdyij}	a_{wkzij}
	[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]
EMP1	0,295	0,297	0,848	0,413	0,415	0,848
EMP2	0,319	0,351	0,744	0,446	0,491	0,744
EMP3	0,219	0,199	0,314	0,307	0,278	0,314
EMP4	0,219	0,199	0,314	0,307	0,278	0,314

Tabela 64 - Resumo das Operações, Medições e Tempos de Exposição - Relatório WBV 1

Operação	Medições	T _{medic} [s]	T _i [s]	Temp o Real	Amostragem %	$\sqrt{T/T_0}$
EMP1_1	EMP1.1; EMP1.2; EMP1.3; EMP1.4; EMP1.5; EMP1.6; EMP1.7; EMP1.8; EMP1.9; EMP1.10	240	3600	3744	6,41%	0,3536
EMP1_2	EMP1.1; EMP1.2; EMP1.3; EMP1.4; EMP1.5; EMP1.6; EMP1.7; EMP1.8; EMP1.9; EMP1.10	240	10800	11232	2,14%	0,6124
EMP2_1	EMP2.1; EMP2.2; EMP2.3; EMP2.4; EMP2.5	240	3600	3744	6,41%	0,3536
EMP2_2	EMP2.1; EMP2.2; EMP2.3; EMP2.4; EMP2.5	240	7200	7488	3,21%	0,5000
EMP2_3	EMP2.1; EMP2.2; EMP2.3; EMP2.4; EMP2.5	240	14400	14976	1,60%	0,7071
EMP3_1	EMP3.1; EMP3.2; EMP3.3; EMP3.4; EMP3.5; EMP3.6; EMP3.7; EMP3.8; EMP3.9	240	7200	7488	3,21%	0,5000
EMP3_2	EMP3.1; EMP3.2; EMP3.3; EMP3.4; EMP3.5; EMP3.6; EMP3.7; EMP3.8; EMP3.9	240	3600	3744	6,41%	0,3536
EMP4_1	EMP4.1; EMP4.2; EMP4.3; EMP4.4; EMP4.5; EMP4.6; EMP4.7; EMP4.8; EMP4.9	240	3600	3744	6,41%	0,3536
EMP4_2	EMP4.1; EMP4.2; EMP4.3; EMP4.4; EMP4.5; EMP4.6; EMP4.7; EMP4.8; EMP4.9	240	7200	7488	3,21%	0,5000

Tabela 65 - Valor de Exposição Diária calculado em função de Ti - Relatório WBV 1
(reanalise)

Grupo de Trab.	Operação	$A(8)_{\bar{x}}$ [m/s ²]	$A(8)_{\bar{y}}$ [m/s ²]	$A(8)_{\bar{z}}$ [m/s ²]	$A(8)$ [m/s ²]	U [m/s ²]	$A(8)+U$ [m/s ²]
T1	EMP1_1	0,146	0,147	0,300	0,399	0,0328	0,43
	EMP2_1	0,158	0,174	0,263			
T2	EMP3_1	0,154	0,139	0,157	0,192	0,0385	0,23
	EMP4_1	0,109	0,098	0,111			
T3	EMP3_2	0,109	0,098	0,111	0,192	0,0385	0,23
	EMP4_2	0,154	0,139	0,157			
T4	EMP2_2	0,223	0,245	0,372	0,372	0,0437	0,42
T5	EMP2_3	0,316	0,347	0,526	0,526	0,0620	0,59
T6	EMP1_2	0,253	0,254	0,519	0,519	0,0626	0,58

Conforme podemos verificar a metodologia de cálculo aplicada é a referida na NTP 839 e na restante documentação, isto é “no caso no caso de vibração de corpo inteiro, é o máximo dos valores encontrados em $1,4a_{wx}$, $1,4a_{wy}$, a_{wz} ”.

Aplicando o definido pela nova diretiva Máquinas “Valor total das vibrações”, mas utilizando a Equação 12 teremos:

Tabela 66 - Relatório WBV 1- Valor total das vibrações

	Média			K*aw - Média			Valor total das Vibrações - Média dos awd	Média AHV	AHV Máximo
	a_{wdxij}	a_{wdyij}	a_{wkzij}	a_{wdxij}	a_{wdyij}	a_{wkzij}			
	[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]			
EMP1	0,295	0,297	0,848	0,413	0,415	0,848	1,031	1,032	1,317
EMP2	0,319	0,351	0,744	0,446	0,491	0,744	0,997	0,998	1,065
EMP3	0,219	0,199	0,314	0,307	0,278	0,314	0,520	0,527	0,874
EMP4	0,219	0,199	0,314	0,307	0,278	0,314	0,520	0,527	0,874

Tabela 67– Resultados do Cálculo do Valor de Exposição Diária base AHV - Em função de Ti

Grupo de Trab.	Operação	Valores do Relatório A(8)+U [m/s ²]	Média AHV [m/s ²]	A(8) [m/s ²]	AHV Máximo [m/s ²]	A(8) V.Max [m/s ²]
T1	EMP1_1	0,43	0,365	0,51	0,466	0,60
	EMP2_1		0,353		0,377	
T2	EMP3_1	0,23	0,263	0,32	0,437	0,54
	EMP4_1		0,186		0,309	
T3	EMP3_2	0,23	0,186	0,32	0,309	0,54
	EMP4_2		0,263		0,437	
T4	EMP2_2	0,42	0,499	0,50	0,533	0,53
T5	EMP2_3	0,59	0,706	0,71	0,753	0,75
T6	EMP1_2	0,58	0,632	0,63	0,807	0,81

Conforme podemos verificar na situação apresentada no relatório, seguindo a metodologia da Diretiva 2002/44/CE “Valores do Relatório A(8)+U [m/s²], somente o grupo de trabalhadores T5 e T6, ultrapassam o valor de ação.

No entanto quando consideramos o valor total das vibrações com base na média dos valores verificados (A(8) [m/s²]), já o grupo de trabalhadores T1 e T4 passam a estar acima do valor de ação, sendo que quando consideramos o A(8) com base no “V.Max AV” verificado, todos os grupos passam a estar com um valor superior ao Valor de Ação. A semelhança do que foi feito para as vibrações Mão-Braço, foi criada uma folha de cálculo, de forma a se poderem registar e analisar os resultados, face as diferentes metodologias utilizadas.

Sendo necessário explicar alguns dos termos aqui utilizados:

Valores Calculados - Média+σ

Tabela 68 - Valores Calculados

Valores Calculad.	Média	0,413	0,415	0,848	0,848	$\bar{x} + \sigma$
	Desv Pad	0,055	0,055	0,157	0,157	1,006

Foram calculadas as médias das colunas awd x,y,z com a ponderação, sendo ao maior valor encontrado adicionado o desvio padrão verificado nas medições desse eixo. Esta era uma possível solução para se avaliar os valores das vibrações.

Valor Max Encon Médias awd

Tabela 69 - Valores Calculados Média EQ 1

Valores Calculad.	Média	0,413	0,415	0,848	0,848	Max Encon
-------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-----------

A solução prevista na norma NP EN ISO 2631-1:2007 e utilizada pelos laboratórios acreditados conforme referido anteriormente. São calculadas as médias das colunas awd x,y,z com a ponderação, sendo ao maior valor encontrado somada a incerteza calculada (ver Anexos 2 e 3). Podemos também encontrar indicações sobre o cálculo das incertezas em “INCERTEZA DE MEDIÇÃO: guia prático do avaliador de laboratórios” (RS, 2013) ou em “Avaliação de dados de medição — Guia para a expressão de incerteza de medição” (Antonio Carlos Baratto e outros, 2008).

Maior VAL por Eixo ind

Aqui olhou-se para cada coluna de awd com ponderação e selecionou-se em cada medição o valor mais alto verificado, tomando-se de seguida o mais elevado de entre os três, isto é escolheu-se o maior valor encontrado no conjunto dos 3 eixos.

Tabela 70 - Valores Calculados Maior VAL por Eixo ind EQ 1

Maior VAL por Eixo ind	0,498	0,512	1,142	1,142
------------------------	-------	-------	-------	-------

3.8.1.1. Explicação da base para os cálculos

Tabela 71- Folha de cálculo para registar os resultados Corpo Inteiro – Equip 1

Valor Ação de Exposição		0,5		Valor Limite de Exposição		1,15		<table><tr><td>Classif. Amostra</td><td>Conf. Amostra</td><td>80%</td><td>85%</td><td>90%</td><td>92,50%</td><td>95%</td><td>97,50%</td><td>99%</td></tr><tr><td></td><td></td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td></tr></table>									Classif. Amostra	Conf. Amostra	80%	85%	90%	92,50%	95%	97,50%	99%			4	5	6	7	8	9	10
Classif. Amostra	Conf. Amostra	80%	85%	90%	92,50%	95%	97,50%	99%																										
		4	5	6	7	8	9	10																										
EQUIPAMENTO		1																																
Equipamento		Empilhador de garfo eléctrico				Tempo das medições (horas)		0,67																										
Marca	Toyota	Modelo FBM 16/FBM18020798				ANO		1996																										
Medição	T _{medição} [s]	awdxij [m/s²]	awdyij [m/s²]	awdzij [m/s²]	Ax1=1,4 ⁺ awdxij	Ay1=1,4 ⁺ awdyij	Az1=1 ⁺ awdzij	Maior VAL por Eixo	AV Eq 13	AV Eq 14																								
1	240	0,303	0,280	0,808	0,424	0,384	0,808	0,806	0,981	1,029																								
2	240	0,321	0,357	0,954	0,449	0,500	0,954	0,954	1,167	1,277																								
3	240	0,224	0,287	0,615	0,314	0,374	0,615	0,615	0,785	0,785																								
4	240	0,356	0,305	1,142	0,498	0,427	1,142	1,142	1,317	1,450																								
5	240	0,289	0,271	0,793	0,377	0,379	0,793	0,793	0,956	0,997																								
6	240	0,299	0,285	0,740	0,419	0,399	0,740	0,740	0,939	0,979																								
7	240	0,288	0,317	0,815	0,403	0,444	0,815	0,815	1,012	1,072																								
8	240	0,307	0,278	0,925	0,430	0,389	0,925	0,925	1,092	1,165																								
9	240	0,334	0,366	1,000	0,468	0,512	1,000	1,000	1,217	1,344																								
10	240	0,248	0,260	0,693	0,347	0,364	0,693	0,693	0,856	0,874																								
11																																		
12																																		
Com base em T/Tempo para		V. Ação	V.Lim Ex	Valores	Média	0,413	0,415	0,848	0,848	X+ σ																								
Valor Max Encon - Médias		2,78	14,70	Valores	Desv Pad	0,055	0,055	0,157	0,157	1,006																								
Valores Calc.+ Desv. Pad		1,98	10,46	Maior VAL por Eixo Ind		0,498	0,512	1,142	1,142																									
Maior VAL por Eixo Ind		1,53	8,11	Média+DESVP c/Corr.Am		0,504	0,505	1,107	1,107																									
VAL. MAX. Distrib		1,15	6,07	VAL. MAX. Distrib		0,579	0,579	1,320	1,320																									
AV base médias		1,88	9,98	AHV base médias awd		0,413	0,415	0,848		1,031																								
AV MAX Eq 12		1,15	6,10	Média AV Eq 12		1,032	σ	0,166	AV MAX	1,317																								
AV MAX Eq 13		0,95	5,03	Média AV Eq 13		1,097	σ	0,210	AV MAX	1,450																								

Classif. Amostra	Conf. Amostra	80%	85%	90%	92,50%	95%	97,50%	99%	
		4	5	6	7	8	9	10	
6	Clas	4	5	6	7	8	9	10	
	Za/2	1,280	1,435	1,645	1,780	1,960	2,240	2,575	
	σ	0,166	Nº de leituras = 10		Correção Desv				1,645
	E	20%	15%	10%	7,5%	5%	2,5%	1%	
	n=	1	3	7	15	42	220	1816	

Média+DESVP c/Corr.Am

A amostra de equipamento apresenta um Grau de Confiança 6 isto é 90%, sendo o fator de correção de 1,645 (Anexo WBV 2), que neste caso é igual a situação prevista pela base de dados PAF. Sendo de seguida tomado o maior valor verificado. (exemplo: $0,413 + (1,645 \cdot 0,055) = 0,504$).

Tabela 72 - Média + DESVP c/Corr.Am EQ 1

Média + DESVP c/Corr.Am	0,504	0,505	1,107	1,107
----------------------------	-------	-------	-------	-------

Continuamos aqui a tomar o maior valor verificado.

VAL. MAX. Distrib

Tabela 73 - VAL. MAX. Distrib EQ 1

VAL. MAX. Distrib	0,579	0,579	1,320	1,320
	(Médias + 3* desvio padrão) das colunas acima awd x,y,z			O maior valor encontrado

Qualquer uma das formas de cálculo até aqui apresentadas, têm como base “o maior valor por eixo”, situação até aqui utilizada. Considerando o valor eficaz, vamos encontrar um método semelhante ao até aqui usado no cálculo das vibrações Mão-Braço.

AHV base médias awd

Tabela 74 - AHV base médias awd EQ 1

AHV base médias awd	0,413	0,415	0,848		1,031
------------------------	-------	-------	-------	--	-------

Aqui foram calculadas as médias dos awd, igual a “Valores Calculados” e de seguida extraída a raiz quadrada da soma dos quadrados.

AHV MAX – Equação 13

Tabela 75 - AHV MAX – Equação 13

AHV MAX – Equação 13	1,317
----------------------	-------

Foi calculado o AHV de cada medição de acordo com a Equação 13 e escolhido o maior valor dos valores encontrados.

AHV MAX – Equação 14

Tabela 76 - AHV MAX – Equação 14

AHV MAX – Equação 14	1,450
----------------------	-------

Foi calculado o AHV de cada medição de acordo com a Equação 14 e escolhido o maior valor.

Estes últimos valores, são calculados tomando o valor total das vibrações conforme referido na diretiva 2006/42/CE, que é o valor que se deve tomar para se efetuarem os cálculos dos tempos para se atingirem o V.L.A e VL.E. indicado pela nova Diretiva Máquinas.

A utilização da segunda equação, deve-se exclusivamente, atendendo a diversidade e número total de equipamentos avaliado (85), ao interesse académico de analisar e discutir as diferenças verificadas com a utilização destas 2 equações.

Observando Anexo 9 - WBV 2, são analisadas estas e outras medições, efetuadas noutra empresa por outro laboratório acreditado, que utiliza o método de cálculo generalizado previsto pela Diretiva 2002/46/CE, podendo-se deduzir que o indicado na nova Diretiva Máquinas ainda não se encontra a ser prática corrente para o cálculo das vibrações de Corpo inteiro.

Temos:

Tabela 77- Equipamentos e Medições Corpo Inteiro Anexo WBV 2

REG ISTO	EQUIPAMENTO	MARCA	MODELO	ANO	Nº de Medi ções	Temp Efect Med h
1	Empilhador de garfo eléctrico	Toyota	FBM 16/FBM18020798	1996	10	0,67
2	Empilhador de garfo eléctrico	Movicargo	CBE 1,6/217368	2002	5	0,33
3	Empilhador de garfo eléctrico	KOMATSU	FB15M-2R/12216	2008	9	0,60
4	Empilhador de garfo eléctrico	KOMATSU	FB15M-2R/12316	2008	9	0,60
5	Viatura de Lavagem de Contentores			2008	10	0,27
6	Viatura de Lavagem de Contentores			2008	4	0,08
7	Varredora Mecânica			2008	7	0,47
8	Viatura Recolha de moloks			2008	4	0,20
9	Viatura de Recolha de RSU - Motorista			2008	5	0,42
10	Viatura de Recolha de RSU - Cantoneiro			2008	9	0,45
11	Barco de Limpeza de Ria	HONDA		1996	5	0,30
12	Tractor - Praias			2005	4	0,33
13	Moto 4- Praias	HONDA			4	0,20

Conforme se verifica, continuam a existir lacunas no registo dos equipamentos, as quais tornam difícil ou impossibilitam a comparação dos valores encontrados com os dados de vibrações que os fabricantes deviam indicar em particular para os equipamentos adquiridos a partir de 2008.

Assim como olhando para os tempos e número de medições, parece não existir um critério para realização das amostras onde temos tempos que vão dos 5 a 40 min e números de medições de 4 a 10.

Analisando agora os valores finais encontrados para as vibrações de acordo com o referido no início deste ponto temos:

Tabela 78 - Valores das vibrações Anexo WBV 2

REGISTO	EQUIPAMENTO	Valor Max Encon Médias awd	Valores Calculados - Média+o	Maior VAL por Eixo ind	Média+DESVP c/Corr.Am	VAL. MAX. Distrib	AHV base médias awd	AHV MAX Eq 13	AHV MAX Eq 14	Dif Eq 14-13
1	Empilhador de garfo eléctrico	0,848	1,006	1,142	1,107	1,320	1,031	1,317	1,450	0,133
2	Empilhador de garfo eléctrico	0,744	0,830	0,831	0,887	1,004	0,997	1,065	1,150	0,085
3	Empilhador de garfo eléctrico	0,314	0,434	0,591	0,536	0,724	0,520	0,874	0,774	-0,100
4	Empilhador de garfo eléctrico	0,314	0,434	0,591	0,536	0,724	0,520	0,874	0,774	-0,100
5	Viatura de Lavagem de Contentores	0,391	0,470	0,474	0,522	0,629	0,540	0,666	0,631	-0,036
6	Viatura de Lavagem de Contentores	0,329	0,424	0,419	0,486	0,615	0,467	0,592	0,506	-0,086
7	Varredora Mecânica	0,212	0,278	0,328	0,320	0,410	0,282	0,437	0,306	-0,131
8	Viatura Recolha de moloks	0,247	0,264	0,267	0,293	0,340	0,384	0,418	0,333	-0,085
9	Viatura de Recolha de RSU - Motorista	0,406	0,494	0,575	0,569	0,712	0,666	0,849	0,815	-0,035
10	Viatura de Recolha de RSU - Cantoneiro	0,472	0,519	0,579	0,552	0,619	0,659	0,756	0,747	-0,008
11	Barco de Limpeza de Ria	0,339	0,388	0,383	0,419	0,485	0,409	0,474	0,439	-0,035
12	Tractor - Praias	0,780	0,803	0,805	0,818	0,862	1,264	1,311	1,577	0,266
13	Moto 4- Praias	0,976	1,058	1,043	1,111	1,222	1,601	1,704	2,379	0,674
	Médias	0,490	0,569	0,618	0,627	0,743	0,718	0,872	0,914	0,042
						Dif Eq 14-Eq 13			4,8%	

Conforme podemos observar os valores mais baixos das vibrações são os que se verificam para a primeira situação que é o Valor Máximo encontrado nas médias dos awd, que é o método de cálculo referido na Diretiva 2002/44/CE e seguido pelos Laboratórios Acreditados.

A situação a verificada na análise das vibrações Mão-Braço, relativamente a imprecisão sobre a forma de analisar os dados, nos conjuntos, onde são considerados valores individuais das vibrações, é idêntica a referida para as vibrações Mão-Braço. Procurando o maior valor encontrado no conjunto das medições do equipamento, quando optamos por escolher o valor por eixo, podíamos ter o resultado indicado como “Maior VAL por Eixo ind”.

Os valores mais elevados das vibrações, verificam-se quando calculamos o valor total das vibrações e escolhemos o valor mais alto, isto é cumprindo a nova Diretiva Máquinas, no entanto existem as 2 equações possíveis, anteriormente referidas.

Usando as 2 equações, verificamos na média que o valor mais alto verificado corresponde a equação 14, sendo por isso de todo o interesse analisar e discutir os resultados, tomando o total de equipamentos 13 aqui referidos e 72 analisados no Anexo 3, isto é 85.

Para avaliar a importância de definir corretamente a formula para calcular os valores das vibrações de Corpo Inteiro, vamos verificar os valores que obtemos para o V.A e V.L.E., com estes resultados.

Tabela 79 - Tempo para se atingir o Valor de Ação Anexo 9 WBV 2

REGISTO	EQUIPAMENTO	T. Val Ação Média dos valores aw	Valores Calculad + DESVP	T. Val Ação Maior VAL por Eixo	T. Val Ação VAL. MAX. Distrib	T. Val Ação AHV médias	T. Val Ação AHV MAX Eq 12	T. Val Ação AHV MAX Eq 14	Dif Eq 14-13
1	Empilhador de garfo eléctrico	2,78	1,98	1,53	1,15	1,88	1,15	0,95	-0,201
2	Empilhador de garfo eléctrico	3,62	2,90	2,90	1,98	2,01	1,76	1,51	-0,252
3	Empilhador de garfo eléctrico	20,30	10,61	5,73	3,81	7,40	2,62	3,34	0,721
4	Empilhador de garfo eléctrico	20,30	10,61	5,73	3,81	7,40	2,62	3,34	0,721
5	Viatura de Lav. de Contentores	13,09	9,04	8,90	5,05	6,86	4,51	5,03	0,524
6	Viatura de Lav.de Contentores	18,44	11,10	11,41	5,29	9,18	5,71	7,83	2,116
7	Varredora Mecânica	44,58	25,93	18,64	11,92	25,13	10,48	21,42	10,937
8	Viatura Recolha de moloks	32,85	28,66	27,97	17,35	13,56	11,43	18,05	6,617
9	Recolha de RSU - Motorista	12,13	8,20	6,04	3,95	4,50	2,77	3,01	0,241
10	Recolha de RSU - Cantoneiro	8,99	7,42	5,97	5,22	4,61	3,50	3,58	0,078
11	Barco de Limpeza de Ria	17,44	13,32	13,63	8,49	11,95	8,89	10,38	1,491
12	Tractor - Praias	3,29	3,10	3,09	2,69	1,25	1,16	0,80	-0,359
13	Moto 4- Praias	2,10	1,79	1,84	1,34	0,78	0,69	0,35	-0,335
	Médias	15,378	10,358	8,721	5,543	7,425	4,407	6,123	1,715
Dif Eq 14-Eq 13								38,9%	

Tabela 80 - Tempo para se atingir o Valor de Limite de Exposição Anexo 9 WBV 2

REGISTO	EQUIPAMENTO	T. Val LIM. EXP. Valor Max Encon- Média	T. Val LIM. EXP. Valores Calculad+ DESVP	T. Val LIM. EXP. Maior VAL por Eixo	T. Val LIM. EXP. VAL. MAX. Distrib	T. Val LIM. EXP. AHV base médias	T. Val LIM. EXP. AHV MAX Eq 13	T. Val LIM. EXP. AHV MAX Eq 14	Dif Eq 14-13
1	Empilhador de garfo eléctrico	14,70	10,46	8,11	6,07	9,96	6,10	5,03	-1,064
2	Empilhador de garfo eléctrico	19,13	15,34	15,32	10,49	10,65	9,33	8,00	-1,331
3	Empilhador de garfo eléctrico	107,38	56,13	30,31	20,17	39,15	13,85	17,66	3,816
4	Empilhador de garfo eléctrico	107,38	56,13	30,31	20,17	39,15	13,85	17,66	3,816
5	Viatura de Lav. de Contentores	69,24	47,83	47,09	26,72	36,28	23,84	26,61	2,773
6	Viatura de Lav. de Contentores	97,54	58,71	60,38	27,99	48,55	30,21	41,40	11,192
7	Varredora Mecânica	235,85	137,16	98,58	63,06	132,92	55,44	113,30	57,857
8	Viatura Recolha de moloks	173,77	151,61	147,97	91,77	71,75	60,46	95,46	35,002
9	Recolha de RSU - Motorista	64,19	43,35	31,96	20,87	23,83	14,67	15,94	1,272
10	Recolha de RSU - Cantoneiro	47,56	39,26	31,56	27,63	24,40	18,53	18,94	0,411
11	Barco de Limpeza de Ria	92,28	70,44	72,13	44,89	63,23	47,04	54,93	7,890
12	Tractor - Praias	17,40	16,41	16,33	14,25	6,62	6,16	4,26	-1,900
13	Moto 4- Praias	11,11	9,46	9,73	7,09	4,13	3,64	1,87	-1,772
	Médias	81,348	54,792	46,136	29,322	39,279	23,315	32,389	9,074
Dif Eq 14-Eq 13								38,9%	

Nas 13 avaliações efetuadas verificamos que usando a metodologia indicada na norma ISO 2361:1997 e na Diretiva Vibrações 2002/44/CE e atualmente usada pelos laboratórios, 4 trabalhadores podem atingir Valor de Ação em 8 horas de trabalho, mas nenhum atinge o Valor Limite de Exposição nas 8 horas. Ao invés usando a metodologia definida pela nova Diretiva Máquinas 2006/42/CE. Temos que 10 trabalhadores atingem o Valor de Ação e 3 atingem Valor Limite de Exposição em 8 horas de trabalho usando a equação 13, segundo a equação 14, também 10 trabalhadores atingem o Valor de Ação e 4 atingem o Valor Limite de Exposição em 8 horas de trabalho.

Esta situação que se revela importante e carece de uma maior análise, tornando-se por isso de todo o interesse verificar o que sucede, ao se utilizar as formas para cálculo previstas nas duas diretivas e suas variantes, a semelhança do que foi feito no ponto no Anexo 3, mas no total dos 85 equipamentos medidos, analisando também as diferenças verificadas na utilização das duas expressões 13 e 14. Desta forma uniram-se duas bases de dados, a do anexo 3 e a já aqui apresentada numa só, conforme se mostra no Anexo 7 - WBV3 Dados por equipamento e Anexo 7.1 - WBV3 Resumo Valores das Vibrações. As análises iniciais (72 equipamentos) com a introdução de mais 13 equipamentos, não variaram significativamente.

Tabela 81 - Análise das amostras dos equipamentos medidos WBV 3

Nº DE EQUIPAM. MEDIDOS	85
TOTAL DE REGISTOS	532
MÉDIA DO Nº REGISTOS POR MEDIÇÃO	6,3
TEMPO DO TOTAL DE MEDIÇÕES (h)	34,9
TEMPO MÉDIO POR MEDIÇÃO (s)	236

Tabela 82 - Número de medições nas amostras dos equipamentos medidos WBV

3

T.MEDIÇÃO < 15 min	4	4,7%
15 min<T.MED < 30 min	73	85,9%
30 min<T.MED < 45 min	8	9,4%
45 min<T.MED < 60 min	0	0,0%
TOTAL	85	100%

Tabela 83 - Número de registos por amostra dos equipamentos medidos WBV 3

Nº DE REGISTOS < 5	5	5,9%
Nº DE REGISTOS = 5	22	25,9%
Nº DE REGISTOS = 6	21	24,7%
Nº DE REGISTOS = 7	29	34,1%
Nº DE REGISTOS = 8	2	2,4%
Nº DE REGISTOS > 8	6	7,1%
TOTAL	85	100,0%

Tabela 84 - Grau de Confiança das amostras dos equipamentos medidos WBV 3

Grau de Confiança da Amostra – Eq 13	Classifica Amostra	Nº DE AMOSTRAS	Nº DE AMOSTRAS %
75% < Amostra ≤ 80%	3	5	5,9%
80% < Amostra ≤ 85%	4	5	5,9%
85% < Amostra ≤ 90%	5	7	8,2%
90% < Amostra ≤ 92,5%	6	14	16,5%
92,5% < Amostra ≤ 95%	7	25	29,4%
95% < Amostra ≤ 97,5%	8	24	28,2%
97,5% < Amostra ≤ 99%	9	4	4,7%
Amostra > 99%	10	1	1,2%
TOTAL		85	100,0%

Comparando estes graus de confiança, com os obtidos no Anexo 3, onde fazemos a avaliação de acordo com o maior valor verificado nas médias dos awd temos:

Tabela 85 - Comparação do Grau de Confiança das amostras - Corpo Inteiro

		Resultado verificado c/ aplicação Eq 13		Resultado verificado em Valor Max Encon- Médias awd	
Confiança da Amostra	Classific a Amostra	Nº De amostras	% De amostras	Nº De amostras	% De amostras
Inferior a 50%	0				
50% < Amostra ≤ 70%	1			2	3%
70% < Amostra ≤ 75%	2				
75% < Amostra ≤ 80%	3	5	5,9%		
80% < Amostra ≤ 85%	4	5	5,9%	4	6%
85% < Amostra ≤ 90%	5	7	8,2%	5	7%
90% < Amostra ≤ 92,5%	6	14	16,5%	11	15%
92,5% < Amostra ≤ 95%	7	25	29,4%	20	28%
95% < Amostra ≤ 97,5%	8	24	28,2%	22	31%
97,5% < Amostra ≤ 99%	9	4	4,7%	4	6%
Amostra > 99%	10	1	1,2%	4	6%
TOTAL		85	100,0%	72	100,00%

Gráfico 31 - Comparação do Grau de Confiança das amostras - Corpo Inteiro

Conforme podemos verificar, independentemente do método utilizado percentualmente o número de casos com o mesmo grau de confiança, não varia significativamente. No entanto é importante registar que temos graus de confiança com valores de 50%, a resultados superiores a 99%. Como é possível estabelecer a comparação entre resultados obtidos com esta dispersão dos graus de confiança das amostras?

Esta situação é resultante de só se indicar que se deve obter uma amostragem significativa, nada referindo quanto a dimensão e grau de confiança das amostras. Se esta situação, como já referido, pode ser considerada importante; vejamos o que resulta de se estarem a utilizar as diferentes formas de cálculo, anteriormente referidas para este tipo de vibrações.

Parece não ser importante esta diferença, uma vez que após a saída da diretiva 2006/42/CE, não é visível, que a alteração prevista, já tenha sido considerada na outra legislação e transposta para os guias, manuais ou notas técnicas sobre a avaliação da vibração Corpo Inteiro. Os resultados obtidos são os seguintes em função da forma de cálculo utilizada, como se pode verificar no Anexo 7.2 - WBV3 Resumo Tempos Valores Limite e Classificação das Amostras:

Tempos, para atingir o Valor de Ação:

Tabela 86 - Tempo para atingir o Valor de Ação em função da forma de cálculo utilizada

Nº de Equipamentos que atinge o Valor VLA	T. Val Ação- Valor Max Encon Médias awd	T. Val Ação-Valores Calculad + DESVP	T. Val Ação- Maior VAL por Eixo	T. Val Ação- VAL. MAX. Distrib	T. Val Ação - AV médias dos awd	T. Val Ação AV- MAX Eq 13	T. Val Ação-AV MAX Eq 14	T. Val Ação- Valor Max Encon Médias awd	T. Val Ação-Valores Calculad + DESVP	T. Val Ação- Maior VAL por Eixo	T. Val Ação- VAL. MAX. Distrib	T. Val Ação - AHV médias dos awd	T. Val Ação - AHV MAX Eq 13	T. Val Ação - AHV MAX Eq 14
V.A < 30 min	0	0	0	2	0	2	9	0,0%	0,0%	0,0%	2,4%	0,0%	2,3%	10,6%
30 min<V.A < 1h	0	2	4	7	3	8	5	0,0%	2,4%	4,7%	8,2%	3,5%	9,3%	5,9%
1 < V.A.< 2 h	1	8	7	10	12	13	10	1,2%	9,4%	8,2%	11,8%	14,1%	15,1%	11,8%
Primeiras 2 horas	1	10	11	19	15	23	24	1,2%	11,8%	12,9%	22,4%	17,6%	26,7%	28,2%
2 < V.A.< 3 h	9	4	7	10	8	11	6	10,6%	4,7%	8,2%	11,8%	9,4%	12,8%	7,1%
3 < V.A.< 4 h	4	10	9	11	8	17	13	4,7%	11,8%	10,6%	12,9%	9,4%	19,8%	15,3%
Primeiras 4 horas	14	24	27	40	31	51	43	16,5%	28,2%	31,8%	47,1%	36,5%	59,3%	50,6%
4 < V.A.< 8 h	19	18	25	27	30	23	23	22,4%	21,2%	29,4%	31,8%	35,3%	26,7%	27,1%
Primeiras 8 horas	33	42	52	67	61	74	66	38,8%	49,4%	61,2%	78,8%	71,8%	86,0%	77,6%
8 < V.A.<24 h	38	36	27	14	19	9	16	44,7%	42,4%	31,8%	16,5%	22,4%	10,5%	18,8%
24 < V.A.<72 h	11	5	4	2	3	1	1	12,9%	5,9%	4,7%	2,4%	3,5%	1,2%	1,2%
V.A.>72 h	3	2	2	2	2	2	2	3,5%	2,4%	2,4%	2,4%	2,4%	2,3%	2,4%
TOTAL	85	85	85	85	85	86	85	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Numa tabela resumo temos:

Tabela 87 - Tempo para atingir o Valor de Ação em função da forma de cálculo utilizada - Resumo

Nº de Equipamentos que atinge o Valor VLA	T. Val Ação- Valor Max Encon Médias awd	T. Val Ação-Valores Calculad + DESVP	T. Val Ação- Maior VAL por Eixo	T. Val Ação- VAL. MAX. Distrib	T. Val Ação - AV médias dos awd	T. Val Ação AV - MAX Eq 13	T. Val Ação - AV MAX Eq 14
Na Primeira hora	0,0%	2,4%	4,7%	10,6%	3,5%	11,6%	16,5%
Nas Primeiras 2 horas	1,2%	11,8%	12,9%	22,4%	17,6%	26,7%	28,2%
Nas Primeiras 4 horas	16,5%	28,2%	31,8%	47,1%	36,5%	59,3%	50,6%
Nas Primeiras 8 horas	38,8%	49,4%	61,2%	78,8%	71,8%	86,0%	77,6%
8 < V.A.<24 h	44,7%	42,4%	31,8%	16,5%	22,4%	10,5%	18,8%
24 < V.A.<72 h	12,9%	5,9%	4,7%	2,4%	3,5%	1,2%	1,2%
V.A.>72 h	3,5%	2,4%	2,4%	2,4%	2,4%	2,3%	2,4%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Vamos comparar as 4 situações, que pela sua utilização nos interessam comparar temos:

Gráfico 32 - Tempo para atingir o Valor de Ação em função das formas de cálculo utilizadas

1. T. Val Ação - Valor Max Encon Médias awd – Situação indicada pela diretiva 2002/44/CE, pela norma respetiva e usada pelos Laboratórios Acreditados.
2. T. Val Ação - AHV médias dos awd – Situação igual a que atualmente é utilizada, quando se calcula o valor total da aceleração nas vibrações Mão-Braço (usada pelos Laboratórios Acreditados).
3. T. Val Ação AV - MAX Eq 12 – O maior valor verificado do total da vibração, utilizando a equação 12, de acordo com a diretiva 2006/42/CE
4. T. Val Ação AV - MAX Eq 13 – O maior valor verificado do total da vibração, utilizando a equação 13, de acordo com a diretiva 2006/42/CE

Os resultados falam por si, sem ser necessário tecer mais comentários, a situação onde só é necessário tomar medidas praticamente após 4 h é a primeira, que é a referida na norma NP EN ISO 2631-1 de 2007, Diretiva 2002/44/CE, legislação nacional que se encontra em vigor em Portugal (Decreto-lei 46 de 2006) e em Espanha (Real Decreto 1311/2005 e Real Decreto 330/2009 que revê o período transitório), assim como Notas Técnicas NTP 839 (INSHT, 2006b) e Guia RELACRE nº 23 (RELACRE-23, 2014),

Com a revisão da forma de cálculo indicada na nova Diretiva 2006/42/CE, ainda não devidamente implementada surge a dúvida e torna-se interessante e conveniente ver o que se passa com a aplicação das equações 12 e 13, que será analisada de seguida.

Vamos analisar agora o que se passa com os tempos para atingir o Valor Limite de Exposição.

Tabela 88 - Tempo para atingir o Valor Limite de Exposição em função da forma de cálculo utilizada

Nº de Equipamentos que atinge o Valor VLE	T. Val LIM. EXP. Valor Max Encon-Média	T. Val LIM. EXP. Valores Calculad+ DESVP	T. V.LIM. EXP. Maior VAL por Eixo	T. V.LIM. EXP. VAL. MAX. Distrib	T. V.LIM. EXP. AV base médias	T. V.LIM. EXP. AV MAX Eq 12	T. V.LIM. EXP. AV MAX Eq 13	T. Val LIM. EXP. Valor Max Encon-Média	T. Val LIM. EXP. Valores Calculad+ DESVP	T. V.LIM. EXP. Maior VAL por Eixo	T. V.LIM. EXP. VAL. MAX. Distrib	T. V.LIM. EXP. AV base médias	T. V.LIM. EXP. AV MAX Eq 12	T. V.LIM. EXP. AV MAX Eq 13
VLE < 30 min														
30 min<VLE < 1h							2							2,4%
1 < VLE.< 2 h				2			3				2,4%			3,5%
Primeiras 2 horas				2			5				2,4%			5,9%
2 < VLE.< 3 h				2		2	5				2,4%		2,4%	5,9%
3 < VLE.< 4 h				0		7	1				0,0%		8,2%	1,2%
Primeiras 4 horas				4		9	11				4,7%		10,6%	12,9%
4 < VLE.< 8 h	1	4	7	10	8	8	11	1,2%	4,7%	8,2%	11,8%	9,4%	9,4%	12,9%
Primeiras 8 horas	1	4	7	14	8	17	22	1,2%	4,7%	8,2%	16,5%	9,4%	20,0%	25,9%
8 < VLE.<24 h	16	23	22	29	31	38	26	18,8%	27,1%	25,9%	34,1%	36,5%	44,7%	30,6%
24 < VLE.<72 h	35	40	38	35	39	25	28	41,2%	47,1%	44,7%	41,2%	45,9%	29,4%	32,9%
VLE>72 h	33	18	18	7	7	5	9	38,8%	21,2%	21,2%	8,2%	8,2%	5,9%	10,6%
TOTAL	85	85	85	85	85	85	85	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Tabela 89 - Resumo - Tempo para atingir o Valor Limite de Exposição em função da forma de cálculo utilizada

Nº de Equipamentos que atinge o Valor VLE	T. Val LIM. EXP. Valor Max Encon-Média	T. V.LIM. EXP. Maior VAL por Eixo	T. V.LIM. EXP. AV base médias	T. V.LIM. EXP. AV MAX Eq 12	T. V.LIM. EXP. AV MAX Eq 13
Na Primeira hora					
Primeiras 2 horas		2,4%			5,9%
2 < VLE.< 3 h		2,4%		2,4%	5,9%
3 < VLE.< 4 h		0,0%		8,2%	1,2%
Primeiras 4 horas		4,7%		10,6%	12,9%
4 < VLE.< 8 h	1,2%	11,8%	9,4%	9,4%	12,9%
Primeiras 8 horas	1,2%	16,5%	9,4%	20,0%	25,9%
8 < VLE.<24 h	19%	34%	36%	45%	31%
24 < VLE.<72 h	41,2%	41,2%	45,9%	29,4%	32,9%
VLE>72 h	38,8%	8,2%	8,2%	5,9%	10,6%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

Gráfico 33 - Tempo para atingir o Valor Limite de Exposição em função da forma de cálculo utilizada

3.8.1.2. Análise entre da utilização das equações 13 e 14

Tabela 90 - Vibrações de Corpo Inteiro - Anexo 7.3 - WBV4 Equações 13 e 14, as menores 20 diferenças entre as 2 equações

REGISTO	EQ Nº	EQUIPAMENTO	Medição	awdxij [m/s²]	awdyij [m/s²]	awkzij [m/s²]	Ax1=1,4*awdxij	Ay1=1,4*awdyij	Az1=1*awdzij	AV Eq 13	AV Eq 14	AV Eq 14 - AV Eq 13	Relação (Eq 14 - Eq13)/Eq 13	Relação o eixo X / eixo Z	Relação eixo Y / eixo Z
1	80	Punçionadora	2	0,003	0,003	0,005	0,004	0,004	0,005	0,005	0,007	0,002	46%	54%	53%
2	84	Punçionadora	2	0,003	0,003	0,005	0,004	0,004	0,005	0,005	0,007	0,002	46%	54%	53%
3	80	Punçionadora	1	0,003	0,004	0,003	0,005	0,006	0,003	0,006	0,008	0,002	37%	116%	145%
4	84	Punçionadora	1	0,003	0,004	0,003	0,005	0,006	0,003	0,006	0,008	0,002	37%	116%	145%
5	80	Punçionadora	4	0,003	0,004	0,003	0,004	0,005	0,003	0,005	0,008	0,002	40%	108%	132%
6	84	Punçionadora	4	0,003	0,004	0,003	0,004	0,005	0,003	0,005	0,008	0,002	40%	108%	132%
7	80	Punçionadora	5	0,003	0,004	0,004	0,005	0,006	0,004	0,006	0,009	0,003	42%	91%	114%
8	84	Punçionadora	5	0,003	0,004	0,004	0,005	0,006	0,004	0,006	0,009	0,003	42%	91%	114%
9	52	Veículo Rec. Resíduos	1	0,009	0,020	0,042	0,012	0,028	0,042	0,042	0,052	0,010	23%	20%	47%
10	80	Punçionadora	3	0,015	0,009	0,020	0,021	0,012	0,020	0,021	0,032	0,011	49%	75%	43%
11	84	Punçionadora	3	0,015	0,009	0,020	0,021	0,012	0,020	0,021	0,032	0,011	49%	75%	43%
12	49	Porta paletes (eléctrico)	1	0,017	0,051	0,042	0,023	0,072	0,042	0,072	0,086	0,015	21%	40%	121%
13	79	Helicóptero	6	0,051	0,037	0,169	0,072	0,051	0,169	0,169	0,191	0,022	13%	30%	22%
14	79	Helicóptero	5	0,051	0,037	0,164	0,072	0,052	0,164	0,164	0,186	0,022	14%	31%	23%
15	79	Helicóptero	1	0,054	0,037	0,173	0,075	0,052	0,173	0,173	0,196	0,023	13%	31%	21%
16	79	Helicóptero	4	0,054	0,036	0,168	0,076	0,051	0,168	0,168	0,191	0,023	14%	32%	22%
17	79	Helicóptero	3	0,051	0,036	0,153	0,072	0,050	0,153	0,153	0,176	0,023	15%	33%	24%
18	79	Helicóptero	2	0,053	0,038	0,164	0,074	0,053	0,164	0,164	0,188	0,024	14%	32%	23%
19	22	Empilhador de garfos (	3	0,048	0,066	0,072	0,067	0,093	0,072	0,093	0,135	0,043	46%	66%	92%
20	40	Empilhador Trilateral	5	0,083	0,072	0,227	0,116	0,101	0,227	0,227	0,274	0,047	21%	37%	32%

Tabela 91 - Vibrações de Corpo Inteiro - Anexo WBV4 - Equações 12 e 13, as maiores 20 diferenças entre as 2 equações

REG IST O	EQ Nº	EQUIPAMENTO	Medição	awdxij [m/s²]	awdyij [m/s²]	awkzij [m/s²]	Ax1=1,4 *awdxij	Ay1=1,4* awdyij	Az1=1* awdzij	AV Eq 13	AV Eq 14	AV Eq 14 - AV Eq 13	Relação (Eq 14- Eq13)/Eq 13	Relaçã o eixo X / eixo Z	Relaç ão eixo Y / eixo Z
1	47	Camião	2	0,887	1,050	1,050	1,242	1,470	1,050	1,470	2,192	0,722	49%	84%	100%
2	13	Moto 4- Praias	1	0,740	0,685	0,955	1,036	0,959	0,955	1,036	1,704	0,668	65%	77%	72%
3	51	Porta Paletes	5	0,780	1,100	1,090	1,092	1,540	1,090	1,540	2,180	0,640	42%	72%	101%
4	59	Pá Carregadora	4	0,627	0,696	1,035	0,877	0,974	1,035	1,035	1,670	0,635	61%	61%	67%
5	13	Moto 4- Praias	2	0,683	0,624	0,904	0,956	0,874	0,904	0,956	1,579	0,623	65%	76%	69%
6	13	Moto 4- Praias	4	0,745	0,663	0,901	1,043	0,928	0,901	1,043	1,662	0,619	59%	83%	74%
7	62	Pá Carregadora	7	0,822	0,831	0,697	1,151	1,163	0,697	1,163	1,779	0,615	53%	118%	119%
8	63	Pá Carregadora	7	0,822	0,831	0,697	1,151	1,163	0,697	1,163	1,779	0,615	53%	118%	119%
9	59	Pá Carregadora	5	0,635	0,665	1,073	0,889	0,930	1,073	1,073	1,676	0,603	56%	59%	62%
10	13	Moto 4- Praias	3	0,620	0,588	0,838	0,868	0,823	0,838	0,868	1,461	0,593	68%	74%	70%
11	59	Pá Carregadora	1	0,557	0,643	0,912	0,780	0,901	0,912	0,912	1,501	0,589	65%	61%	71%
12	59	Pá Carregadora	2	0,598	0,685	1,099	0,837	0,959	1,099	1,099	1,681	0,582	53%	54%	62%
13	44	Camião	8	0,680	0,614	0,818	0,952	0,860	0,818	0,952	1,521	0,569	60%	83%	75%
14	12	Tractor - Praias	4	0,557	0,540	0,734	0,780	0,756	0,734	0,780	1,311	0,531	68%	76%	74%
15	57	Pá Carregadora	6	0,594	0,562	0,737	0,832	0,787	0,737	0,832	1,362	0,530	64%	81%	76%
16	59	Pá Carregadora	6	0,563	0,619	1,048	0,788	0,866	1,048	1,048	1,572	0,523	50%	54%	59%
17	62	Pá Carregadora	6	0,724	0,719	0,566	1,014	1,007	0,566	1,014	1,537	0,523	52%	128%	127%
18	63	Pá Carregadora	6	0,724	0,719	0,566	1,014	1,007	0,566	1,014	1,537	0,523	52%	128%	127%
19	59	Pá Carregadora	3	0,522	0,497	0,746	0,731	0,695	0,746	0,746	1,255	0,508	68%	70%	67%
20	46	Camião	2	0,577	0,634	1,170	0,808	0,888	1,170	1,170	1,676	0,506	43%	49%	54%

Os valores aqui apresentados em resumo encontram-se no Anexo 7.3 - WBV4- Equações 13 e 14.

Tabela 92 - Médias utilizando equações 12 e 13 em 530 registros

	AV Eq 13	AV Eq 14	AV Eq 14 - AV Eq 13	Relação (Eq 14- Eq13)/Eq 13
Média dos Registos de Medições	0,493	0,688	0,196	41%

Verifica-se que quando os valores das vibrações são baixos e o eixo dos z apresenta valores significativamente mais altos que os dois outros eixos, as diferenças verificadas são pequenas, sendo a inversa também verdade, i.e valores das vibrações altos e pequenas diferenças entre os três eixos.

No entanto, olhando para o 3.6 Matemática – Recordando princípios, verificamos que é sempre possível obter a intensidade do vetor A, desde que ele seja expresso sob a forma de um vetor cartesiano de acordo com a expressão:

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$$

Nas vibrações de corpo inteiro, dada a posição dos eixos, as vibrações x e y funcionam como tensões de corte τ . O fator ou coeficiente de segurança para as tensões de corte em engenharia mecânica, é indicado da seguinte forma.

Os componentes de máquinas e estruturas são projetados para que as tensões de trabalho sejam sempre inferiores à tensão limite de elasticidade do material

Tensões de Corte

- As forças P e P' estão aplicadas transversalmente ao componente AB .
- As correspondentes forças internas atuam no plano da secção C – *forças de corte*.

A correspondente *Tensão de Corte média* é:

$$t_{med} = P / A$$

n_s = Factor de segurança

$$n_s = \frac{\sigma_{e_{0,2}}}{\sigma_{adm}} = \frac{\text{Tensão Limite de elasticidade}}{\text{Tensão admissível}}$$

Figura 24 – Tensões de Corte

$$\text{Tensão Limite de elasticidade} = n_s * \text{Tensão admissível}$$

$$\text{Tensão Limite de elasticidade} = n_s * P / A$$

$$\begin{aligned} \text{Tensão Limite de elasticidade} / A &= (n_s * P) = (n_s * \sqrt{a_w x^2 + a_w y^2 + a_w z^2}) \\ &= (n_{s1}^2 * a_{wx}^2 + n_{s2}^2 * a_{wy}^2 + n_{s3}^2 * a_{wz}^2)^{1/2} = ((n_{s1} * a_{wx})^2 + (n_{s2} * a_{wy})^2 + (n_{s3} * a_{wz})^2)^{1/2} \end{aligned}$$

Esta é a metodologia utilizada Nos cálculos de eng^a mecânica, donde se verifica parecer mais logico a utilização da equação 13, uma vez que parece mais correta matematicamente. Sendo que uma outra argumentação se possa prender com a forma como foram determinados os fatores de segurança, neste caso designados por coeficientes de segurança, ou então que a equação 14 apresenta valores mais elevados, mas aqui justificava-se então rever os valores limite assim com os coeficientes de segurança.

3.9. Verificação do desvio entre os dados reais das vibrações, e o proposto pelos fabricantes dos equipamentos

3.9.1. Análise dos dados do fabricante – equipamentos medidos – Mão-Braço

No caso das vibrações Mão-Braço, conforme referido no Anexo 2 ponto 2.8 e 2.11, para os 72 equipamentos analisados temos o seguinte resultado, fazendo uma simples consulta através da internet:

Gráfico 34 - Dados dos fabricantes para vibrações Mão-Braço

Sendo conveniente ver a análise referida neste anexo para os equipamentos dos quais não foram encontrados valores. Pelo exposto no ponto 7.1, verifica-se o já referido problema na identificação dos equipamentos. No caso das vibrações Mão-Braço, conforme anexo 2, encontramos dados para 39 dos 72 equipamentos. O facto de não encontrarmos mais dados resulta de só 49 equipamentos se encontrarem completamente identificados, 14 equipamentos, só foram identificados pelo nome de utilização (marca e modelo já não se viam) e 9

equipamentos apresentavam a marca mas era desconhecido o modelo real. Esta é a situação real nas empresas.

Quando se fazem medições por entidades externas cuja principal função é medir as vibrações nos equipamentos apresentados naquela empresa, onde por isso em muitos casos são equipamentos únicos, ou referidos simplesmente por um número sequencial ou pela posição/posto de trabalho, não é possível registrar completamente o equipamento, quando se processam as medições. No nosso caso temos 68% dos equipamentos completamente identificados, isto é 49 equipamentos, para podemos passa a fase seguinte.

Tabela 93 - Mão-Braço - Equipamento identificados – Dados dos fabricantes

Equipamentos completamente identificados	49	
Nº DE EQUIPAM c/ Marca e c/ Modelo mas não referidos na net	6	12%
Nº DE EQUIPAM c/ Marca e c/ Modelo na net mas que não referem valores	4	8%
Equip c/ dados do FABRICANTE (ou Mod similar) identif. na Net c/ valores	39	80%

Gráfico 35 - Mão-Braço - Equipamento identificados – Dados dos fabricantes

Dos 39 equipamentos dos quais foi possível encontrar valores, verificamos que existem equipamentos que não apresentam uma informação completa:

Tabela 94- Situação dos dados do fabricante, identificados na net – Mão-Braço

Equip c/ dados do FABRICANTE (ou Mod similar) identif. na Net c/ valores	39	
Equip c/ dados do FABRICANTE identif. na Net c/ valores e sem incerteza	18	46%
Equip c/ dados do FABRICANTE na Net c/ valores e sem norma de referência	8	21%

Gráfico 36 - Mão-Braço - Dados incompletos do fabricante

Mesmo atendendo a estas condicionantes vamos proceder a análise possível com os dados disponíveis

Tabela 95 - Resumo da análise comparando Dados do Fabricante com valores de Vibração Mão-Braço HAV norma

Dados do FABRICANTE (Mod ou similar) identif. na Net	39	
Nº de medições analisadas (existiram casos de med nos 2 braços)	55	
Nº de casos em que DADOS Fabric.(Valor Compar)> Valores medidos	34	62%
Nº de casos em que DADOS Fabric.(Valor Compar) <Valores medidos	21	38%

3.9.1.1. Análise possível com os dados disponíveis

Tabela 96 - Análise comparando Dados do Fabricante com valores de Vibração Mão-Braço HAV norma

REGISTO	EQUIPAMENTO	MARCA	MODELO	ANO	Nº de Medições	Tempo Efectivo Medh	POSIÇÃO Braço	AHV NORMA	Valor do Fabricante m/s ²	Incerteza m/s ²	Valor Prev. m/s ²	Fator Mult.	Valor Compar.	Dif Verificada D.Fabric - V.Medidos	Relação % V.Medidos/ D.Fabric	Norma referida	Tipo Equip.
1	Rebarbadora	Bosch	GWS 8-115	nn	10	0,67	DIREITO	7,96	5,5	1,5	7	1	7,00	-0,96	13,8%	EN 60745	Elétrico
1	Rebarbadora	Bosch	GWS 8-115	nn	10	0,67	ESQUERDO	11,04	5,5	1,5	7	1	7	-4,04	57,6%		
2	Rebarbadora	Metabo	W23-230	2007	15	1,00	DIREITO	14,70	4,8	1,5	6,3	1	6,30	-8,40	133,3%	EN 60745 2-3	Elétrico
2	Rebarbadora	Metabo	W23-230	2007	15	1,00	ESQUERDO	11,25	4,8	1,5	6,3	1	6,30	-4,95	78,6%	EN 60745 2-3	
5	MOTOROÇADORA	Stihl	FS450	nn	15	1,00	DIREITO	3,18	2,2/1,7		2,2 - 1,7	1	2,2	-0,98	44,5%	s/ norma ref	M. Comb. u.
5	MOTOROÇADORA	Stihl	FS450	nn	15	1,00	ESQUERDO	4,41			2,2 - 1,7	1	2,2	-2,21	100,4%	Dir. 2006/42/EC	
6	Rectificadora	Bosch	GWS 1000	nn	15	1,00	DIREITO	2,18	3	1,5	4,5	1	4,50	2,32	-51,6%	EN 60745	Elétrico
6	Rectificadora	Bosch	GWS 1000	nn	15	1,00	ESQUERDO	2,13	8,5	1,5	10	1	10,00	7,87	-78,7%		
7	Rectificadora	Bosch	GWS 24-180 LVI	2010	0	1,00	DIREITO		3,5	1,5	5	1	5,00	1,11	-100,0%	EN 60745	Elétrico

7	Rectificadora	Bosch	GWS 24-180 LVI	20 10	15	1,00	ESQUERDO	3,89	7,5	1,5	9	1	9,00	5,11	-56,8%		
9	Aparafusadora	Atlas Copco	LUM 21 (160 cNm2)	nn	0	0,73	DIREITO				2,5	2	5,00	-0,55	10,9%	ISO 8662-1	
9	Aparafusadora	Atlas Copco	LUM 21 (160 cNm2)	nn	11	0,73	ESQUERDO	5,55	<2.5		2,5	1	2,50	-3,05	121,8%	ISO 28927-2	Pneu m.
10	Aparafusadora (120 Nm2)	Atlas Copco	LUM 25HRE-08-1	nn	11	0,73	DIREITO	3,23	<2.5		2,5	1	2,50	-0,73	29,4%	ISO 28927-2	Pneu m.
10	Aparafusadora (120 Nm2)	Atlas Copco	LUM 25HRE-08-1	nn	0	0,73	ESQUERDO									ISO 8662-1	
11	Aparafusadora (150 cNm2)	Atlas Copco	LUM 20PR 14	nn	10	0,67	DIREITO	2,10	<2.5		2,5	1	2,50	0,40	-16,1%	ISO 28927-2	Pneu m.
11	Aparafusadora (150 cNm2)	Atlas Copco	LUM 20PR 14	nn	0	0,67	ESQUERDO									ISO 8662-1	
12	Aparafusadora (150 cNm2)	Atlas Copco	LUM 12PR2	nn	10	0,67	DIREITO	1,16	<2.5		2,5	1	2,50	1,34	-53,6%	ISO 28927-2	Pneu m.
12	Aparafusadora (150 cNm2)	Atlas Copco	LUM 12PR2	nn	0	0,67	ESQUERDO	0,00								ISO 8662-1	
13	Aparafusadora (80 cNm2)	Atlas Copco	LUM 10PR 12	nn	10	0,67	DIREITO	6,24	<2.5		2,5	1	2,50	-3,74	149,5%	ISO 28927-2	Pneu m.
13	Aparafusadora (80 cNm2)	Atlas Copco	LUM 10PR 12	nn	0	0,67	ESQUERDO	0,00								ISO 8662-1	
14	Aparafusadora (300 cNm2)	Atlas Copco	LUM 21PR 10-P	nn	10	0,67	DIREITO	1,48	<2.5		2,5	1	2,50	1,02	-40,9%	ISO 28927-2	Pneu m.
14	Aparafusadora (300 cNm2)	Atlas Copco	LUM 21PR 10-P	nn	0	0,67	ESQUERDO	0,00								ISO 8662-1	
15	Aparafusadora (60 cNm2)	Atlas Copco	LUM 10PR 12	nn	11	0,73	DIREITO	2,12	<2.5		2,5	1	2,50	0,38	-15,2%	ISO 28927-2	Pneu m.
15	Aparafusadora (60 cNm2)	Atlas Copco	LUM 10PR 12	nn	0	0,73	ESQUERDO	0,00								ISO 8662-1	
16	Aparafusadora (60 cNm2)	Atlas Copco	LUM 10PR 12	nn	10	0,67	DIREITO	2,30	<2.5		2,5	1	2,50	0,20	-7,8%	ISO 28927-2	Pneu m.
16	Aparafusadora (60 cNm2)	Atlas Copco	LUM 10PR 12	nn	0	0,67	ESQUERDO	0,00								ISO 8662-1	

17	Aparafusadora (60 cNm2)	Atlas Copco	LUM 12HRX 5	nn	10	0,67	DIREITO	1,70	<2.5		2,5	1	2,50	0,80	-32,0%	ISO 28927-2	Pneu m.
18	Aparafusadora (60 cNm2)	Atlas Copco	LUM 10PR 12	nn	14	0,93	DIREITO	3,48	<2.5		2,5	1	2,50	-0,98	39,2%	ISO 28927-2	Pneu m.
18	Aparafusadora (60 cNm2)	Atlas Copco	LUM 10PR 12	nn	0	0,93	ESQUERDO									ISO 8662-1	
19	Rebarbadora Pneumática	Shinano	SI-2600L	nn	15	1,00	DIREITO	3,88	<2.5		2,5	2	5,00	1,12	-22,5%	s/ norma ref	Pneu m.
19	Rebarbadora Pneumática	Shinano	SI-2600L	nn	15	1,00	ESQUERDO	5,75			2,5	2	5,00	-0,75	14,9%		
20	Rebarbadora Eléctrica	Berner	BAG125-1	20 11	15	1,00	DIREITO	4,47	5,5 - 3	2 - 1,5	4,5	1	4,50	0,03	-0,8%	EN 60745	Eletric .
20	Rebarbadora Eléctrica	Berner	BAG125-1	20 11	15	1,00	ESQUERDO	2,67	8,5 - 2	3 - 1,5	3,5	1	3,5	0,83	-23,7%		
23	Rebarbadora Pneumática	Shinano	SI-2515LA	20 07	10	0,67	DIREITO	3,20	2,9		2,9	2	5,80	2,60	-44,8%	s/ norma ref	Pneu m.
23	Rebarbadora Pneumática	Shinano	SI-2515LA	20 07	10	0,67	ESQUERDO	4,27			2,9	2	5,80	1,53	-26,4%		
26	Torna Eléctrica	DeWalt	D25404	nn	12	0,80	DIREITO	11,04	14,5		14,5	2	29,00	17,96	-61,9%	s/ norma ref	Eletric .
26	Torna Eléctrica	DeWalt	D25404	nn	12	0,80	ESQUERDO	11,04									
27	Rebarbadora Eléctrica	DeWalt	D28134_QS	nn	15	1,00	DIREITO	7,52	1,5 - 8,7		8,7	2	17,40	9,88	-56,8%	s/ norma ref	Eletric .
27	Rebarbadora Eléctrica	DeWalt	D28134_QS	nn	15	1,00	ESQUERDO	7,52									
31	Rebarbadora eléctrica	Bosch	GWS 26-230JH	nn	15	1,00	DIREITO	6,60	7,5	1,5	9	1	9,00	2,40	-26,6%	EN 60745	Eletric .
31	Rebarbadora eléctrica	Bosch	GWS 26-230JH	nn	15	1,00	ESQUERDO	3,79									
37	REBARBADORA	Bosch	GWS 26-230 JBV	nn	15	1,00	DIREITO	6,55	4,5	1,5	6	1	6,00	-0,55	9,2%	EN 60745	Eletric .
37	REBARBADORA	Bosch	GWS 26-230 JBV	nn	15	1,00	ESQUERDO	7,15									
40	Lixadora Pneumática	DeSoutter	575	20 01	15	1,00	DIREITO	7,51	4,6		4,6	2	9,20	1,69	-18,4%	s/ norma ref	Pneu m.

40	Lixadora Pneumática	DeSoutter	575	20 01	0	1,00	ESQUERDO										
41	Aparasufadora Pneumática	Atlas Copco	W2213B	nn	18	1,21	DIREITO	7,97	4,5	1,1	5,6	1	5,60	-2,37	42,4%	ISO28927-2	Pneu m.
41	Aparasufadora Pneumática	Atlas Copco	W2213B	nn	0	1,21	ESQUERDO										
43	Rebrabadora eléctrica	Hilti	DC 230-S	nn	15	1,00	DIREITO	11,46	5,8	1,5	7,3	2	14,60	3,14	-21,5%	s/ norma ref	Eletric .
43	Rebrabadora eléctrica	Hilti	DC 230-S	nn	15	1,00	ESQUERDO	13,22									
44	Rebarbadora eléctrica	Hilti	DC 125	nn	15	1,00	DIREITO	14,58	7,1		7,1	2	14,20	-0,38	2,7%	s/ norma ref	Eletric .
44	Rebarbadora eléctrica	Hilti	DC 125	nn	15	1,00	ESQUERDO	14,55									
45	Martelo demolidor	Hilti	TE 55	nn	15	1,00	DIREITO	6,26	11,3 a 16,1	TE 50	11,3	1	11,30	5,04	-44,6%	EN 60745-2-6	Eletric .
45	Martelo demolidor	Hilti	TE 55	nn	15	1,00	ESQUERDO	6,82			11,3	1	11,30	4,48	-39,7%	EN 60745-2-6	
46	Martelo demolidor (misturar betão)	Hilti	TE 55	nn	14	0,93	DIREITO	11,50	11,3 a 16,1	TE 50	11,3	1	11,30	-0,20	1,8%	EN 60745-2-6	Eletric .
46	Martelo demolidor (misturar betão)	Hilti	TE 55	nn	12	0,93	ESQUERDO	11,13			11,3	1	11,30	0,17	-1,5%	EN 60745-2-6	
53	Rebrabadora eléctrica	Bosch	GWS 21-180 H	20 09	15	1,00	DIREITO	6,29	8,5	2	10,5	1	10,50	4,21	-40,1%	EN 60745	Eletric .
53	Rebrabadora eléctrica	Bosch	GWS 21-180 H	20 09	15	1,00	ESQUERDO	9,83								EN 60745	
56	Rebolo pneumático	Shinano	yy	nn	15	1,00	DIREITO	6,35	9	si 4120 A	9	2	18,00	11,65	-64,7%		Pneu m.
56	Rebolo pneumático	Shinano	yy	nn	0	1,00	ESQUERDO	0,00									
57	Lixadeira eléctrica	Bosch	GSS 280 AE	20 09	15	1,00	DIREITO	5,12	4,5	1,5	6	1	6,00	0,88	-14,7%	EN 60745	Eletric .
57	Lixadeira eléctrica	Bosch	GSS 280 AE	20 09	15	1,00	ESQUERDO	5,35	4,5	1,5	6	1	6	0,65	-10,8%		

58	Aparafusadora s/fios	Bosch	GSR 10,8 V-Li	20 07	15	1,00	DIREITO	3,56	2,5	1,5	4	1	4,00	0,44	-11,0%	EN 60745.	Eletric
58	Aparafusadora s/fios	Bosch	GSR 10,8 V-Li	20 07	0	1,00	ESQUERDO										
59	Aparafusadora s/fios	Bosch	GSR 10,8 Li	20 09	13	0,87	DIREITO	3,65	2,5	1,5	4	1	4,00	0,35	-8,8%	EN 60745.	Eletric
59	Aparafusadora s/fios	Bosch	GSR 10,8 Li	20 09	0	0,87	ESQUERDO	0,00									
60	Aparafusadora s/fios	Makita	yy	nn	15	1,00	DIREITO	6,53	2,5		2,5	1	2,50	-4,03	161,1%	Data Base PAF	Eletric
60	Aparafusadora s/fios	Makita	yy	nn	0	1,00	ESQUERDO									60745-2	
61	Rebarbadora eléctrica	DeWalt	D28129	nn	15	1,00	DIREITO	5,58	< 2,5 m/s 2		2,5	2	5,00	-0,58	11,6%	EN 50144	Eletric
61	Rebarbadora eléctrica	DeWalt	D28129	nn	0	1,00	ESQUERDO										
65	Rebarbadora Eléctrica	Bosch	GWS 22-180	nn	15	1,00	DIREITO	16,96	7,5	1,5	9	1	9,00	-7,96	88,4%	EN 60745	Eletric
65	Rebarbadora Eléctrica	Bosch	GWS 22-180	nn	15	1,00	ESQUERDO	12,02	5,5	1,5	7	1	7	-5,02	71,8%		
68	PISTOLA IMPACTO PNEUMÁTICA	Atlas Copco	EP 16XS-HR20C	nn	23	1,59	DIREITO	3,07	3	1	4	1	4,00	0,93	-23,3%	ISO28927- 2	Pneu m.
68	PISTOLA IMPACTO PNEUMÁTICA	Atlas Copco	EP 16XS-HR20C	nn	0	1,59	ESQUERDO		4,6	0,8	5,4	1	5,4	2,33	-43,2%		
69	Berbequim Elétrico	Makita	HP1641	nn	20	1,36	DIREITO	10,87	19	2	21	1	21,00	10,13	-48,2%	EN60745	Eletric
69	Berbequim Elétrico	Makita	HP1641	nn	13	1,36	ESQUERDO	5,70	2,5	1,5	4	1	4,00	-1,70	42,6%	EN60745	
71	Torna eléctrica	Hilti	TE 15	nn	10	1,07	DIREITO	8,61	16,5 m/s ²	TE 30	16,5	1	16,50	7,89	-47,8%	EN 60745- 2-6	Eletric
71	Torna eléctrica	Hilti	TE 15	nn	16	1,07	ESQUERDO	12,27			16,5	1	16,50	4,23	-25,6%	EN 60745- 2-6	

Medições		55
-40% < NO INTERVALO < +40%	51%	28
Relação % V.Medidos/ D.Fabric > 40%	22%	12
Relação % V.Medidos/ D.Fabric < 40%	27%	15

Analise dos valores encontrados

Gráfico 37 - Analise aos valores encontrados HAV Norma/Dados Fab. -
Vibrações Mão - Braço

Não nos podemos esquecer que as medições da Vibrações Mão-Braço, têm uma incerteza de medida de 20% a 40% (ref ISO 5349-2:2001, cláusula 8).

3.9.1.2. Análise com dados do fabricante vibrações Mão-Braço – Caso prático

Vamos admitir que existiam de facto esses registos completos dos equipamentos. De seguida o técnico de HST, de acordo com a Diretiva 2006/42/CE, deveria ir verificar a indicação pelo fabricante dos valores das vibrações e incertezas previstas. Vamos admitir a existência de dados dos fabricantes para os equipamentos, assim no caso destes dois equipamentos temos, porque existem dados disponíveis na internet de fácil acesso:

Tabela 97 - Dados do fabricante dos equipamentos

REG.	EQUIPAMENTO	MARCA	MODELO	Valor do Fabricante	Incerteza	OPERAÇÃO
1	Rebarbadora	Bosch	GWS 8-115	3 m/s ²	1.5 m/s ²	Lixar com folha de lixa
				5,5 m/s ²	1,5 m/s ²	Lixamento de superfícies (Desbastar)
http://www.bosch-professional.com/pt/pt/gws-8-115-z-11350-ocs-p/						
7	Rectificadora	Bosch	GWS 24-180 LVI	3.5 m/s ²	1.5 m/s ²	Lixar com folha de lixa
				7.5 m/s ²	1.5 m/s ²	Lixamento de superfícies (Desbastar)
http://www.bosch-professional.com/pt/pt/gws-8-115-z-11350-ocs-p/						

Este fabricante indica “Valores de medição determinados de acordo com a norma EN 60745 - Valores totais de vibração (soma dos vetores das três direções) ”

De acordo com as medições efetuadas, temos para estes equipamentos os seguintes valores, utilizando a fórmula de cálculo de acordo com a norma e referidos como “AHV NORMA” Anexo A 2.1 - Vibrações Mão Braço – registos.

Tabela 98 - Comparação de resultados Dados do Fabricante / Valores Medidos

				AHV NORMA		ahv MÉDIA awd	
				Braço Direito	Braço Esquerdo	Braço Direito	Braço Esquerdo
EQ 1	Rebarbadora	Bosch	GWS 8-115	7,96	11,04	7,85	10,88
EQ 7	Rectificadora	Bosch	GWS 24-180 LVI		3,89		3,87

Comparando com os dados do fabricante temos:

GWS 8-115	3	1.5 m/s ²	4,5
	5,5	1,5 m/s ²	7
GWS 24-180 LVI	3.5	1.5 m/s ²	5
	7.5	1.5 m/s ²	9

		VALORES Mais Baixos do FABRICANTE	VALORES Mais Altos do FABRICANTE	VALORES MEDIDOS pior braço - ahv MÉDIA awd	VALORES MEDIDOS pior braço AHV NORMA
EQ 1	GWS 8-115	4,5	7	10,88	11,04
EQ 7	GWS 24-180 LVI	5	9	3,87	3,89

Tempo de utilização (h)	GWS 8-115	2,5	2,5	2,5	2,5
	GWS 24-180 LVI	2	2	2	2
	A1(8) =	2,52	3,91	6,08	6,17
	A7(8) =	2,50	4,50	1,94	1,95
	A(8) Total m/s2	3,55	5,96	6,38	6,47

T Tempo de utilização (h)	GWS 8-115	2	2	2	2
	GWS 24-180 LVI	1,5	1,5	1,5	1,5
	A1(8) =	2,25	3,50	5,44	5,52
	A7(8) =	2,17	3,90	1,68	1,68

A(8) Total m/s²	3,12	5,24	5,69	5,77
-----------------------------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Tempo de utilização (h)	GWS 8-115	1,5	1,5	1,5	1,5
	GWS 24-180 LVI	1	1	1	1
	A1(8) =	1,95	3,03	4,71	4,78
	A7(8) =	1,77	3,18	1,37	1,38
	A(8) Total m/s²	2,63	4,39	4,91	4,97

Tempo de utilização (h)	GWS 8-115	1	1	1	1
	GWS 24-180 LVI	0,5	0,5	0,5	0,5
	A1(8) =	1,59	2,47	3,85	3,90
	A7(8) =	1,25	2,25	0,97	0,97
	A(8) Total m/s²	2,02	3,34	3,97	4,02

Tempo de utilização (h)	GWS 8-115	0,5	0,5	0,5	0,5
	GWS 24-180 LVI	0,15	0,15	0,15	0,15
	A1(8) =	1,13	1,75	2,72	2,76
	A7(8) =	0,68	1,23	0,53	0,53
	A(8) Total m/s²	1,32	2,14	2,77	2,81

Conforme podemos observar utilizando os dados do fabricante e um real tempo de utilização, podemos chegar a aproximações de valores sem efetuar medições. Neste caso poderíamos dizer que o trabalhador poderia utilizar os dois equipamentos por dia (GWS 8-115 max 0,5 h e GWS 24-180 LVI max 10 min), sem estar exposto em princípio ao risco de vibrações.

Esta situação parece contradizer aquilo que alguns estudos anteriores referiam, no entanto os consultados ainda referem, análises efetuadas com as normas antigas “ISO 8662” como por exemplo, o trabalho “Variation in the vibration emission of rotary hammer drills under simulated work-site conditions” (Mansfield, 2005), que foi elaborado ainda com o Draft CEN/TR 15350 (2005). Outro trabalho também interessante sobre este assunto é “Variation between manufacturers’ declared vibration emission values and those measured under

simulated workplace conditions for a range of hand-held power tools typically found in the construction industry” (Dr Andrew N Rimella, 2010), mas onde os autores ainda referem a utilização CEN/TR 15350, donde ainda estarem a utilizar também as normas não revistas.

3.9.2. Corpo Inteiro

Para se poder verificar os dados dos fabricantes é necessário ter uma indicação correta dos equipamentos. No caso dos equipamentos medidos para as vibrações de Corpo Inteiro, a situação relativamente a identificação dos equipamentos melhora significativamente.

Tabela 99 - Vibrações de Corpo Inteiro – Equipamentos analisados

Nº DE EQUIPAM. ANALISADOS	72	
Sem data de entrada em funcionamento	18	25%
Sem marca e modelo	0	0%
Sem marca	1	1%
Com marca e sem modelo	2	3%

Porem no caso das vibrações Corpo Inteiro, conforme referido no Anexo 3, relativamente aos dados dos fabricantes, a situação é diametralmente oposta, uma vez que não foi possível encontrar o mesmo tipo de resultados que encontramos para as vibrações Mão-Braço, nos sites dos fabricantes. Esta informação não é disponibilizada pelo menos de forma explícita, ou nas bases de dados não foram encontrados os equipamentos medidos.

Na internet não se encontram disponíveis muitos dados dos fabricantes sobre vibrações, nem na maioria dos manuais dos utilizadores, estes só se encontram em algumas bases de dados como referido no ponto 3.12.2 do Anexo 3, onde se detalha a forma de obter estes dados. Se bem que a nova Diretiva Máquinas exija a indicação dos valores das vibrações, não se entende o motivo para os fabricantes destes equipamentos, não divulgarem os valores espectáveis das mesmas. Esta situação, impossibilita o descrito no Guia de

Boas Práticas para aplicação da Diretiva 2002/44/CE (COMISSÃO EUROPEIA - EMPRESAS E INDÚSTRIA, 2010) na *Política de compras*:

“É necessário garantir que o departamento de compras tem uma política adequada quanto à compra de equipamento, que leve em conta tanto a emissão de vibrações como os requisitos operacionais”.

Devido a este facto decidiu-se no Anexo 3 olhar somente para um tipo de equipamentos, que foram os mais avaliados (empilhadores).

Relativamente a estes, e consultando a base de dados PAF, que indica dados dos fabricantes, temos os seguintes resultados:

Tabela 100 - Empilhadores BASE PAF

Empilhadores medidos na base PAF	81
Equipamentos com Dados Fabr.	15
Equipamentos sem Dados Fabr.	66
Equipamentos com Dados Fabr.	18,50%
Equipamentos sem Dados Fabr.	81,50%

Gráfico 38 - Empilhadores BASE PAF com e sem dados dos fabricantes
Que vem confirmar o que anteriormente foi dito.

Vamos no entanto procurar de acordo com a data de entrada em funcionamento localizar os equipamentos adquiridos a partir de 2010 e ver o que nos dizem os fabricantes.

Tabela 101 - Equipamentos adquiridos a partir de 2010

REGISTO	EQUIPAMENTO	MARCA	MODELO	ANO
6	Empilhador de garfos (eléctrico)	Toyota	7FBMF18	2010
7	Empilhador de garfos (eléctrico)	Toyota	7FBMF30	2010
8	Empilhador de garfos (eléctrico)	Toyota	7FBMF30	2010
9	Empilhador de garfos (eléctrico)	Toyota	7FBMF30	2010
10	Empilhador de garfos eléctrico	Toyota	7FBMF18	2010
17	Empilhador Retrátil	Toyota	BT Reflex RRE160	2011

Apesar de se encontrar registado o ano de entrada em funcionamento na empresa o mesmo pode não ser a data de comercialização do equipamento, como por exemplo podemos verificar que o empilhador **7FBMF30**, já se encontrava em comercialização em 2005 conforme se pode verificar no site (MachineryZone, 2015), onde na última consulta em 04/11/2015 encontramos um equipamento de 2007. Vamos ver o que nos diz em 2015 o site do importador e distribuidor TOYOTA em Portugal (SALAVADOR CAETANO SA, 2015), verificamos que para Empilhadores Toyota com motor de combustão e com motor eléctrico, não são referidas as vibrações. Assim como em CATERPILLAR - Pavimentadoras, Escavadoras de Rastos, Pás Carregadoras no site do representante em Portugal (Barloworld - STET, 2015), e ainda Empilhadores Linde com motor eléctrico (LINDE, 2014). Conforme se pode verificar em alguns equipamentos, o fabricante indica/refere o nível de ruído emitido pelo equipamento ex: 725C (Tier 4, Stage IV) Camião Articulado –

anexo 9, não fazendo qualquer referência ao nível de vibrações. Esta situação vêm confirmar o que já foi dito anteriormente relativamente a este tema, assim como o que é afirmado no “Anexo 3 - Vibrações Corpo Inteiro”, levando-nos pois a concluir que se torna muito difícil para não dizer quase impossível fazer uma análise preliminar do nível de vibrações a que o trabalhador pode estar exposto no caso da vibrações de Corpo Inteiro recorrendo aos dados do fabricante, o que obviamente contradiz o indicado na nova diretiva máquinas em vigor a partir de 2008.

3.10. Tempo de Utilização dos Equipamentos / Tempos de Exposição

Para iniciar as medições de vibrações, o técnico deveria consultar o registo de equipamentos existentes na empresa, verificando ou informando-se de quem trabalha com os equipamentos, o tempo total em que os equipamentos são utilizados, e os tempos de utilização por operador, implementado por exemplo registos tipo Tabela 30 e 3 e 4 Anexo 4. Para efetuar uma avaliação correta dos tempos de exposição o técnico deveria seguir o indicado na norma, EN 14253:2003+A1: 2007 (ISO 14253, 2007). Verificamos que o Guia RELACRE 23 (RELACRE-23, 2014) nos diz: que “A indicação ou validação dos tempos de exposição é da responsabilidade da entidade empregadora. O laboratório deverá prestar esclarecimentos sobre o que deve ser entendido como “tempo de exposição” em cada caso particular”.

Assim os Laboratórios Acreditados, para efetuarem medições e emitirem Relatórios de Exposição a Vibrações, reconhecidos pelo ACT, remetem a responsabilidade da indicação dos tempos de exposição para a entidade empregadora, não fazendo qualquer referência a esta norma, como guia para avaliar os tempos de exposição às vibrações. A mesma em Abril de 2015 só se encontra disponível no IPQ em inglês, o que como é óbvio dificulta para não dizer que impossibilita a sua utilização na maioria das empresas portuguesas, e por se encontrar em inglês, não têm por isso qualquer valor legal em Portugal.

Por outro lado, como as Boas Práticas da Produção Industrial se foram perdendo nesta Europa, já é difícil ouvirmos falar em ferramentas que nos poderiam ajudar na determinação destes tempos, que eram, por exemplo:

“ Medidas e Tempos / Tempos e Operações”

Vamos considerar a tabela 3 e 4 referidas no Anexo 4, as quais são um exemplo de um tipo de registo simples que sendo efetuado por exemplo ao longo de algum tempo, um mês no mínimo, nos ajudavam a definir com alguma aproximação os tempos de exposição.

Tendo determinado aproximadamente os tempos de exposição, seriam possíveis as seguintes situações:

- a) Tendo o registo dos equipamentos, utilizando os dados dos fabricantes e os tempos de exposição, poder-se ia efetuar uma avaliação prévia de quais eram as situações que na realidade poderiam expor os trabalhadores a vibrações excessivas.
- b) Estas situações deveriam então ser sujeitas a uma análise detalhada, procurando em primeiro lugar avaliar com exatidão a situação, diminuir os tempos de exposição, através da rotação de pessoal e/ou utilizar equipamentos que exponham os trabalhadores a níveis de vibração mais baixos para que estes valores não excedam o V.L.A..
- c) Caso tal não seja possível, efetuar então uma análise definindo com exatidão as amostragens para serem significativas e recorrendo a medições nos equipamentos onde não foi possível minimizar o risco.

3.10.1. A influência dos Tempos de Exposição no Valor da Exposição Diária

Quando a equipe do laboratório de medições chega a empresa e pergunta quais são os tempos que determinados trabalhadores utilizam o equipamento onde vai efetuar as medições, a resposta é regra geral “ mais ou menos x tempo”, podendo em muitos casos o valor indicado ser maior do que aquele a que o trabalhador está na realidade exposto a vibrações, conforme aliás referido nos guias de boas praticas e Anexos 2 e 3. Torna-se importante olhar para esta situação para verificar a influência que os erros nos tempos de medição têm no valor final das vibrações.

Vamos verificar o que sucede quando fazemos variar os valores do tempo de exposição e das vibrações no caso do relatório WBV1 citado anteriormente e indicados na tabela 63.

Vamos fazer esta simulação, mudando também a forma de cálculo das vibrações, primeiro seguindo o que os laboratórios fazem (Diretiva 22/44/CE) e de seguida procedendo como é indicado na diretiva 2006/42/CE.

Tabela 102 – Resultados do Cálculo do Valor de Exposição Diária. – Método de cálculo WBV de acordo com a Diretiva 2002/44/CE
(laboratórios acreditados) e fazendo variar o Tempo e Valor da Vibração

Grupo de Trab.	Operação	A(8) _x	A(8) _y	A(8) _z	A(8)	T + 10%		T + 20%		T + 30%		T + 50%		T + 100%	
		[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]	A(8)Z[m/s ²]	A(8)[m/s ²]	A(8)Z[m/s ²]	A(8)[m/s ²]	A(8)Z[m/s ²]	A(8)[m/s ²]	A(8)Z[m/s ²]	A(8)[m/s ²]	A(8)Z[m/s ²]	A(8)[m/s ²]
T1	EMP1_1	0,146	0,147	0,300	0,399	0,315	0,42	0,329	0,44	0,342	0,45	0,367	0,49	0,424	0,56
	EMP2_1	0,158	0,174	0,263		0,276		0,288		0,300		0,322		0,372	
T2	EMP3_1	0,154	0,139	0,157	0,192	0,165	0,20	0,172	0,21	0,179	0,22	0,192	0,24	0,222	0,27
	EMP4_1	0,109	0,098	0,111		0,116		0,122		0,127		0,136		0,157	
T3	EMP3_2	0,109	0,098	0,111	0,192	0,116	0,20	0,122	0,21	0,127	0,22	0,136	0,24	0,157	0,27
	EMP4_2	0,154	0,139	0,157		0,165		0,172		0,179		0,192		0,222	
T4	EMP2_2	0,223	0,245	0,372	0,372	0,390	0,39	0,407	0,41	0,424	0,42	0,455	0,46	0,526	0,53
T5	EMP2_3	0,316	0,347	0,526	0,526	0,551	0,55	0,576	0,58	0,600	0,60	0,644	0,64	0,744	0,74
T6	EMP1_2	0,253	0,254	0,519	0,519	0,545	0,54	0,569	0,57	0,592	0,59	0,636	0,64	0,735	0,73
Grupo de Trab.	Operação	A(8) _x	A(8) _y	A(8) _z	A(8)	V + 10%		V + 20%		V + 30%		V + 50%		V + 100%	
		[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]	A(8)Z[m/s ²]	A(8)[m/s ²]	A(8)Z[m/s ²]	A(8)[m/s ²]	A(8)Z[m/s ²]	A(8)[m/s ²]	A(8)Z[m/s ²]	A(8)[m/s ²]	A(8)Z[m/s ²]	A(8)[m/s ²]
T1	EMP1_1	0,146	0,147	0,300	0,399	0,330	0,44	0,360	0,48	0,390	0,52	0,450	0,60	0,600	0,80
	EMP2_1	0,158	0,174	0,263		0,289		0,315		0,342		0,394		0,526	
T2	EMP3_1	0,154	0,139	0,157	0,192	0,173	0,21	0,188	0,23	0,204	0,25	0,235	0,29	0,314	0,38
	EMP4_1	0,109	0,098	0,111		0,122		0,133		0,144		0,166		0,222	
T3	EMP3_2	0,109	0,098	0,111	0,192	0,122	0,21	0,133	0,23	0,144	0,25	0,166	0,29	0,222	0,38
	EMP4_2	0,154	0,139	0,157		0,173		0,188		0,204		0,235		0,314	
T4	EMP2_2	0,223	0,245	0,372	0,372	0,409	0,41	0,446	0,45	0,483	0,48	0,558	0,56	0,744	0,74
T5	EMP2_3	0,316	0,347	0,526	0,526	0,578	0,58	0,631	0,63	0,684	0,68	0,789	0,79	1,052	1,05
T6	EMP1_2	0,253	0,254	0,519	0,519	0,571	0,57	0,623	0,62	0,675	0,68	0,779	0,78	1,039	1,04

Tabela 103- Resultados do Cálculo do Valor de Exposição Diária. – Seguindo o método com a Diretiva 2006/42/CE fazendo variar o Tempo e Valor da Vibração

Grup o de Trab.	Operação	AV Total	A(8) [m/s ²]	T + 10%		T + 20%		T + 30%		T + 50%		T + 100%	
				AV Total	A(8)[m/s ²]	AV Total	A(8)[m/s ²]	AV Total	A(8)[m/s ²]	AV Total	A(8)[m/s ²]	AV Total	A(8)[m/s ²]
T1	EMP1_1	0,466	0,60	0,488	0,63	0,510	0,66	0,531	0,68	0,570	0,73	0,659	0,85
	EMP2_1	0,377		0,395		0,412		0,429		0,461		0,533	
T2	EMP3_1	0,437	0,54	0,458	0,56	0,479	0,59	0,498	0,61	0,535	0,66	0,618	0,76
	EMP4_1	0,309		0,324		0,339		0,352		0,379		0,437	
T3	EMP3_2	0,309	0,54	0,324	0,56	0,339	0,59	0,352	0,61	0,379	0,66	0,437	0,76
	EMP4_2	0,437		0,458		0,479		0,498		0,535		0,618	
T4	EMP2_2	0,533	0,53	0,559	0,56	0,583	0,58	0,607	0,61	0,652	0,65	0,753	0,75
T5	EMP2_3	0,753	0,75	0,790	0,79	0,825	0,82	0,859	0,86	0,922	0,92	1,065	1,07
T6	EMP1_2	0,807	0,81	0,846	0,85	0,884	0,88	0,920	0,92	0,988	0,99	1,141	1,14
Grup o de Trab.	Operação	AV Total	A(8) [m/s ²]	V + 10%		V + 20%		V + 30%		V + 50%		V + 100%	
				AV Total	A(8)[m/s ²]	AV Total	A(8)[m/s ²]	AV Total	A(8)[m/s ²]	AV Total	A(8)[m/s ²]	AV Total	A(8)[m/s ²]
T1	EMP1_1	0,466	0,60	0,512	0,66	0,559	0,72	0,605	0,78	0,699	0,90	0,931	1,20
	EMP2_1	0,377		0,414		0,452		0,490		0,565		0,753	
T2	EMP3_1	0,437	0,54	0,481	0,59	0,524	0,64	0,568	0,70	0,656	0,80	0,874	1,07
	EMP4_1	0,309		0,340		0,371		0,402		0,464		0,618	
T3	EMP3_2	0,309	0,54	0,340	0,59	0,371	0,64	0,402	0,70	0,464	0,80	0,618	1,07
	EMP4_2	0,437		0,481		0,524		0,568		0,656		0,874	
T4	EMP2_2	0,533	0,53	0,586	0,59	0,639	0,64	0,692	0,69	0,799	0,80	1,065	1,07
T5	EMP2_3	0,753	0,75	0,828	0,83	0,904	0,90	0,979	0,98	1,130	1,13	1,506	1,51
T6	EMP1_2	0,807	0,81	0,887	0,89	0,968	0,97	1,049	1,05	1,210	1,21	1,613	1,61

Conforme se pode verificar parece não existirem grandes diferenças no valor final, entre a variação de + 20% no tempo de exposição ou a variação de + 20% no valor da vibração, não se pode no entanto ignorar que estamos que já estamos a trabalhar com um valor de base de vibração medido.

3.10.2. Segunda avaliação da influência dos tempos de exposição no valor das vibrações

De forma a se proceder a uma análise mais alargada desta situação, e atendendo ao nº de trabalhadores envolvidos, vamos proceder a mesma análise recorrendo a dados indicados no trabalho (Guisado, 2008), relativos as Medições efetuadas na unidade Industrial de Portalegre, onde foi avaliada a situação para 100 trabalhadores.

Tabela 104 - Valores Mão-Braço Unidade de Portalegre

MÃO-BRAÇO - Valores Medidos

MÃO-BRAÇO	DESIGNAÇÃO	POSTO DE TRABALHO	DURAÇÃO (min)	a_{wx}	a_{wy}	a_{wz}
Direito / esquerdo	Empilhador 1	P1	1	1,54	1,76	2,01
Direito / esquerdo	Empilhador 2	P2	1	1,62	1,52	1,63
Direito / esquerdo	Empilhador 3	P3	1	1,1	1,5	1,94
Direito / esquerdo	Empilhador 4	P4	1	1,24	1,25	0,95
Direito / esquerdo	Empilhador 5	P5	1	2,12	1,87	2,66

DESIGNAÇÃO	POSTO DE TRABALHO	Quadrados				ahv
		a_{wx}	a_{wy}	a_{wz}	Σ	
Empilhador 1	P1	2,372	3,098	4,04	9,509	3,08
Empilhador 2	P2	2,624	2,31	2,657	7,592	2,76
Empilhador 3	P3	1,21	2,25	3,764	7,224	2,69
Empilhador 4	P4	1,538	1,563	0,903	4,003	2
Empilhador 5	P5	4,494	3,497	7,076	15,067	3,88

Conforme podemos verificar, efetuando os cálculos de acordo com os tempos de exposição indicados temos:

	MEDIÇÃO BASE
NÃO ATINGE O VALOR DE AÇÃO => <2,5m/S2	101
ATINGE O VALOR DE AÇÃO => = >2,5m/S2	2
ATINGE O VALOR Limite de Exp => >5m/S3	0
TOTAL	103

Gráfico 39 - Situação inicial Valores Mão-Braço Unidade de Portalegre

Para analisar a influência das duas variáveis, Valor da Vibração e Tempo de Exposição vamos a partir dos valores de base iniciais fazê-las variar dando iguais variações percentuais ver Anexo 10 - 10.1 a 10.4. Verificamos que no caso do tempo de exposição o número de trabalhadores envolvidos muda significativamente quando o tempo de exposição aumenta 70%. No caso do valor da vibração esta alteração verifica-se quando este valor aumenta 30%.

Tabela 105 - Variação dos tempos de exposição Mão - Braço

MÃO - BRAÇO		TEMPO EXPOSIÇÃO +																			
	MEDIÇÃO BASE	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	125%	150%	175%	200%	250%	300%	350%	400%	450%	500%
NÃO ATINGE O VALOR DE AÇÃO => <2,5m/S2	101	101	101	101	101	100	100	71	71	71	71	67	67	60	59	55	29	29	29	29	29
ATINGE O VALOR DE AÇÃO => = >2,5m/S2	2	2	2	2	2	3	3	32	32	32	32	36	36	42	42	46	72	72	72	72	71
ATINGE O VALOR Limite de Exp => >5m/S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	3
TOTAL	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103

MÃO - BRAÇO VAR.TEMPO EXPOSIÇÃO

Gráfico 40 - Variação dos tempos de exposição Mão – Braço

Tabela 106 - Variação do Valor da Vibração Mão - Braço

MÃO - BRAÇO		VALOR DA VIBRAÇÃO +																			
	MEDIÇÃO BASE	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	125%	150%	175%	200%	250%	300%	350%	400%	450%	500%
NÃO ATINGE O VALOR DE AÇÃO => <2,5m/S2	101	101	100	71	71	67	67	59	56	49	31	31	31	23	23	15	3	3	3	3	3
ATINGE O VALOR DE AÇÃO => >2,5m/S2	2	2	3	32	32	36	35	43	45	52	70	70	69	48	44	44	28	28	28	20	20
ATINGE O VALOR Limite de Exp => >5m/S3	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	3	32	36	44	72	72	72	80	80
TOTAL	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103

MÃO - BRAÇO VAR.VALOR DA VIBRAÇÃO

Gráfico 41 - Variação do Valor da Vibração Mão - Braço

No caso das vibrações Corpo Inteiro e seguindo o definido pela diretiva 2002/44/CE, vamos proceder a igual simulação, para verificar, quando se encontram alterações no número de trabalhadores envolvidos (Anexos 5.5 a 5.8). Temos na situação inicial:

Tabela 107 - Valores Corpo Inteiro Unidade de Portalegre

	CORPO INTEIRO - Valores Medidos						
POSTO DE TRABALHO	DESIGNAÇÃO	DURAÇÃO (min)	CORPO INTEIRO	aw			
				awx	awy	awz	
P1	Empilhador 1	2	Corpo inteiro	0,72	0,39	0,95	
P2	Empilhador 2	2	Corpo inteiro	2,02	0,48	1,9	
P3	Empilhador 3	2	Corpo inteiro	3,63	0,32	1,17	
P4	Empilhador 4	2	Corpo inteiro	0,27	0,46	1,11	
P5	Empilhador 5	2	Corpo inteiro	0,6	0,35	1,08	
Factor de correcção K			K*aw			ahv Total	ahv Total ^2
			awx	awy	awz		
awx	1,4	Empilhador 1	1,01	0,55	0,95	1,01	1,02
awy	1,4	Empilhador 2	2,83	0,67	1,9	2,83	8,00
awz	1	Empilhador 3	5,08	0,45	1,17	5,08	25,83
		Empilhador 4	0,38	0,64	1,11	1,11	1,23
		Empilhador 5	0,84	0,49	1,08	1,08	1,17

Tabela 108 - Situação inicial - Valores Corpo Inteiro Unidade de Portalegre

	MEDIÇÃO BASE
NÃO ATINGE O VALOR DE AÇÃO => <0,5m/S2	21
ATINGE O VALOR DE AÇÃO => = >0,5m/S2	48
ATINGE O VALOR Limite de Exp => >1,15m/S2	34
TOTAL	103

Procedendo - se a uma simulação igual a efetuada para as vibrações Mão-Braço temos nas vibrações de Corpo Inteiro conforme anexos 10.5 a 10.9:

Gráfico 42 - Situação inicial - Valores Corpo Inteiro Unidade de Portalegre

Tabela 109- Variação dos tempos de exposição Corpo Inteiro

CORPO INTEIRO		TEMPO EXPOSIÇÃO +																			
	MEDIÇÃO BASE	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	125%	150%	175%	200%	250%	300%	350%	400%	450%	500%
NÃO ATINGE O VALOR DE AÇÃO => <0,5m/S2	21	21	21	21	13	13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ATINGE O VALOR DE AÇÃO => = >0,5m/S2	48	48	48	47	47	45	37	50	50	50	50	50	50	50	49	49	49	49	21	21	21
ATINGE O VALOR Limite de Exp => >1,15m/S2	34	34	34	35	43	45	53	53	53	53	53	53	53	53	54	54	54	54	82	82	82
TOTAL	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103

CORPO INTEIRO VAR. TEMPO EXPOSIÇÃO

Gráfico 43 - Variação dos tempos de exposição Corpo Inteiro

Tabela 110 - Variação do Valor da Vibração Corpo Inteiro

CORPO INTEIRO		VALOR DA VIBRAÇÃO +																			
	MEDIÇÃO BASE	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	125%	150%	175%	200%	250%	300%	350%	400%	450%	500%
NÃO ATINGE O VALOR DE AÇÃO => <0,5m/S2	21	21	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ATINGE O VALOR DE AÇÃO => = >0,5m/S2	48	48	47	50	50	50	50	49	49	49	49	21	21	13	0	0	0	0	0	0	0
ATINGE O VALOR Limite de Exp => >1,15m/S2	34	34	43	53	53	53	53	54	54	54	54	82	82	90	103	103	103	103	103	103	103
TOTAL	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103

CORPO INTEIRO VAR. VALOR DA VIBRAÇÃO

Gráfico 44 - Variação do Valor da Vibração Corpo Inteiro

Verificamos que nas vibrações de Corpo Inteiro, começa a haver alterações significativas no número de trabalhadores abrangidos, quando se verificam aumentos de 40% no tempo de exposição e de 30% no valor das vibrações.

Vamos de seguida proceder a uma comparação simultânea do Tempo de Exposição / Valor da Vibração, dando-lhes os mesmos incrementos percentuais.

MÃO - BRAÇO

a) Valor Limite de Exposição: 5 m/s²; b) Valor de Ação de Exposição: 2,5 m/s².

Tabela 111 – Mão - Braço comparação simultânea

NÃO ATINGE O VALOR DE AÇÃO => <2,5m/S²

	MEDIÇÃO BASE	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	125%	150%	175%	200%	250%	300%	350%	400%	450%	500%
TEMPO EXPOSIÇÃO +	101	101	101	101	101	100	100	71	71	71	71	67	67	60	59	55	29	29	29	29	29
VALOR DA VIBRAÇÃO +	101	101	100	71	71	67	67	59	56	49	31	31	31	23	23	15	3	3	3	3	3

ATINGE O VALOR DE AÇÃO => = >2,5m/S²

	MEDIÇÃO BASE	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	125%	150%	175%	200%	250%	300%	350%	400%	450%	500%
TEMPO EXPOSIÇÃO +	2	2	2	2	2	3	3	32	32	32	32	36	36	42	42	46	72	72	72	72	71
VALOR DA VIBRAÇÃO +	2	2	3	32	32	36	35	43	45	52	70	70	69	48	44	44	28	28	28	20	20

ATINGE O VALOR Limite de Exp => >5m/S³

	MEDIÇÃO BASE	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	125%	150%	175%	200%	250%	300%	350%	400%	450%	500%
TEMPO EXPOSIÇÃO +	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	3
VALOR DA VIBRAÇÃO +	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	3	32	36	44	72	72	72	80	80

CORPO INTEIRO

1 - Para as vibrações transmitidas ao sistema corpo inteiro são fixados os seguintes valores:

Valor Limite de Exposição: 1,15 m/s²; Valor de Ação de Exposição: 0,5 m/s²

Tabela 112 - Corpo Inteiro - Comparação simultânea

NÃO ATINGE O VALOR DE AÇÃO => <0,5m/S²

	MEDIÇÃO BASE	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	125%	150%	175%	200%	250%	300%	350%	400%	450%	500%
TEMPO EXPOSIÇÃO +	21	21	21	21	13	13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VALOR DA VIBRAÇÃO +	21	21	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ATINGE O VALOR DE AÇÃO => = >0,5m/S²

	MEDIÇÃO BASE	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	125%	150%	175%	200%	250%	300%	350%	400%	450%	500%
TEMPO EXPOSIÇÃO +	48	48	48	47	47	45	37	50	50	50	50	50	50	50	49	49	49	49	21	21	21
VALOR DA VIBRAÇÃO +	48	48	47	50	50	50	50	49	49	49	49	21	21	13	0	0	0	0	0	0	0

ATINGE O VALOR Limite de Exp => >1,15m/S²

	MEDIÇÃO BASE	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	125%	150%	175%	200%	250%	300%	350%	400%	450%	500%
TEMPO EXPOSIÇÃO +	34	34	34	35	43	45	53	53	53	53	53	53	53	53	54	54	54	54	82	82	82
VALOR DA VIBRAÇÃO +	34	34	43	53	53	53	53	54	54	54	54	82	82	90	103	103	103	103	103	103	103

Tabela 113 - Resumo Variações Simultâneas Mão - Braço e Corpo Inteiro

MÃO - BRAÇO			
Quando o parâmetro abaixo aumenta Verificam-se alterações no:	NÃO ATINGE O VALOR DE AÇÃO => <2,5m/S2	ATINGE O VALOR DE AÇÃO => = >2,5m/S2	ATINGE O VALOR Limite de Exp => >5m/S3
TEMPO EXPOSIÇÃO +	70%	70%	175%
VALOR DA VIBRAÇÃO +	30%	30%	60%
CORPO INTEIRO			
Quando o parâmetro abaixo aumenta Verificam-se alterações no:	NÃO ATINGE O VALOR DE AÇÃO => <2,5m/S2	ATINGE O VALOR DE AÇÃO => = >2,5m/S2	ATINGE O VALOR Limite de Exp => >5m/S3
TEMPO EXPOSIÇÃO +	70%	30%	30%
VALOR DA VIBRAÇÃO +	30%	20%	20%

3.10.3. Vibrações de Corpo Inteiro de acordo com a Diretiva 2006/42/CE

POSTO DE TRABALHO	DESIGNAÇÃO	DURAÇÃO (min)	CORPO INTEIRO	aw		
				a _{wx}	a _{wy}	a _{wz}
P1	Empilhador 1	2	corpo inteiro	0,72	0,39	0,95
P2	Empilhador 2	2	corpo inteiro	2,02	0,48	1,9
P3	Empilhador 3	2	corpo inteiro	3,63	0,32	1,17
P4	Empilhador 4	2	corpo inteiro	0,27	0,46	1,11
P5	Empilhador 5	2	corpo inteiro	0,6	0,35	1,08

Fator de correção K	
a _{wx}	1,4
a _{wy}	1,4
a _{wz}	1

POSTO DE TRABALHO	DESIGNAÇÃO	DURAÇÃO (min)	CORPO INTEIRO	aw com correção K			aw Máximo	Quadrados			ahv $\sqrt{\Sigma}$
				a _{wx}	a _{wy}	a _{wz}		K.a _{wx}	K.a _{wy}	K.a _{wz}	
P1	Empilhador 1	2	corpo inteiro	1,008	0,546	0,95	1,008	1,0161	0,2981	0,9025	1,49
P2	Empilhador 2	2	corpo inteiro	2,828	0,672	1,9	2,828	7,9976	0,4516	3,6100	3,47
P3	Empilhador 3	2	corpo inteiro	5,082	0,448	1,17	5,082	25,8267	0,2007	1,3689	5,23
P4	Empilhador 4	2	corpo inteiro	0,378	0,644	1,11	1,11	0,1429	0,4147	1,2321	1,34
P5	Empilhador 5	2	corpo inteiro	0,84	0,49	1,08	1,08	0,7056	0,2401	1,1664	1,45

Tabela 114 - Comparação Diretiva / Met. Laboratórios Acreditados

SITUAÇÃO VERIFICADA	Diretiva 2002/44/CE Met Labor. Acreditados		DIRETIVA 2006/42/CE	
Nº de trabalhadores Não Excedem Valor de Ação	21	20,4%	13	12,6%
Nº de trabalhadores que Excedem V.A e não o V.L.E	48	46,6%	45	43,7%
Nº de trabalhadores excedem V.L.E.	34	33,0%	45	43,7%
Total de trabalhadores que excedem Valor de Ação	82	79,6%	90	87,4%
TOTAL	103		103

Gráfico 45 - Comparação Diretiva 2002/44/CE e Diretiva 2006/42/CE

3.10.3.1. Influência do erro da determinação dos tempos de exposição

Vamos agora utilizando os valores de acordo com o método de cálculo indicado pela diretiva 2006/42/CE e proceder a outra análise:

Tabela 115 - Influência do erro da determinação dos tempos de exposição

Erro no cálculo do Tempo de Exposição de +	10%	20%	30%
Em vez de 1 hora estão expostos	1h 6min	1h 12min	1h 18min
Nº de trabalhadores não excedem Valor de Ação	12,6%	0,0%	0,0%
Nº de trabalhadores que excedem Valor de Ação	87,4%	100,0%	100,0%
Nº de trabalhadores que excedem V.A e não o V.L.E	43,7%	48,5%	48,5%
Nº de trabalhadores excedem V.L.E.	43,7%	51,5%	51,5%

Gráfico 46 - Influência do erro da determinação dos tempos de exposição

Com um erro de 10% não há alterações face a situação inicial

3.10.3.2. Influência do erro na determinação dos tempos de exposição trabalhadores que excedem o valor de ação (V.A.)

Gráfico 47 - Influência do erro da determinação dos tempos de exposição trabalhadores que excedem o valor de ação (V.A.)

3.10.3.3. Influência valor das medições na determinação dos valores de exposição

Situação inicial já anteriormente referida

Valor das vibrações +

TOTAL DE TRABALHADORES	103	Inicial	10%	20%	30%
Nº de trabalhadores não excedem Valor de Ação	13	12,60%	0,00%	0,00%	0,00%
Nº de trabalhadores que excedem Valor de Ação	90	87,40%	100,00%	100,00%	100,00%
Nº de trabalhadores que excedem V.A e não o V.L.E	45	43,70%	48,50%	48,50%	48,50%
Nº de trabalhadores excedem V.L.E.	45	43,70%	51,50%	51,50%	51,50%

Com um erro de 10% já há alterações face a situação inicial

Gráfico 48 - Influência valor das medições na determinação dos valores de exposição

3.10.3.4. Comparação com variações homologas

Tabela 116 - Variações Homologas

TOTAL DE TRABALHADORES 103

DESVIOS NO TEMPO DE EXPOSIÇÃO (horas)	SITUAÇÃO VERIFICADA	Erro no cálculo de + 10%	Erro no cálculo de - 10%	Erro no cálculo de + 20%	Erro no cálculo de - 20%	Erro no cálculo de + 30%	Erro no cálculo de - 30%	Erro no cálculo de + 50%	Erro no cálculo de - 50%
Nº de trab não excedem Valor de Ação	13	13	13	0	13	0	13	0	21
Nº de trab que excedem V.A e não o V.L.E	45	45	46	50	55	50	56	50	66
Nº de trab excedem V.L.E.	45	45	44	53	35	53	34	53	16
Total de trab que excedem Val. de Ação	90	90	90	103	90	103	90	103	82

DESVIOS NO ahv	SITUAÇÃO VERIFICADA	Erro no cálculo de + 10%	Erro no cálculo de - 10%	Erro no cálculo de + 20%	Erro no cálculo de - 20%	Erro no cálculo de + 30%	Erro no cálculo de - 30%	Erro no cálculo de + 50%	Erro no cálculo de - 50%
Nº de trab não excedem Valor de Ação	13	0	13	0	13	0	21	0	50
Nº de trab que excedem V.A e não o V.L.E	45	50	55	50	56	50	66	49	52
Nº de trab excedem V.L.E.	45	53	35	53	34	53	16	54	1
Nº de trab que excedem Valor de Ação	90	103	90	103	90	103	82	103	53

Tabela 117 - Nº de trabalhadores que Não Excedem Valor de Ação

	SITUAÇÃO VERIFICADA	Erro no cálculo de + 10%	Erro no cálculo de - 10%	Erro no cálculo de + 20%	Erro no cálculo de - 20%	Erro no cálculo de + 30%	Erro no cálculo de - 30%	Erro no cálculo de + 50%	Erro no cálculo de - 50%
TEMPO DE EXPOSIÇÃO	13	13	13	0	13	0	13	0	21
ahv	13	0	13	0	13	0	21	0	50

Nº de trab. que Não Excedem Valor de Ação

Gráfico 49 - Nº de trabalhadores que Não Excedem Valor de Ação

Tabela 118 - Nº de Trabalhadores que Excedem V.A e não o V.L.E

	SITUAÇÃO VERIFICADA	Erro no cálculo de + 10%	Erro no cálculo de - 10%	Erro no cálculo de + 20%	Erro no cálculo de - 20%	Erro no cálculo de + 30%	Erro no cálculo de - 30%	Erro no cálculo de + 50%	Erro no cálculo de - 50%
TEMPO DE EXPOSIÇÃO	45	45	46	50	55	50	56	50	66
ahv	45	50	55	50	56	50	66	49	52

Gráfico 50 - Nº de Trabalhadores que Excedem V.A e não o V.L.E

Tabela 119 - Nº de Trabalhadores que Excedem o V.L.E

	SITUAÇÃO VERIFICADA	Erro no cálculo de + 10%	Erro no cálculo de - 10%	Erro no cálculo de + 20%	Erro no cálculo de - 20%	Erro no cálculo de + 30%	Erro no cálculo de - 30%	Erro no cálculo de + 50%	Erro no cálculo de - 50%
TEMPO DE EXPOSIÇÃO	45	45	44	53	35	53	34	53	16
ahv	45	53	35	53	34	53	16	54	1

Gráfico 51 - Nº de Trabalhadores que Excedem o V.L.E.

3.10.4. Tempos, para os Valores de Ação e Limite de Exposição

3.10.4.1. Valores de Ação e Limite de Exposição – Vibrações Mão – Braço

Conforme podemos verificar pelo Anexo 2 Tabela - Tempos, para atingir o valor de ação, e utilizando os resultados medidos numa ou nas 2 mãos temos:

Tabela 120 - Nº de equipamentos a atingir o valor de ação num dado tempo

Nº de Equipamentos que atinge o Valor de Ação em função de:	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv	Val. Max verif.	VAL Max dist	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv	Val. Max verif.	VAL Max dist
V.A < 30 min	19	20	29	39	18%	19%	28%	38%
30 min < V.A < 1h	13	11	21	17	13%	11%	20%	16%
1 < V.A. < 2 h	19	17	10	10	18%	16%	10%	10%
Primeiras 2 horas					49%	46%	58%	64%
2 < V.A. < 3 h	7	9	11	8	7%	9%	11%	8%
3 < V.A. < 4 h	11	9	5	3	11%	9%	5%	3%
Primeiras 4 horas					67%	64%	74%	75%
4 < V.A. < 8 h	8	11	9	10	8%	11%	9%	10%
V.A. > 8H	27	27	19	17	25%	25%	17%	15%
TOTAL	104	104	104	104	100%	100%	100%	100%
Só um braço	40	40	40	40

Gráfico 52 - % de equipamentos a atingir o valor de ação num dado espaço de tempo – Vibrações Mão-Braço

De acordo com o pelo Anexo 2 – Tabela - Tempos, para atingir o Valor Limite de Exposição, temos:

Tabela 121 - Nº de equipamentos a atingir o valor Limite de Exposição num dado espaço de tempo – Vibrações Mão-Braço

Nº de Equipamentos que atinge o Valor Limite de Exposição em função de:	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv	Val. Max verif.	VAL Max dist	AHV NORMA	MÉDIA dos ahv	Val. Max verif.	VAL Max dist
V.L.E. < 30 min	0	0	4	7	0%	0%	4%	7%
30 min<V.L.E.< 1h	7	6	9	14	7%	6%	9%	13%
1 < V.L.E.< 2 h	12	14	16	18	12%	13%	15%	17%
Primeiras 2 horas					19%	19%	28%	37%
2 < V.L.E.< 3 h	6	5	8	10	6%	5%	8%	10%
3 <V.L.E.< 4 h	7	6	13	7	7%	6%	13%	7%
Primeiras 4 horas					32%	30%	49%	54%
4 <V.L.E.< 8 h	19	17	10	10	18%	16%	10%	10%
V.L.E.>8H	53	56	44	38	50%	54%	41%	36%
TOTAL	104	104	104	104	100%	100%	100%	100%
Só um braço	40	40	0	40

Gráfico 53 - % De equipamentos a atingir o valor Limite de Exposição num dado espaço de tempo – Vibrações Mão-Braço

3.10.4.2. Valores de Ação e Limite de Exposição – Vibrações de Corpo Inteiro

Conforme indicado e explicado no ponto 3.6.1.2 - Comparação de Resultados Vibrações Corpo Inteiro Diretivas 2002/44/CE e 2006/42/CE, temos de acordo com a tabela 136 as 4 situações que nos interessa comparar, sendo que a primeira coluna apresenta valores calculados de acordo com a Diretiva 2002/44/CE e as 3 últimas calculadas de acordo a Diretiva 2006/42/CE:

Tabela 122 - Tempo para atingir o Valor de Ação – Vibrações de Corpo Inteiro

Nº de Equipamentos que atinge o Valor de Ação – V.A.	T. Val Ação-Valor Max Encon Médias awd	T. Val Ação - AV médias dos awd	T. Val Ação AV - MAX Eq 13	T. Val Ação - AV MAX Eq 14
Na Primeira hora	0,0%	3,5%	11,6%	16,5%
Nas Primeiras 2 horas	1,2%	17,6%	26,7%	28,2%
Nas Primeiras 4 horas	16,5%	36,5%	59,3%	50,6%
Nas Primeiras 8 horas	38,8%	71,8%	86,0%	77,6%
8 < V.A.<24 h	44,7%	22,4%	10,5%	18,8%
24 < V.A.<72 h	12,9%	3,5%	1,2%	1,2%
V.A.>72 h	3,5%	2,4%	2,3%	2,4%
TOTAL	100%	100%	100%	100%

Nº de Equipamentos que atinge Valor de Ação

Gráfico 54 - Tempo para atingir o Valor de Ação em função das formas de cálculo

Tabela 123 - Tempo para atingir o Valor Limite de Exposição – Vibrações de
Corpo Inteiro

Nº de Equipamentos que atinge o Valor VLE	T. Val LIM. EXP. Valor Max Encon-Média	T. V.LIM. EXP. Maior VAL por Eixo	T. V.LIM. EXP. AV base médias	T. V.LIM. EXP. AV MAX Eq 13	T. V.LIM. EXP. AV MAX Eq 14
Primeiras 2 horas		2,4%			5,9%
2 < VLE.< 3 h		2,4%		2,4%	5,9%
3 < VLE.< 4 h		0,0%		8,2%	1,2%
Primeiras 4 horas		4,7%		10,6%	12,9%
4 < VLE.< 8 h	1,2%	11,8%	9,4%	9,4%	12,9%
Primeiras 8 horas	1,2%	16,5%	9,4%	20,0%	25,9%
8 < VLE.<24 h	19%	34%	36%	45%	31%
24 < VLE.<72 h	41,2%	41,2%	45,9%	29,4%	32,9%
VLE>72 h	38,8%	8,2%	8,2%	5,9%	10,6%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

Gráfico 55 - Tempo para atingir o Valor Limite de Exposição em função da forma de cálculo utilizada

3.11. Valor Dose de Vibração (VDV) e a sua aplicação

As vibrações são forças alternadas que atuam sobre um objeto, durante um determinado tempo, realizando um determinado trabalho e por isso libertando uma determinada quantidade de energia. No caso das vibrações Mão-Braço, conforme já foi referido, (Kim-J; Welcome-DE; Dong-RG; Song-WJ; Hayden-C 2007) em Frequency Weightings for Hand-Transmitted Vibration, *“as diretrizes, atuais para avaliar o risco para a saúde provocado pelas vibrações mão-braço são baseados no nível de aceleração ponderada em frequência r.m.s, portanto não consideram na íntegra o efeito das variações temporais da energia espectral”*.

Esta avaliação do efeito da energia libertada pelas vibrações no conjunto mão-braço só recentemente começou a ser considerada.

Tendo existido no entanto avanços neste sentido no que se refere a exposição às vibrações de Corpo Inteiro conforme referido em “Review of methods for evaluating human exposure to whole – body vibration”(Vibration Injury Network, 2001). Os autores referem que a possibilidade de utilizar a potência absorvida (PUBS) pelo corpo humano quando exposto a vibração transmitida pelo assento ao corpo, a fim de avaliar e apreciar a vibração, foi explorada pela primeira vez por um grupo de engenheiros do Exército dos EUA em meados dos anos 60. Os principais resultados de sua investigação foram resumidos num documento (SAE paper nº 680091- *“Analytical Analysis of Human Vibration”* de Lee R.A., Pradko F de 1968), que foi fortemente crítico da filosofia subjacente a (então em curso) elaboração da primeira versão da ISO 2631, que foi, em grande parte transferida para a versão mais recente 1997.

Os trabalhos sobre esta questão foram então interrompidos, e a técnica foi deixada adormecida até que, recentemente reviveu por um dos parceiros deste projeto de investigação, o Instituto Nacional Sueco de Vida no Trabalho (NIWL) na sequência dos resultados promissores recolhidos nos últimos 10 anos no campo da vibração transmitida a mão [Lundström R., Holmlund P., Lindberg L.,

Absorption of energy during exposure to whole-body vibration, UK Informal Group Meeting on Human Response to Vibration, 1995.].

3.11.1. Os Conceitos

3.11.1.1. Potência /Energia

A potência absorvida pelo sujeito exposto a vibrações é calculada a partir da medição simultânea da força, e da sua aceleração relativa. Neste método, o acoplamento entre a estrutura vibratória e o corpo é automaticamente contabilizado, de forma que o resultado é sensível a ambas as forças dinâmicas, a postura e o assento de contacto de trabalho, pode ser uma melhor medida da tensão física imposta sobre o corpo.

3.11.1.2. Eixos de vibração

A norma recomenda que as medições sejam realizadas em três translacionais + três eixos de rotação entre o banco e os ísquios; três eixos de translação entre as costas e o encosto do banco; três eixos de translação sob os pés. No caso da norma ISO 2631-1, a avaliação de vibração no ponto de vista dos riscos de saúde é baseada num limitado conjunto de eixos, os três eixos de translação sobre a superfície de apoio do objeto + a aceleração do eixo X no encosto da cabeça (apenas sujeitos sentados).

O método VDV pode ser usado para medir de forma independente a potência absorvida em consequência de vibrações ao longo de qualquer eixo dado. No entanto, como a potência é uma quantidade escalar, é fácil de calcular o efeito de exposição a todos os três componentes de vibração. A nova abordagem da potência absorvida inclui as quantidades a serem medidas, bem como o processamento de sinal posterior, mas não inclui as posições de medição, cuja escolha ainda é deixado para perícia do avaliador. Esta análise foi apenas efetuada em indivíduos sentados expostos a vibração, mas não há nenhuma dificuldade de princípio em estender a análise a pessoas de pé ou reclinadas.

3.11.1.3. Frequência de vibração

O potencial de lesão para diferentes frequências já é contabilizado, no valor calculado de VDV. Nenhuma ponderação é, portanto, necessária se a hipótese é feita na base da potência absorvida, que está diretamente ligada com os efeitos sobre a saúde. A medição da potência absorvida pode conduzir a uma avaliação da intensidade de vibração se combinada com o tempo de duração da vibração, dando o tempo e a energia absorvida integrados.

3.11.1.4. Valor da Vibração

O método de avaliação de base da aceleração a_w utiliza o rms. Ainda não está claro se o pior eixo de aceleração ou soma vetorial triaxial tem de ser utilizada para avaliar a vibração. Isto porque apenas um conjunto de curvas limite está disponível para avaliação da gravidade, essa ambiguidade pode levar a erros substanciais. Recomenda-se por isso o uso adicional de dois métodos alternativos, quando o fator de pico de vibração exceder 9.

O uso do tempo integrado na quarta potência de aceleração, conhecido como Valor Dose vibração (VDV) é considerado importante, quando o rácio entre a VDV e $(a_w \times T^{1/4})$ excede 1,75.

Este valor é, contudo, injustificado e possivelmente errado. Não é especificado como o valor total de triaxial VDV pode ser calculado a partir dos valores axiais de VDV. Quando estão disponíveis apenas medições de a_w em r.m.s., o valor da dose de vibração pode ser estimado como $(a_w \times T^{1/4})$ (no caso em que é chamada eVDV). A utilização do valor máximo transiente de vibração (MTVV), é considerado importante, quando o rácio entre a MTVV a_w excede 1,5.

Este valor é igualmente injustificado e possivelmente errado. A quantidade MTVV é definida de duas formas diferentes, proporcionando resultados muito diferentes. Não há nenhuma indicação quanto ao uso deve que deve ser feito de

MTVV uma vez que só foi calculado uma vez, e não há limites para ser usados na comparação com os valores medidos que são obtidos.

3.11.1.5. Duração da Vibração

A avaliação da vibração depende fortemente da duração da exposição. O valor limite não é definido abaixo de 1 minuto. Entre 1 e 10 minutos, o limite para a_w fornecido é inconsistente com o princípio de energia igual (implícito no método rms). Porque nenhuma indicação precisa é fornecida do que se entende por "período de exposição" (veja norma Anexo B), o resultado depende do método usado para subdividir a exposição diária, bem como, sobre a inclusão arbitrária ou exclusão de períodos de baixa vibração.

Finalmente, acima de 10 minutos, a aceleração permitida é inversamente proporcional à raiz quadrada do tempo ($a \propto t^{-1/2}$). Apesar de esta lei ser restrita a durações superiores a 10 minutos, ela permite ainda valores muito grandes de aceleração devido à inclinação relativa da relação entre a aceleração permitida e o tempo de exposição.

O Anexo B da norma não inclui um segundo conjunto de curvas de limite de limiar que segue uma dependência ($a \propto t^{-1/4}$). É no entanto claro que sob determinadas circunstâncias cada uma das duas dependências de tempo deve ser utilizada.

Os métodos clássicos

Norma britânica BS 6841 pode representar uma boa base para um futuro documento. Aqui está um pequeno conjunto de sugestões que podem levar a melhorias e remoção de alguns dos pontos fracos existentes:

- Ao contrário do que acontece para os efeitos na saúde, avaliação de vibração para o conforto, percepção, etc. depende do fator de crista superior a um valor limite. Seria desejável ter um único método de avaliação de vibração. Além disso, a VDV também pode ser calculada para

ter m/s de uma aceleração média (denominada RMQ) representando o equivalente formal da aceleração r.m.s.

- É preciso reconhecer que as medições de a_w são atualmente muito mais difundidas do que as medições da VDV. A necessidade de um mecanismo de conversão de a_w a VDV é real. O algoritmo fornecido pela ISO 2631-1 e BS 6841 é muito simples, possivelmente de mais. Podem ser encontrados melhores resultados por ajuste dos dados proveniente de experiências em que a_w e VDV foram medidos simultaneamente.

Esta última situação é referida por Griffin em *A comparison of evaluations and assessments obtained using alternative standards for predicting the hazards of whole-body vibration and repeated shock*, (Lewis C.H. and M.J.Griffin, 1998), que indica:

- Os efeitos na saúde são presumivelmente associados a exposições a longo prazo. Nenhuma estimativa atualmente assegura a probabilidade de lesão nas curvas limite. Também não é indicado como esses valores-limite mudariam se a exposição for errática ou contínua, em escalas de tempo muito longos ou curtas. Seguindo as normas existentes em matéria da exposição ao ruído e ao HAV, deve ser feito um esforço para encontrar algoritmos prevendo para a fração de indivíduos com deficiência em função de alguma estimativa de dose cumulativa (D ex VDV), ou, pelo menos, limitar a um limiar de 10% tal como a mostrado na norma ISO 5349 para o HAV. Embora reconheçamos que esta tarefa é especialmente difícil, dada a ausência de patologias com alta especificidade, ele deve ter a máxima prioridade, no momento, se uma previsão quantitativa confiável dos riscos envolvidos é desejada.

- Alguma compreensão mais profunda da ligação entre a evolução no tempo exato de exposição, bem como a incidência de patologias relevantes é necessária, para que o efeito dos períodos de recuperação seja devidamente tida em conta.

Não se encontra disponível, muita documentação sobre a utilização do método VDV, que é principalmente utilizado por Inglaterra e países ligados a

“British Commonwealth” Consultando “Guide to measuring and assessing workplace exposure to whole-body vibration” (SAFE WORK AUSTRALIA, 2014), encontramos a definição dos parâmetros.

3.11.2. Parâmetros da VDV

3.11.2.1. Dose Valor de Vibração (VDV)

Em situações em que os trabalhadores estão expostos a WBV intermitente, incluindo pancadas ou sacudidelas ao invés de vibração constante, uma alternativa para a exposição diária a vibrações é o valor de dose de vibração (VDV) que nos dá um valor mais representativo. Ao contrário a valor de vibração a_w em r.m.s, a VDV medida é um valor cumulativo. Isto é, a VDV aumenta com o tempo de medição. Por conseguinte, é importante conhecer a duração do tempo de medição, bem como o tempo total que um trabalhador está exposto a essa fonte de vibração por dia. Ambos exposição diária a vibrações A (8) e a medida valor da dose vibração são dependentes dos valores de vibração reais medidos no posto de trabalho.

Ajuste para dias úteis com horário de trabalho prolongado

Turnos mais longos já são tidos em conta no cálculo do A (8), deste modo nenhum ajuste adicional para o cálculo da exposição diária a vibrações A (8) é necessário para deslocamentos maiores que 8 horas. O cálculo da VDV inclui o tempo de medida e tempo de exposição e como a VDV é calculada levando em consideração o tempo de exposição, não há necessidade de ajustar o valor para diferentes da duração do turno de trabalho (ex: motoristas de TIR que podem ir até 10h/dia).

3.11.2.2. Incerteza na avaliação da exposição

Onde o valor da vibração e tempo de exposição são medidos as incertezas associadas com a avaliação da exposição diária a vibrações A (8) pode significar que o valor calculado pode ser 20% acima do valor verdadeiro ou 40% por cento abaixo. Onde se estima o tempo de exposição ou o valor da vibração, por exemplo, com base em informações do trabalhador (tempo de exposição) ou do fabricante (valor da vibração), então a incerteza na avaliação da exposição diária a vibrações A (8) pode ser muito maior.

Valor de dose de vibrações

Valor de dose de vibrações é mais sensível a picos de aceleração do que a aceleração r.m.s, é calculada como a raiz quadrada da aceleração média. Isto dá um resultado em $m / s^{1.75}$. Tal como acontece com a exposição diária a vibrações A (8) valor de dose de vibrações usa os mesmos fatores de ponderação de 1,4 sobre os eixos x e y.

Na avaliação A(8)

Não estarão disponíveis nem provavelmente calculados os valores de dose de vibração e terão de ser tomadas medidas para determinar qual o valor de dose de vibrações para uma determinada situação ou local de trabalho. Se os valores de dose de vibração estão disponíveis o valor diário de dose de vibrações de fonte única ou múltiplas fontes podem ser trabalhados como de indica seguidamente:

Cálculo da VDVexp diária para cada um dos eixos pode ser feito usando a equação:

$$VDV_{exp,x} = 1.4 VDV_x \left(\frac{T_{exp}}{T_{meas}} \right)^{1/4} \text{ Equação 16}$$

Onde:

- VDVx é a medida, ou de outra forma é o valor de VDV encontrado no eixo-x.

- Texp é a duração da exposição diária à fonte de VCI.
- Tmed é o tempo durante o qual o VDVx foi medido.

Uma equação equivalente é usada no eixo dos y, enquanto que a equação para o eixo dos z não tem o fator de ponderação de 1,4.

Se o trabalhador está exposto a mais de uma fonte de WBV e valores de dose de vibração estão disponíveis para serem utilizados, então o valor total de dose de vibração para cada eixo é calculada utilizando a equação:

$$VDVx = (VDV_{x1}^4 + VDV_{x2}^4 + VDV_{x3}^4 + \dots)^{1/4} \text{ Equação 17}$$

Onde VDVx1, VDVx2 etc. são os valores das doses parciais de vibração para cada fonte sobre o eixo x. O valor de dose de vibrações mais alto x, y e eixo z é o valor diário de dose de vibrações.

Não há sistema de pontos de exposição simples para avaliar exposições WBV usando valores de dose de vibração pelo que eles devem ser calculados utilizando as equações.

Não é normal encontrarem-se trabalhos onde é feita a comparação dos resultados das medições de vibrações em aceleração r.m.s de valores dose de vibração VDV.

3.11.3. Medições VDV - World Body Vibrations in Off Road Vehicles in Spain

Na sua tese “Problemática en la medición de exposición a vibraciones y propuesta de nueva metodología de evaluación para la maquinaria móvil de la minería española” (Pedro Juan Morillo Salas, 2011).

Neste trabalho o autor analisa as vibrações em 61 equipamentos off-road.

Existindo uma publicação posterior de um paper “World Body Vibrations in Off Road Vehicles in Spain” (Javier Madera García & Pedro Morillo Salas, 2012),

onde Professor Javier Garcia e o autor procedem a uma análise dos resultados deste trabalho.

As avaliações de exposição a vibrações foram feitas em cinco minas de carvão de superfície, localizadas em Espanha, de 2007 a 2010. Os resultados obtidos são uma boa representação das vibrações WBVs dos equipamentos off-road.

3.11.3.1. Recolha de dados

O nível de vibrações a que os trabalhadores estão expostos foi medido nos diferentes locais de trabalho, dependendo do equipamento utilizado. O resultado da avaliação permite conhecer os níveis de vibração para o equipamento móvel o mais frequentemente empregue neste tipo de minas, assim como para determinar um método para efetuar as medições. O tempo foi definido de acordo com os seguintes conceitos:

- Dia de trabalho: duração ou o tempo de trabalho diário do trabalhador.
- Tempo eficaz: o tempo real de exposição do trabalhador ao nível de vibração medido.
- Tempo medido (T_m): Esta é a duração da medição de vibração. As medições foram feitas em ciclos completos de trabalho (períodos cíclicos de trabalho: de carga, de transporte, e descarregar).

A partir da informação tirada durante o T_m , vezes o valor de aceleração é conhecido de acordo com todos os eixos X, Y, Z, e um equivalente multi-axial neste tempo (t_m). Foi calculado pela aplicação das equações estabelecidas na norma ISO 2631-1.

Os operadores foram instruídos para ter as suas rotinas normais durante a sessão de teste. Os dispositivos de medição de vibração foram posicionados no equipamento, acelerômetros, pelo menos, dois tri-axiais em cada um, e cada um acelerômetro foi calibrado antes do início dos testes em cada local da mina. Os dados foram obtidos em todos os três eixos ortogonais, com o eixo x posicionado

para medir a vibração na direção anterior-posterior, o eixo y na direção médio-lateral, e o eixo z na direção vertical.

O sinal de vibração foi enviada para um registrador de dados, especial. Finalmente, os dados foram transferidos para um PC para análise de dados. Fatores que foram medidos para cada máquina em cada eixo incluem Peak, pico a pico, RMS, VDV e MTS.

Os dados foram obtidos em condições reais de trabalho de cada máquina em cada mina.

As medições foram feitas em diferentes máquinas móveis das minas de acordo com a norma ISO 2631-1-padrão. A avaliação da vibração transmitida para todo o corpo baseia-se no cálculo do valor de exposição diária, expresso como o equivalente de aceleração constante durante um período de 8 horas. Isto é calculando como principal um dos valores eficazes, ou o maior dos valores de dose de vibração (VDV), ambos correspondendo à aceleração medida nos três eixos ortogonais.

As medidas foram tomadas durante períodos representativos de trabalho, considerando um período de referência de 8 horas. Nos casos em que foram identificadas as tarefas diferentes durante um ciclo, em particular, de as medições foram tomadas essas tarefas, a fim de analisar com mais detalhe a composição das vibrações em cada ciclo.

Foram recolhidos dois tipos de dados:

Medição contínua durante vários minutos, com valores tomadas a intervalos de 1 segundo de tempo.

Medição contínua para o dia de trabalho, com valores tomados em intervalos de 1 minuto de tempo.

O primeiro tipo de medida permitiu obter para posterior análise informações mais detalhadas da exposição a vibrações em qualquer momento específico da tarefa ou ciclo, tais como descontinuidades no chão, encostas íngremes, paragens não programadas, etc.

O segundo tipo de medição é recomendado em casos onde não é necessário tanto detalhe. Este método é mais simples e oferece a possibilidade de recolha de dados por mais tempo, em vez de ter que transferi-lo para o registrador de dados com tanta frequência.

Em ambos os casos, a estratégia consistia em registrar a maior gama de tempo possível para cada máquina de mineração, o que implica ter dados suficientes para a obtenção de valores de aceleração confiável para determinar o tempo de medição necessário para cada tipo de máquina. Uma alternativa para intervalos de medição de tempo predeterminados é fazer medições a completar "ciclos" durante o trabalho. Isso é possível, quando as tarefas são claramente, ciclos repetitivos, bem identificados e são completamente equivalentes. Em tal caso, os ciclos são representativos do valor total.

3.11.3.2. Principais Resultados

A exposição diária ao valor da vibração, para 61 máquinas off-road, foi obtido a partir das medições realizadas nos equipamentos. Estas medidas foram tomadas para períodos representativos de trabalho, ponderando os valores para um período de referência de 8 horas. As Tabelas xx a yy mostram estes resultados.

Tabela 124 - Medição da Exposição WBV em RMS e VDV - Dumper, Trucks.
Wheel Loader and Loader

Equipamento		RMS (m/s ²): AV:0,5; LV: 1,15 VDV (m/s ^{1.75}): AV: 9,1; LV: 21			
		A(8)	%>LV	DDose	%>LV
DUMPER	CAT 789C	0,46	9%	9,02	36%
	CAT 789C	0,75		26,28	
	KOMATSU HD785	0,8		24,61	
	KOMATSU HD785	0,57		14,91	
	KOMATSU HD785	0,44		9,26	
	TEREX TR100	1,28		31,35	
	EUCLID	0,55		13,76	
	CAT 777D (1)	0,92		19,98	
	CAT 777D (2)	0,69		14,77	

	CAT 777F	0,52		10,9	
	ASTRA ADT30	0,66		17,88	
TRUCKS	MAN TGA40.410	0,6	0%	13,01	0%
	MB 3340	0,5		11,4	
	MB 1823	0,45		19,19	
	IVECO EuroC	0,59		14,2	
	IVECO EuroTr	0,48		13,56	
WHEEL LOADER	KOMATSU WA600 (P)	1,02	0%	20,33	11%
	KOMATSU WA600 (C)	0,9		20	
	CAT 992D	0,84		18,68	
	CAT 980C	0,61		16,11	
	CAT 988	0,76		15,44	
	CAT 936F	0,53		16,54	
	CAT 950	0,5		13,68	
	CAT IT-14G	0,51		12,62	
	HITACHI 290 (P)	0,73		22,44	
LOADER	CAT 777C	0,38	0%	9,3	0%
	CAT 777C	0,76		16,9	
	CAT 775B	0,65		15,36	

Tabela 125 - Medição da Exposição WBV em RMS e VDV - Drilling Machine, Bulldozer, Excavator, Motor Grader, Cars 4WD and Locomotive

Equipamento		RMS (m/s ²): AV:0,5; LV: 1,15 VDV (m/s ^{1.75}): AV: 9,1; LV: 21			
		A(8)	%>LV	DDose	%>LV
DRILLING MACHINE	TAMROCK 1500	0,36	0%	43,93	67%
	TAMROCK 1100	0,31		23,48	
	TAMROCK 700	0,11		7,18	
BULLDOZER	KOMATSU 375	0,96	17%	20,17	33%
	CAT D10T	0,83		17,52	
	KOMATSU D155	0,9		29,34	
	CAT D10G	0,87		18,5	
	CAT 824G	1,25		27,03	
	CAT 834B	0,81		18,42	
EXCAVATOR	HITACHI 5500	0,39	0%	10,16	15%
	HITACHI 5500	0,4		9,51	
	HITACHI 3600	0,64		17,98	
	LIEBHERR 994	0,33		8,38	
	O&K RH120-E	0,57		14,99	
	KOMATSU PC2000	0,45		19,96	

	LIEBHERR 984	0,32		14,76	
	CAT 5110B	0,44		16,04	
	KOMATSU 1250	0,47		12,12	
	CAT 385C	0,72		38,56	
	HITACHI 350	0,42		24,95	
	HITACHI 350	0,19		10,07	
	NEWHOLLAND 215	0,4		20,58	
MOTOR GRADER	CAT 16M	0,52	0%	11,98	0%
	CAT 16H	0,81		18,09	
	CAT 16G	0,52		15,56	
CARS 4WD	Santana ANIBAL	0,72	14%	18,98	14%
	Land Rover DEFENDER(1)	0,43		11,72	
	Land Rover DEFENDER(2)	0,52		12,06	
	Nissan TERRANOII (1)	0,84		18,51	
	Nissan TERRANOII (2)	0,85		17,23	
	Santana PS10 (1)	0,64		17,94	
	Santana PS10 (2)	1,27		27,49	
LOCOMOTIVE	TRARIASA T50	0,31	0%	34,28	100%

Tabela 126 - Quadro Resumo

EQUIPAMENTO	RMS (m/s ²): AV:0,5; LV: 1,15 VDV (m/s ^{1.75}): AV: 9,1; LV: 21	
	AV<A(8)<LV	AV<DDose<LV
DUMPER	73%	55%
TRUCK	60%	100%
WHEEL LOADER	100%	89%
LOADER	67%	100%
DRILLING MACHINE	0%	0%
BULLDOZER	83%	67%
EXCAVATOR	23%	77%
MOTOR GRADER	100%	100%
CARS 4WD	71%	86%
LOCOMOTIVE	0%	0%

Gráfico 56 - Resumo – Comparação de Resultados

3.11.3.3. Conclusões

Ao longo de vários anos, têm sido desenvolvidos estudos em Espanha para tratar a exposição a vibração de corpo inteiro em máquinas off-road na indústria de mineração a céu aberto. Podem ser tiradas a partir dos resultados obtidos nestes estudos as seguintes conclusões, as quais são válidas não só para a mineração, mas para todos os tipos de indústrias que trabalham com máquinas off-road, como a construção civil e obras públicas:

De acordo com o maior estudo realizado até agora em Espanha, em 61 máquinas, a exposição A (8) WBV, de acordo com os critérios do RMS, 5% dos casos ultrapassam o valor limite ($1,15 \text{ m/s}^2$) e 60% das exposições situam-se entre os valores de ação e de limite de exposição ($0,5 - 1,15 \text{ m/s}^2$).

A situação seria pior, utilizando os critérios da VDV. Neste caso, 20% das máquinas ultrapassam o valor limite (21 m / s, 1, 0,75), e 75% situa-se entre os primeiros valores de ação e de limite de exposição (9,1 m / s^{1,75} a 21 m / s^{1,75}).

Os condutores destes equipamentos na indústria de mineração a céu aberto são muito frequentemente expostos a choques, devido à condição das estradas, quase sempre irregular, devendo por isso ser recomendada avaliação de acordo com os critérios da VDV, ou outro parâmetro que leve em conta fatores como choques,

3.11.4. Transporte coletivo: vibração de corpo-inteiro e conforto de passageiros, motoristas e cobradores

Neste trabalho (Marilu Alcântara de Melo Figueiredo; Luiz Felipe Silva; Tiago Leão Barnabé 2015) referem que vibração de corpo-inteiro (VCI) está presente em diversos veículos, incluindo os ônibus urbanos. A exposição excessiva está associada ao risco de distúrbios na região lombar. Este estudo objetivou avaliar a exposição de condutores e passageiros à VCI. Foi empregada a ISO-2631-1997 como norma de referência para avaliação, e nos limites ocupacionais da Diretiva Europeia (2002). Observou-se superação do nível de ação, segundo o método básico, nos três eixos, tanto para o cobrador como para o motorista do ônibus. A superação do nível limite, segundo método da quarta potência, ocorreu no eixo z, para cobrador e motorista, com valores de VDV de 36,28 ms^{-1,75} e de 39,71 ms^{-1,75}, respectivamente. Para a realidade do passageiro, a situação no assento frontal do veículo, o valor observado da exposição à VCI, pelo método básico, foi considerado “um pouco desconfortável”, enquanto para o passageiro sentado na seção central, foi classificada como “desconfortável”. Os valores médios das magnitudes de vibração, no método básico, eixo z, encontrados nos assentos dos passageiros e dos condutores são similares, sugerindo que o amortecimento do assento destes é inadequado. Os condutores estão expostos a níveis acima dos limites recomendados, e os passageiros têm viajado em situação desconfortável”.

Tabela 127 - Resultados VDV – motorista e cobrador

Motorista												
Trechos	Valores da vibração (ms^{-2})			Valores diários da vibração (ms^{-2})			Valores da dose da vibração ($\text{ms}^{-1,75}$)			Valores da exposição da dose da vibração ($\text{ms}^{-1,75}$)		
	A_x	A_y	A_z	$A_x(8)$	$A_y(8)$	$A_z(8)$	VDV_x	VDV_y	VDV_z	$\text{VDV}_{\text{exp},x}$	$\text{VDV}_{\text{exp},y}$	$\text{VDV}_{\text{exp},z}$
A	0,34	0,35	0,88	0,21	0,22	0,40	1,64	1,80	4,77	5,36	5,88	15,59
B	0,35	0,34	0,85	0,22	0,21	0,38	3,14	2,88	7,40	10,26	9,41	24,18
C	0,36	0,35	0,89	0,23	0,22	0,40	3,04	2,95	7,86	9,93	9,64	25,69
D	0,37	0,36	0,98	0,23	0,23	0,44	3,04	2,88	8,20	9,93	9,41	26,80
E	0,35	0,32	0,32	0,22	0,20	0,14	2,97	2,75	7,94	9,71	8,99	25,95
F	0,29	0,27	0,27	0,18	0,17	0,12	2,60	2,38	7,87	8,50	7,78	25,72
G	0,28	0,26	0,26	0,18	0,16	0,12	2,76	2,41	6,80	9,02	7,88	22,22
Somatório				0,56	0,54	0,84				15,11	14,10	39,71
Cobrador												
Trechos	Valores da vibração (ms^{-2})			Valores diários da vibração (ms^{-2})			Valores da dose da vibração ($\text{ms}^{-1,75}$)			Valores da exposição da dose da vibração ($\text{ms}^{-1,75}$)		
	A_x	A_y	A_z	$A_x(8)$	$A_y(8)$	$A_z(8)$	VDV_x	VDV_y	VDV_z	$\text{VDV}_{\text{exp},x}$	$\text{VDV}_{\text{exp},y}$	$\text{VDV}_{\text{exp},z}$
A	0,59	0,12	0,2	0,37	0,08	0,09	0,54	1,08	0,97	1,70	3,41	3,06
B	0,27	0,44	0,74	0,17	0,28	0,33	2,32	3,94	6,34	7,32	12,43	20,00
C	0,34	0,59	0,92	0,21	0,37	0,42	2,91	5,18	7,80	9,18	16,34	24,60
D	0,32	0,55	0,93	0,20	0,35	0,42	2,87	4,81	7,99	9,05	15,17	25,20
E	0,29	0,51	0,76	0,18	0,32	0,34	2,64	4,59	6,75	8,33	14,48	21,29
F	0,27	0,35	0,65	0,17	0,22	0,29	2,42	3,24	5,94	7,63	10,22	18,74
G	0,33	0,59	0,99	0,21	0,37	0,45	2,88	5,16	8,32	9,08	16,28	26,24
Somatório				0,60	0,80	0,93				13,34	22,86	36,28

Sendo curioso reparar que também aqui os valores das vibrações medidos em r.m.s e VDV, nos dão situações diferentes, podendo-se concluir o mesmo que no trabalho anterior.

Tabela 128- Comparação r.m.s / VDV – motorista e cobrador

	RMS (m/s^2): AV:0,5; LV: 1,15	
	VDV ($\text{m/s}^{1,75}$): AV: 9,1; LV: 21	
	AV<A(8)<LV	VDV>LV
Motorista	0,84	39,71
Cobrador	0,93	36,28

Outros trabalhos como “Exposição Humana à vibração de corpo inteiro em um trator agrícola em operação de semeadura”, começam a apresentar análises

de VDV, e no caso particular deste, que apresenta valores totais de vibração para r.m.s e VDV (Rodrigo Lampert Ribas, 2012).

Outro trabalho no mesmo sentido “Vibração de corpo inteiro em motoristas de ônibus: associação com variáveis de aptidão física e dor lombar” (BRUNO SERGIO PORTELA, 2014), referem que a ISO 2631-5 (2004) é a indicada para a exposição humana a múltiplos impactos mecânicos medidos no assento quando a pessoa está sentada. Segundo esta norma, os efeitos adversos à saúde pela exposição prolongada estão relacionados com as medidas de dose de vibração, obtidas a partir de picos de aceleração (PORTELA; ZANNIN, 2013). Desta forma, utiliza-se um método de 6ª potência para sua determinação, verificando que picos com magnitudes inferiores a $1/3$ do máximo pico não influenciam significativamente o valor da dose.

4. Discussão dos Resultados

Antes de tudo e para se tomar consciência do “state-of art” convém refletirmos sobre o que dizem alguns especialistas sobre as normas ISO, utilizadas para a medição das vibrações e transpostas para a diretiva.

Griffin em “ A comparison of standardized methods for predicting the hazards of whole-body vibration and repeated shocks” (Griffin, 1998), sobre a revisão da ISO 2631 revista 1997 dizia:

“A ISO 2631 (1974.1985) indica um conjunto de limites de exposição, a British Standard 6841 (1987) define um procedimento de medição e avaliação (com base nas ponderações de frequência e no valor de dose de vibrações, VDV), que dá um nível de ação, que pode ser usado para avaliar a gravidade da vibração, e menciona algumas ações apropriadas (avaliação das condições físicas das pessoas expostas, definição dos procedimentos de segurança e dos controlos regulares de saúde). A norma ISO 2631 (1997) não é clara em diversas áreas importantes, indicando como por exemplo:

- *Quais as posturas corporais e que eixos devem ser avaliados;*
- *Se as avaliações de vibração multi-eixo se devem basear no "pior eixo" ou numa combinação da aceleração ponderada em frequência em todos os eixos;*
- *Porquê uma nova ponderação de frequência, W_k , é proposta para vibração vertical, quando a que está em uso está quase dentro do erro de tolerância da ponderação existente, W_b ;*
- *Porquê o fator de multiplicação 1,4 é usado para avaliar a vibração no que diz respeito à saúde, mas não no que diz respeito ao conforto;*
- *Como escolher entre as diferentes dependências de tempos (RMS global, VDV, avaliar em RMS e a não com a dependência do tempo); permitindo utilizar ambos ou o valor máximo de rms (i.e, MTVV) ou o valor de VDV;*
- *Etc.*

Concluindo que a Norma Internacional (ISO 2631:1997) para medir, e avaliar a exposição humana a vibração e choque recentemente revista irá causar confusão desnecessária.

Assim como o mesmo autor em “Minimum health and safety requirements for workers exposed to hand-transmitted vibration and whole-body vibration in the European Union; a review” (Griffin M J, 2004), indicava situações onde a aplicação quer da norma supra citada quer das normas ISO 5349-1 e 2 indicadas na Diretiva 2002/44/CE, apresentavam inconsistências para poderem garantir a proteção dos trabalhadores expostos.

Já Donati em “Joël's breaker: forty years of European vibration prevention” (Patrice Manu Donati, 2012), diz-nos que “ *A experiência de campo tem demonstrado que muitas empresas, que utilizam ferramentas vibratórias, nunca realizaram um programa para avaliação e gestão deste risco, e que continuam a ignorar as suas responsabilidades inerentes da aplicação da Diretiva Vibração. Devido a isso, os Estados europeus estão agora a desenvolver abordagens alternativas para a prevenção, que normalmente mudam a responsabilidade da gestão deste risco inteiramente para os empregadores. O desafio permanente será o de aumentar a consciencialização nos locais de trabalho tendo em atenção os riscos de exposição a vibrações*”

Para se analisar o risco da exposição a vibrações torna-se necessário em primeiro lugar olhar para a dimensão do mesmo, de seguida avaliá-lo e por fim indicar as medidas para o seu controlo, mas de uma forma prática e operacional. Isto é seguir os princípios básicos da Segurança no Trabalho.

4.1. Avaliar o risco de exposição a vibrações de trabalhadores na Europa, particularmente em Espanha e em Portugal.

4.1.1. O número dos trabalhadores expostos a vibrações na Europa, Espanha e Portugal

Conforme referido em 3.2.2, na Europa a 27 em 2010, temos na Indústria a indicação que estão expostos cerca de 47,5% dos trabalhadores e nos serviços

12%, sendo esta situação mais grave em Portugal e Espanha, face a média dos países.

Podemos dizer que no total devemos ter cerca de 35% dos trabalhadores europeus expostos a vibrações, não se conseguindo de acordo com os dados disponíveis diferenciar o tipo de vibrações a que se encontram expostos, se Mão-Braço se Corpo Inteiro.

Relativamente ao tempo por dia que estão expostos, de acordo com a tabela 13, aproximadamente 25% estão expostos a valores iguais ou superiores, a $\frac{1}{4}$ do tempo $\approx 2h$, sendo ainda que 11% nos indicam que quase nunca estão expostos, não se conhecendo o valor da vibração nos períodos em que estão expostos.

Nas vibrações Mão-Braço, nos 72 equipamentos avaliados (Anexo 2) verificamos (Tabela 119) que 46% atingem o Valor de Ação nas primeiras 2 horas, 64% nas primeiras 4 horas e 75% durante o dia de trabalho.

Nas vibrações de Corpo Inteiro nos 85 equipamentos avaliados (Tabela 122) temos que 26,7% atingem o Valor de Ação nas primeiras 2 horas, 50,6% nas primeiras 4 horas e 77,6% nas 8 horas, isto de acordo com a metodologia proposta pela Diretiva 2006/42/CE.

Podemos então concluir de uma forma aproximada, que:

Tabela 129 - Tempos de Exposição Mão Braço e Corpo Inteiro

	Trabalhadores expostos	Mão-Braço - atingem o Valor de Ação	Corpos Inteiro - atingem o Valor de Ação
Primeiras 2 horas	7,00%	46%	26,7%
Primeiras 4 horas	4%	64%	50,6%
Dia de trabalho $\approx$ (8H)	10,50%	75%	77,6%

Já um outro estudo publicado em Espanha (Centro de Acústica Aplicada) nos indica:

Tabela 130- Tempos de Exposição Mão Braço e Corpo Inteiro

		$A(8) < 0,5$ m/s ²	$0,5 \leq A(8) < 1,15$ m/s ²	$1,15 \text{ m/s}^2 \leq A(8)$	Total
Corpo Inteiro	Total de Equipamentos	3281	224	30	3535
	Total (%)	93%	6%	1%	
		$A(8) < 2,5$ m/s ²	$2,5 \leq A(8) < 5$ m/s ²	$5 \text{ m/s}^2 \leq A(8)$	Total
Mão-Braço	Total de Equipamentos	1331	1419	2173	4923
	Total (%)	27%	29%	44%	

Analisando-se em particular o grau de exposição, tempos de exposição, tipo de vibrações a que os trabalhadores estão expostos, exposição por setor de atividade, podemos afirmar de acordo com a tabela 12 e 13, que temos em 2010 a seguinte exposição de trabalhadores a vibrações.

Tabela 131- Exposição de trabalhadores à vibração por setor na EC Portuga e Espana

	EC12	EC15	EC27	PORTUGAL	ESPANHA
Industria	48,4%	48,1%	47,5%	59,8%	54,4%
Serviços	12,0%	12,0%	12,0%	16,4%	12,3%

Numeros por si só significativos para se continuar a tratar este risco como se trata-se de um risco menor.

Podemos afirmar que este risco envolve possivelmente o mesmo número de trabalhadores que o ruído. Que de acordo com as informações disponíveis sobre o ruído nos locais de trabalho (FACTS 56) (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2005), um em cada cinco trabalhadores europeus (20%) tem de erguer a voz para se fazer ouvir durante, pelo menos, metade do tempo que passa no trabalho, e 7% dos trabalhadores europeus sofrem de dificuldades auditivas relacionadas com o trabalho. A perda de audição induzida pelo ruído é a doença profissional mais comum na UE.

O mesmo não se podendo dizer das vibrações uma vez que a identificação de lesões relacionadas com este risco, se tornam difíceis, conforme referido em

vários trabalhos, de entre os quais o “Guia para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones” (INSHT, 2006a) que nos diz “*a realização de trabalhos nos quais se está exposto a vibrações com posturas físicas incorretas, torções frequentes, movimentos repetitivos, segurando com força a ferramentas vibratórias, ou em ambientes frios e húmidos, são fatores de risco adicionais*”, verificando-se que, desta forma se torna difícil caracterizar com exatidão a situação que originou a lesão (Guisado H., 2008), ou se ela não foi agravada/motivada por outras situações, como por exemplo nas deslocações casa/trabalho.

O risco da exposição a vibrações face a estes números, é possivelmente semelhante ao risco da exposição ao ruído, sendo que, para este último risco, já existe legislação, metodologias, equipamentos e EPI's, definidos para garantir a proteção dos trabalhadores ao invés do que sucede relativamente as vibrações.

Tornando-se por isso urgente e importante desenvolver um conjunto de medidas que promovam o controlo ou minimização deste risco de uma forma fácil e eficaz.

4.1.2. Análise dos equipamentos existentes nas empresas e o seu registo

Conforme se pode verificar olhando para as figuras 22 e 23, para iniciar uma análise completa, das vibrações a que estão expostos os trabalhadores, é necessário em primeiro lugar identificar na empresa os equipamentos que expõem os trabalhadores a vibrações existentes e qual o seu estado.

Isto porque sem conhecer a totalidade destes equipamentos, os valores expectáveis de vibrações, quem trabalha com eles e pelo menos saber durante quanto tempo, não é possível efetuar-se uma análise capaz do nível da exposição a vibrações.

Devendo ser obrigatório, na legislação relativa as vibrações, a existência de uma listagem que cobrisse estas situações, similar à proposta pela “Tabela para registo de Equipamentos”.

4.1.3. Análise das amostras para as considerar significativas com recurso a métodos estatísticos

4.1.3.1. Duração da Exposição

O uso do, método r.m.s permite que os valores de ação de exposição e os correspondentes valores limite de exposição tanto para vibração transmitida a Mão-Braço como ao Corpo Inteiro, atinjam valores muito altos para exposições diárias de curta duração. Estes valores podem apresentar pontualmente, durante exposições contínuas ou exposições intermitentes, valores elevados (muito altos), ou a existência de choques isolados ou repetidos. Embora o conhecimento dos efeitos destes valores elevados ser limitado, é razoável assumir que eles são indesejáveis. Para muitas ferramentas e máquinas, tais valores de alta vibração hoje em dia também são desnecessários, conforme refere M J Griffin em “Minimum health and safety requirements for workers exposed to vibration” (Griffin M J, 2004).

Quando a vibração está geralmente abaixo do valor de ação de exposição, mas varia muito ao longo do tempo e ocasionalmente podendo exceder o valor limite de exposição, um Estado-Membro pode autorizar uma exceção prevista à exposição média de mais de 40 horas, isto é, quando o valor limite de exposição é menor que o valor admitido, e há evidências de que os riscos são mais baixos do que os da exposição ao valor limite de exposição. Esta situação é vagamente formulada e pode permitir que muitas exceções.

O método de cálculo do valor obtido com as medições não é especificado e conclusões muito diferentes podem ser obtidas usando a média linear dos r.m.s, como ficou demonstrado nas abordagens efetuadas nos anexos 2 e 3.

Não é indicado como é calculada a média para 40 horas: isto é, se existe um período de 40 horas único, ou cinco períodos sucessivos de trabalho (ou não-trabalho), de dias de oito horas?

Não está claro o que se entende por " geralmente abaixo do valor de ação da exposição": isto pode aplicar-se durante um dia, (onde muitas exposições a vibrações, estão abaixo do nível de ação por longos períodos, ou o que pode ser feito para se estar geralmente abaixo do valor de ação de exposição, através da adição de exposição de um nível baixo de vibração), ou a exposição pode ainda verificar-se somente em alguns dias da semana (por exemplo, três dias de cinco).

Em último caso, isto pode permitir a exposição em valores muito elevados durante alguns dias. Com o fim de ser limitado a condições de exposição razoáveis, este método requer uma definição mais precisa.

A diretiva não menciona especificamente as exposições que ocorrem apenas por algumas semanas ou alguns meses. Assume-se que, os valores de exposição e os valores limite de exposição são aplicados a dias individuais com a exceção das situações relacionadas com as 40 horas, como referido anteriormente.

Os riscos decorrentes, por exemplo, para o trabalho sazonal de algumas semanas ou meses, devem portanto, ser tratados, de forma igual, as exposições diárias que se verificam ao longo do ano. Isto parece razoável, até porque um empregador que é responsável pelas condições de trabalho durante algumas semanas ou meses, pode não ser capaz de prever, se no futuro o trabalhador terá um emprego onde se verifique uma exposição igual ou menor.

Ainda ocorre que normalmente os valores obtidos para a avaliação da vibração de Corpo Inteiro pela norma ISO 2361-1:1997, utilizando o método r.m.s podem ser diferentes e inferiores aos valores VDV (média da quarta potência) em mais de 40 horas.

4.1.3.2. Monitorização das operações e respetivo tempo de Exposição.

Não existindo a listagem de equipamentos referida anteriormente, não é fácil controlar as operações que são efetuadas e os respetivos tempos de exposição, mais uma lacuna na legislação vigente.

Conforme ficou demonstrado no ponto 3.10 a influência dos tempos de exposição no valor final da exposição as vibrações, parece ser similar a do valor das vibrações, se bem que a influência deste último valor seja superior.

Não é por isso aceitável que a legislação imponha requisitos para as medições de vibrações (ex: Laboratórios Acreditados), sendo a mesma omissa relativamente a monitorização dos tempos de exposição. Como refere (RELACRE-21, 2008) “A indicação ou validação dos tempos de exposição é da responsabilidade da entidade empregadora”. A lei não obriga a este controlo, os laboratórios que fazem as medições também não atuam neste sentido, o ACT remete para a existência de Relatórios de Medição efetuados por entidades acreditadas (ACT- Vibrações, 2015), donde as operações e os respetivos tempos de exposição não são na verdade controlados.

Consultando o Guia para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones (INSHT, 2006a), a NTP - 784 - Evaluación de las vibraciones de cuerpo completo (INSHT, 2005), a NTP - 792 - Evaluación de la exposición HAV - Evaluación por estimación - (INSHT, 2008), nada refieren sobre este assunto.

Indicando a NTP 839- Exposición a vibraciones mecánicas - Evaluación del riesgo, (INSHT, 2006b) o seguinte: “O tempo de exposição é obtido através da observação do método de trabalho e tendo em conta as considerações que fazem essas regras relativas aos diversos tipos de exposição”.

4.1.3.3. Amostras – Dimensão e Grau/nível de confiança

Sem definirmos exatamente que estamos a avaliar (medir) como podemos comparar o resultado desta avaliação com algo que foi medido segundo critérios definidos?

Não existe nas normas nem na diretiva uma clara definição sobre como determinar o tempo de realização das medições nem sobre a duração das mesmas.

A norma 5349:2-2001, refere no mínimo o tempo total da medição de 1 min devendo-se evitar medições de muito curta duração iguais ou inferiores a 8 segundos. A norma 2631-1 de 1997 refere durações mínimas de 108s a 227s, por medição, para se obter um nível de confiança de 90 %. A EN 14253:2003+A1 indica-nos que se o ciclo de funcionamento é curto, devem ser integrados vários ciclos ao longo do tempo, de modo a alcançar um tempo de integração de preferência não inferior a 15 min. Como mínimo, deve ser mais do que 3 minutos.

Nos gráficos 22 e 23 o professor Javier Madera mostra-nos as diferenças verificadas entre considerarmos ciclos de duração de um minuto e de 3 minutos, sendo sempre preferível utilizar medições com a duração de ciclos mais longos (3 min).

A diretiva deveria fazer referência a duração dos ciclos de medições, indicando que sempre que possível, estes deveriam ter durações superiores a 227s, isto é a $\approx 4 \text{ min} = 240\text{s}$.

4.1.3.4. Dimensão da Amostra

Nas vibrações Mão-Braço verificamos que a duração das amostras varia entre 15 min e mais de 2 horas, nas vibrações de Corpo Inteiro temos amostras com uma duração inferior a 15 min, até 45 min, não sendo explícita a justificação para estas diferenças.

Relativamente a dimensão da amostra esta prende-se objetivamente com dois parâmetros, o tempo de exposição e os desvios verificados nas medições.

- Tempos de Exposição $\Rightarrow$ Dimensão da amostra
- Nível de confiança de 90 % $\Rightarrow$ Erro tolerável da amostra $E_0 = 10\%$
- N = tamanho da população = Duração total da exposição

Seguindo o indicado no ponto 5.6 e anexo 4, considero que seria justificável a diretiva introduzir uma metodologia deste tipo, aceitando como erro tolerável para determinar a dimensão da amostra, o máximo entre 20 a 30%, isto é um erro semelhante ao admitido quando se usam as velhas técnicas, do esquecido controlo estatístico de qualidade com cartas ($\bar{X}$ -R) ou as amostragens AQL/AOQL.

Com este valor e com os tempos de utilização dos equipamentos, seria possível uma primeira definição da amostra significativa, a qual seria confirmada no passo seguinte.

4.1.3.5. Grau ou nível de Confiança da Amostra

Cumprindo o definido no ponto anterior para a dimensão da amostra, com os resultados obtidos e tratando estes resultados, iremos verificar o desvio padrão encontrado, seguindo o indicado no ponto 3.6.2 e anexo 4.

Se obtivermos um grau de confiança entre os 80 e 90%, podemos ter alguma garantia de que os resultados que estamos a obter são comparáveis com os valores referidos nas normas de referência, caso contrário deveríamos continuar a realizar medições até obtermos este grau de confiança. No caso das vibrações Mão-Braço, nos 72 equipamentos, obtivemos os seguintes resultados:

Tabela 132 - Confiança das Amostras Mão Braço

Confiança das Amostras Mão Braço	Nº DE AMOSTRAS %
Inferior a 50%	8%
50% < Amostra ≤ 70%	32%
70% < Amostra ≤ 75%	10%
75% < Amostra ≤ 80%	7%
80% < Amostra ≤ 85%	15%
85% < Amostra ≤ 90%	12%
90% < Amostra ≤ 92,5%	8%
92,5% < Amostra ≤ 95%	5%
95% < Amostra ≤ 97,5%	4%
97,5% < Amostra ≤ 99%	1%
Amostra > 99%	0%

Verificamos que só temos 45% de amostras com um grau de Confiança igual ou superior a 80%. Quando é efetuada a Análise do Grau de Confiança quando existiram medições nos dois braços, temos:

Tabela 133 - Confiança das Amostras Mão Braço – Ambos os braços

Confiança das Amostras Mão Braço - Equipamentos com medições no braço Direito e Esquerdo	Nº DE AMOSTRAS %
Grau de confiança =	44,8%
Dif. Grau de confiança = 1	20,7%
Dif. Grau de confiança = 2	24,1%
Dif. Grau de confiança = 3	3,4%
Dif. Grau de confiança => 4	6,9%

Vemos assim que só cerca de 45% das amostras apresentam o mesmo grau de confiança quando existem amostras nos 2 braços, como é possível comparar corretamente estes resultados?

Mesmo que as amostras tenham inicialmente as mesmas dimensões, os graus de confiança para se compararem resultados nos dois 2 braços, também devem ter tendencialmente iguais, uma vez que só assim eles poderão ser comparáveis entre si e aos valores referidos pelas normas.

Caso o Grau de confiança apresente um valor inferior, ou diferente, então devemos continuar as nossas medições até atingir este resultado.

Esta situação também se verifica para as vibrações de Corpo Inteiro.

Tabela 134 - Grau de confiança das amostras Corpo Inteiro

Grau de confiança das amostras Corpo Inteiro	Diretiva 2002/44/CE N°		Diretiva 2006/42/CE	
	N° DE AMOSTRAS	% AMOSTRAS	N° DE AMOSTRAS	% AMOSTRAS
Inferior a 80%	2	3%	5	7%
80% < Amostra ≤ 85%	4	6%	4	6%
85% < Amostra ≤ 90%	5	7%	4	6%
90% < Amostra ≤ 92,5%	11	15%	13	18%
92,5% < Amostra ≤ 95%	20	28%	21	29%
95% < Amostra ≤ 97,5%	22	31%	20	28%
97,5% < Amostra ≤ 99%	4	6%	4	6%
Amostra > 99%	4	6%	1	1%
TOTAL	72	100%	72	100%

Julgo não poder nem dever continuar a ser aceitável a dispersão de resultados encontrados, quer para a dimensão das amostras, quer para os graus de confiança, fruto simplesmente de uma omissão na diretiva, que considera unicamente deverem ser tomadas amostras representativas, não definindo como é verificada essa representatividade.

4.1.4. Realização das medições - Tratamento dos resultados da amostra

4.1.4.1. Vibrações Mão-Braço

Aqui parece haver perfeita concordância entre as práticas utilizadas e o proposto pelas diretivas, isto é ser considerado o valor total das vibrações, no

entanto a Diretiva 2006/42/CE, limita-se a dizer “*valor total das vibrações a que estão expostos os membros superiores*”. Deixando por isso uma total liberdade para o tratamento dos resultados da amostra, conforme se pode verificar pela consulta do Guia Relacre (RELACRE-23, 2014) ou da NTP – 792 (INSHT, 2008) . Podendo a mesma ser tratada de diversas formas

Tomando para calcular o a_{hv} a expressão 33 indicada no anexo 2, temos:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$$

Calculamos em primeiro lugar o AHV NORMA utilizando a fórmula referida no ponto 2.5.4 do anexo 2

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i}$$

De seguida calculamos MÉDIAS – MÉDIA onde foi calculada a média dos a_{hv} e determinado o seu desvio padrão.

VAL Max dist – Este valor foi calculado usando a regra estatística para uma distribuição normal $\bar{X} + 3\sigma$

VAL. Max verif. - Este valor foi obtido encontrando o valor máximo dos a_{hv} calculados.

a_{hv} base MÉDIA awd - Este valor foi obtido encontrando usando a média dos awd medidos e a expressão para cálculo dos a_{hv} .

Sendo em média os valores (m/s^2) obtidos nos 72 equipamentos inicialmente medidos e utilizando as diferentes formas de trabalhar os dados da amostra, os seguintes:

Tabela 135 - Vibração Mão-Braço valores em função da forma de tratar a amostra

Valor Max dist	VAL.Max ver.	AHV NORMA	MÉDIA dos a_{hv}	<u>a_{hv} MÉDIA</u> <u>awd</u>	Max Verif. /Max. Dist
6,43	5,47	4,20	4,12	4,09	87%

Obtendo em média os seguintes tempos para:

Tabela 136 - Tempos para o Valor de Ação (VA) e para o Valor Limite de Exposição (VLE).

TVA- VAL Max dist	TVA- Val. Max verif.	TVA AHV NORMA	<u>TVA- MÉDIA dos ahv</u>	TVLE- VAL Max dist	TVLE- Val. Max verif.	TVLE AHV NORMA	<u>TVLE- MÉDIA dos ahv</u>
19,98	22,20	64,14	74,22	79,93	88,79	256,58	296,87

É conveniente ainda referir que a forma de cálculo utilizada pelos Laboratórios acreditados em Portugal é “ahv MÉDIA awd”.

A Diretiva 2006/42/CE refere para vibrações Mão-Braço que deve ser considerado “*Valor total das vibrações a que estão expostos os membros superiores*”, deixando por isso uma total liberdade a forma como são tratados os dados da amostra, como fica demonstrado.

Se fosse utilizada a mesma metodologia que é proposta para as vibrações de Corpo Inteiro pela Diretiva 2006/42/CE, obtínhamos os resultados indicados como “VAL. Max ver”, que como se pode observar é próximo do “VAL Max dist”, cobrindo por isso a maior parte dos resultados obtidos na amostra, sendo esta mais significativa (segura) também da população (resultados verificados durante a totalidade do tempo de exposição).

4.1.4.2. Vibrações de Corpo Inteiro

Existem 2 métodos de cálculo para as vibrações de corpo inteiro previstos na Diretiva Vibrações 2002/44/CE, um baseado nos valores r.m.s. e outro baseado no cálculo do VDV. No entanto aquele que é usado pelos laboratórios acreditados em Portugal que efetuam as medições é o valor r.m.s.

Conforme é referido existem em vigor 2 formas para determinar o valor r.m.s da exposição de corpo inteiro, uma indicada pela norma ISO 2361:1997 e pela Diretiva Vibrações 2002/44/CE, e outra referida pela nova Diretiva Máquinas 2006/42/CE. Fomos verificar os resultados possíveis, com as diferentes formas de trabalhar os resultados obtidos na amostra, sem no entanto nos esquecermos, que a Diretiva 2006/42/CE, refere que deve ser considerado “*mais alto valor médio quadrático da aceleração ponderada a que está exposto todo o corpo*”.

A solução prevista na norma NP EN ISO 2631-1:2007 e utilizada pelos laboratórios acreditados é calcular as médias das colunas awd x, y, z com a ponderação, sendo o maior valor encontrado de entre as médias calculadas, o valor tomado para calcular os tempos para os valores de exposição.

Valor Max Encon Médias awd

Valores Calculad.	Média	0,413	0,415	0,848	0,848	Max Encon
----------------------	-------	-------	-------	-------	-------	--------------

Outra possibilidade de se efetuar os cálculos é:

Valores calculados:

Valores	Média	0,413	0,415	0,848	0,848	$\bar{X} + \sigma$
Calculados.	Desv Pad	0,055	0,055	0,157	0,157	1,006

Maior VAL por Eixo ind

Aqui olhou-se para cada coluna de awd com ponderação e seleccionou-se em cada medição o valor mais alto verificado, tomando-se de seguida o maior valor encontrado, isto é escolheu-se o maior valor encontrado no conjunto dos 3 eixos.

Maior VAL por Eixo ind	0,498	0,512	1,142	1,142
------------------------	-------	-------	-------	-------

Média+DESV c/Corr.Am

A amostra de equipamento apresenta um Grau de Confiança 6, isto é 90%, sendo o fator de correção de 1,645 (Anexo WBV 2), que neste caso é igual a situação prevista pela base de dados PAF. Sendo de seguida tomado o maior valor verificado. (exemplo: 0,413 + (1,645*0,055)=0,504).

Média + DESVP c/Corr.Am	0,504	0,505	1,107	1,107
----------------------------	-------	-------	-------	-------

Continuamos aqui a tomar o maior valor verificado.

VAL. MAX. Distrib

VAL. MAX. Distrib	0,579	0,579	1,320	1,320
	(Médias + 3* desvio padrão) das colunas acima awd x,y,z			O maior valor encontrado

Qualquer uma das formas de cálculo até aqui apresentadas, têm como base “ o maior valor por eixo”, situação até aqui utilizada em Portugal e prevista em Espanha na NTP – 784 (INSHT, 2005) e no “Guia para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones” (INSHT, 2006a).

A nova Diretiva Máquinas 2006/42/CE indica que “*se deve utilizar valor total das vibrações, considerando-se mais alto valor médio quadrático da aceleração ponderada, a que está exposto todo o corpo*”.

Para efetuar este cálculo, existem conforme referido anteriormente 2 fórmulas para calcular o valor total das vibrações, Equações 13 e 14 de acordo com o indicado no ponto 2.8.4.1

$$a_v = \sqrt{k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2}$$

Equação 13

$$a_v = \sqrt{1.4 a_{wx}^2 + 1.4 a_{wy}^2 + a_{wz}^2}$$

Equação 14

Considerando o valor eficaz, vamos encontrar um método semelhante ao até aqui usado no cálculo das vibrações Mão-Braço.

AHV base médias awd - Aqui foram calculadas as médias dos awd, igual a “Valores Calculados” e de seguida extraída a raiz quadrada da soma dos quadrados.

AHV base médias awd	0,413	0,415	0,848		1,031
---------------------	-------	-------	-------	--	-------

AHV MAX – Equação 13 - Foi calculado o AHV de cada medição de acordo com a Equação 13 e escolhido o maior valor dos valores encontrados

AHV MAX – Equação 13	1,317
----------------------	-------

AHV MAX – Equação 14 - Foi calculado o AHV de cada medição de acordo com a Equação 14 e escolhido o maior valor.

AHV MAX – Equação 14	1,450
----------------------	-------

A utilização da segunda equação, deve-se exclusivamente, atendendo a diversidade e número total de equipamentos avaliado (85), ao interesse académico de analisar e discutir as diferenças verificadas com a utilização destas 2 equações. Os valores encontrados com as diferentes formas de trabalhar os resultados das amostras são:

Encon Médias	Calculado s -	VAL por Eixo ind	ESVP c/Corr.Am	MAX. Distrib	médias awd	AHV MAX Eq 13	AHV MAX Eq 14
0,485	0,585	0,630	0,637	0,798	0,687	0,869	0,939

Os valores mais baixos das vibrações são os que se verificam para a primeira situação que é o Valor Máximo encontrado nas “Médias dos awd”, que é o método de cálculo usado pelos Laboratórios Acreditados,

Esta metodologia, está de acordo com a Diretiva 2002/44/CE, com os Guia para aplicação desta diretiva e com o referido na NTP 784. Dependendo da forma como forem trabalhados os resultados da amostra, podemos obter os 5 primeiros resultados.

Quando o cálculo é efetuado de acordo com o previsto na Diretiva 2006/42/CE e consideramos o valor total das vibrações, com base nas médias dos valores medidos, esta situação é igual a forma de cálculo das vibrações Mão-Braço, temos o “AHV base médias awd”.

Quando o cálculo é efetuado tomando o mais alto valor verificado, temos os dois últimos resultados, no entanto, surge a questão levantada sobre a forma de cálculo a aplicar-se, se a forma indicada na equação 13 se a referida na equação 14, sendo o considerado mais correto o referido como “AHV MAX Eq 13”, uma vez que é idêntico a forma de cálculo utilizada em engenharia, para o cálculo da fadiga as vibrações, como aqui indicado.

Resultante desta situação de indefinição, é nos possível encontrar para os 85 equipamentos medidos a seguinte dispersão de resultados já anteriormente indicada no gráfico seguinte.

Gráfico 57- Tempo para atingir o Valor Limite de Exposição em função da forma de cálculo utilizada

Esta possível dispersão de resultados induz indefinição e confusão a quem quer e necessita de tomar decisões, sendo a situação que apresenta valores mais baixos a utilizada e prevista na norma e na diretiva de 2002

Se bem que na análise efetuada no anexo WBV4- Equações 13 e 14, nas 530 medições comparadas, ter-se sempre encontrado valores superiores utilizando a equação 14, conforme referido no ponto 6.9.8.1, considero matematicamente mais correta a utilização da equação 13, conforme explicitado, sendo no entanto dependente de apreciações futuras sobre a determinação e cálculo dos coeficientes de segurança.

Ambas as diretivas 2002/44/CE e 2006/42/CE, estão em vigor sem existir na última qualquer referência que anule o indicado na anterior, e sem explicitar a forma de cálculo, estes são os resultados que podemos obter.

Torna-se portanto urgente clarificar a situação, dado a dispersão de resultados que se podem obter.

4.1.4.3. Cálculo das incertezas verificadas

Relativamente as incertezas a forma de cálculo referida no Guia Relacre (RELACRE-21, 2008), e utilizada nos Anexos 2 e 3, têm de ser revista para as vibrações de Corpo Inteiro, em virtude da alteração a fórmula de cálculo introduzida pela diretiva de 2006.

Para além disto face aos valores encontrados e as comparações de resultados feitas nos anexos 2 e 3, parece que a atual forma de cálculo da incerteza, para além de confusa, apresentar resultados com pouco peso e muito influenciados pelo tempo de exposição, o qual é não é devidamente controlado conforme demonstrado.

Considero ser mais simples e talvez correto no cálculo final, considerar-se:

1. **Incerteza associada as medições**, deve ser considerada tomando-se o Desvio Padrão encontrado nos valores totais da vibração e utilizado para determinar o Grau de Confiança.
2. **Incerteza associada ao Tempo de Exposição**, das diversas medições de tempo efetuadas do tempo de exposição, deve ser encontrada a média e determinado o desvio padrão, sendo considerado este, a incerteza.

4.1.4.4. Utilização do conceito valor dose de vibração – VDV

Como foi referido anteriormente a diretiva 2002/44/CE, diz-nos:

“A exposição diária A (8) expressa como aceleração contínua equivalente para um período de 8 horas, calculada como o mais elevado dos valores eficazes, ou o mais elevado dos valores de dose de vibração (VDV) das acelerações ponderadas em frequência determinadas segundo os três eixos ortogonais (1,4 a wx, 1,4 a wy, a wz, para um trabalhador sentado ou em pé).

Indicando para o valor de ação um valor de dose de vibrações $9,1 \text{ m/s}^{1,75}$ e para o valor-limite de exposição diária, um valor de dose de vibrações de $21 \text{ m/s}^{1,75}$; para o mais elevado dos valores eficazes.

A diretiva 2006/42/CE, indica que deve ser considerado “O mais alto valor médio quadrático da aceleração ponderada”, referindo e mantendo somente os valores de ação e limite de exposição para o cálculo das vibrações em r.m.s., nada referindo sobre os valores VDV.

A medição dos valores VDV é a avaliação do efeito da energia libertada pelas vibrações no corpo humano, dividindo-se em Corpo Inteiro e conjunto mão-braço, onde só recentemente começou a ser considerada.

O método de cálculo das vibrações VDV no Corpo Inteiro, encontra-se descrito no ponto 3.11, sendo recomendável a sua utilização quando estamos na presença de choques e impulsos, uma vez que o valor médio r.m.s, minimiza estas situações.

De acordo com o primeiro estudo realizado em Espanha (Javier Madera García & Pedro Morillo Salas, 2012) em 61 máquinas, a exposição A (8) WBV, de acordo com os critérios do RMS, 5% dos casos ultrapassam o valor limite ($1,15 \text{ m} / \text{s}^2$) e 60% das exposições situam-se entre os valores de ação e de limite de exposição ($0,5 - 1,15 \text{ m} / \text{s}^2$). Utilizando os critérios da VDV, 20% das máquinas ultrapassam o valor limite ($21 \text{ m} / \text{s}$, $1, 0,75$), e 75% situa-se entre os primeiros valores de ação e de limite de exposição ($9,1 \text{ m} / \text{s}^{1,75}$ a $21 \text{ m} / \text{s}^{1,75}$).

No caso do segundo estudo realizado no Brasil (Marilu Alcântara de Melo Figueiredo; Luiz Felipe Silva; Tiago Leão Barnabé, 2015), em autocarros urbanos verificamos para motoristas e cobradores (tabela 128), para os motoristas o valor r.m.s dá $0,84 \text{ m/s}^2$ estando o A(8) entre o Valor de Ação e o Valor Limite de Exposição, o valor dose de vibração apresenta o valor de 39,71 isto é VDV superior ao Valor Limite de Exposição que é $21 \text{ m/s}^{1,75}$.

O método VDV é principalmente utilizado em Inglaterra e nos países da “British Commonwealth”, não deixando de ser curioso que este método não foi considerado na diretiva 2006/42/CE.

Existindo aqui mais uma situação que carece de esclarecimento. A diretiva 2002/44/CE indica uma forma para avaliar as vibrações de Corpo Inteiro, definindo os Valor de Ação e o Valor Limite de Exposição para VDV.

A diretiva 2006/42/CE, mantêm para r.m.s os Valores de Ação e Limite de Exposição, mas não faz qualquer referência a VDV. Será que devem ser mantidos os mesmos valores, quando no primeiro caso era considerado o valor mais alto verificado num dos eixos e no segundo caso o valor eficaz i.e a soma dos três eixos.

Aqui surge outra questão, nas situações onde se verificam choques e impulsos nas vibrações de Corpo Inteiro, porque não é adotada a ISO 2631-5, conforme referido em “ Health Risk Evaluation of Whole-body Vibration by ISO 2631-5 and ISO 2631-1 for Operators of Agricultural Tractors and Recreational Vehicles” (Min-Soo PARK, 2013), ou quando olhando para outro estudo realizado pelo HSE em “*Whole-body vibration on agricultural vehicles: evaluation of emission and estimated exposure levels*” para quantificar níveis de emissões e exposição estimada a vibração de corpo inteiro (VCI) em veículos agrícolas (tratores, pulverizadores Auto motorizados e veículos todo-terreno’, quando operados em condições controladas e no uso regular na exploração. Aqui foram analisadas as potenciais consequências das limitações ao nível de exposição do operador a vibrações de Corpo Inteiro, prescrita pela Diretiva “agentes físicos (vibrações), mediante os padrões de utilização de veículos agrícolas no Reino Unido.

Os valores encontrados encontram-se acima da gama do atual “state-of-the-art” (ISO), quando se percorrem trilhos, testes de vibração em passeio e realizando uma série de operações agrícolas. (HSE – Health and Safety Executive, 2005)

4.1.5. Comparação entre os valores indicados pelos fabricantes e os verificados na prática

A diretiva 2006/42/CE obriga a indicação dos valores das vibrações nos manuais do utilizador a partir desta data, não se compreende por isso que no

caso das vibrações de Corpo Inteiro, não existam ainda na maior parte dos casos, valores das vibrações nos folhetos de apresentação e/ou manual de instruções, conforme foi demonstrado no ponto 3.2.10 e Anexo 3.

No caso das vibrações Mão-Braço a situação já é bastante melhor, existindo em muitos casos dados das vibrações. No entanto é importante referir que em alguns casos ainda são utilizadas normas antigas não referindo o previsto na diretiva de 2006, i.e o valor total das vibrações, donde haver necessidade de se recorrer aos fatores de multiplicação. tornando-se necessário tomar em atenção a norma aplicada pelo fabricante para se verificar a necessidade de utilizar ou não o fator de multiplicação previsto no *CEN / TR 15350: 2006*.

A diretiva 2006/42/CE também indica que os fabricantes devem referir as condições (operação, tipo de material, etc.), onde foram efetuados os ensaios, situação que é omissa na maior parte dos fabricantes, e outros referem apenas 1 ou 2 situações, devendo ser exigido, que esta análise seja alargada as possibilidades de utilização do equipamento. Para além da situação já referida anteriormente da identificação correta dos equipamentos, no caso das vibrações Mão-Braço foi possível encontrar dados dos fabricantes num número significativo de equipamentos (39), face aos 72 equipamentos analisados. Tendo sido encontrados estes resultados:

Dados do FABRICANTE (Mod ou similar) identif. na Net	39	
Nº de medições analisadas (existiram casos de med nos 2 braços)	55	
Nº de casos em que DADOS Fabric.(Valor Compar)> Valores medidos	34	62%
Nº de casos em que DADOS Fabric.(Valor Compar) <Valores medidos	21	38%

No caso das vibrações de Corpo Inteiro não foi possível efetuar esta comparação, uma vez que não foram encontrados dados dos fabricantes para os equipamentos medidos. Foi por isso efetuada uma análise geral no Anexo 3, para o tipo de equipamentos onde existia um maior numero de medições (empilhadores). Sendo no entanto interessante olhar para o que nos diz a base de dados PAF, sobre dados dos fabricantes:

Tabela 137 - Empilhadores BASE PAF

Equipamentos Medidos	81
Equipamentos com Dados Fabr.	15
Equipamentos sem Dados Fabr.	66
Equipamentos com Dados Fabr.	18,50%
Equipamentos sem Dados Fabr.	81,50%

(Análise efetuada em Fevereiro de 2015)

Se para as empresas não é aceitável a não existência da lista de equipamentos que expõem os trabalhadores a vibrações, nem o controlo dos tempos, para os fabricantes não é aceitável que sejam comercializados na Europa equipamentos que expõem os trabalhadores a vibrações sem que o manual dos equipamentos indique o valor previsto, quando por exemplo já o indica relativamente ao ruído.

Do mesmo modo que não é aceitável a situação relativa a revisão das normas aplicadas para os cálculos das vibrações efetuadas pelos fabricantes dos equipamentos.

A não existência de uma base de dados europeia com os valores de vibrações indicados nos manuais dos equipamentos, não se justifica, uma vez que já existem bases de dados sobre vibrações em alguns países da Europa, que o fazem (PAF - Physical Agents Portal, 2010). Para quando, uma base de dados europeia, onde passaria a ser obrigatório, todos os fabricantes de equipamentos que expõem os trabalhadores a ruído e vibrações registar os valores previstos, sem o que perderiam a marcação CE.

Esta obrigação aplicar-se-ia a todos os equipamentos em comercialização a partir de 2008/9. Esta base podia e devia ter dois campos, um relativamente aos dados dos fabricantes e outro relativo aos valores medidos pelos muitos laboratórios acreditados existentes na Europa, que para validarem os seus valores eram obrigados a registá-los. Já existem bases assim, porque não alargar esta situação a uma base europeia. Estes valores se bem que indicativos já permitiam aos empregadores e técnicos efetuar uma primeira previsão dos níveis de

vibração, e tomar mais facilmente medidas, que seriam obrigatórias como para o ruído (ex.: sinalização / semáforo).

4.1.6. Comparação entre os desvios/erros na determinação do valor da vibração e do tempo de exposição

Conforme referido no ponto 3.10 - Tempo de Utilização dos Equipamentos / Tempos de Exposição, foi efetuada tomando por base os valores medidos, uma comparação entre os valores verificados para se atingir o Valor da Exposição Diária, quando se faz variar o Tempo de Exposição e o Valor da Vibração.

Tendo-se verificado que ambos influenciam de forma significativa o Valor da Exposição Diária, como se pode verificar pelos gráficos referidos no ponto 10, no caso das vibrações Mão – Braço “Variação dos tempos de exposição” que apresenta variações significativas a partir do aumento de 60% do tempo de exposição e gráfico “ Variação do Valor da Vibração” que apresenta variações significativas a partir do aumento de 20 a 30% do valor da vibração. No caso das vibrações de Corpo Inteiro temos no gráfico “ Variação dos tempos de exposição” que se verificam variações significativas a partir do aumento de 40% do tempo de exposição e gráfico “Variação do Valor da Vibração” que apresenta variações significativas a partir do aumento de 30% do valor da vibração.

Parecendo assim haver importância idêntica quando se verificam desvios nos tempos de exposição e nos valores das vibrações.

A legislação não prevê qualquer controlo sobre os tempos de exposição, mas é explícita no que se refere a quem efetua as medições.

No caso português, que só podem ser efetuadas para serem reconhecidas se forem feitas por entidades acreditadas pelo IPAC. No que se refere ao tempo de exposição o Guia RELACRE 23 (RELACRE-23, 2014) diz: “A indicação ou validação dos tempos de exposição é da responsabilidade da entidade empregadora. O laboratório deverá prestar esclarecimentos sobre o que deve ser entendido como “tempo de exposição” em cada caso particular”.

4.2. Analisar a aplicabilidade da Diretiva Europeia 2002/44/CE em Portugal

4.2.1. A Formação desenvolvida relativa a vibrações e a sensibilização dos trabalhadores para o problema

Conforme referido em 3.3.2.6 e na tabela “Número de ações de formação que tinham de abordar vibrações” não é credível que na comunidade e em particular em Portugal se tenham desenvolvido ações de formação no número suficiente para cobrir a exigência legislativa relativamente a este risco.

Não nos podemos esquecer que Paschold e Sergeev publicaram em 2009, os dados de uma amostra a 2764 profissionais da área de segurança e higiene do trabalho (Paschold HW, 2009). Nesta pesquisa evidenciaram que existe uma lacuna de conhecimento, nestes profissionais relativamente a este assunto. Cerca de 69,5% dos entrevistados, dentro das métricas adotadas, não atingiram o patamar de conhecimentos básicos sobre vibração e seus efeitos no corpo humano. Ainda noutro trabalho Paschold e Mayton (Helmut W. Paschold and Alan G. Mayton, 2011), referem a mesma situação.

Em Portugal a situação não é diferente, conforme foi referido anteriormente, daí as ações de formação sobre HST mesmo que existindo, raramente abordam ou têm a capacidade de dotar os formandos ou trabalhadores de um conhecimento real deste risco.

4.2.2. Medições efetuadas por entidades acreditadas em Portugal

Verificamos pelos resultados referidos em 3.4.4.4, que foram efetuadas medições num número pouco significativo de empresas em Portugal. Por estes números podemos afirmar que uma boa parte destas medições foi efetuada em médias e grandes empresas, onde na grande maioria dos casos só foi efetuada uma medição de vibrações na empresa ao longo destes 7 anos.

4.3. Analisar a aplicabilidade conjunta das Diretivas Vibrações 2002/44/CE e da nova Diretiva de Máquinas 2006/42/EC

4.3.1. Comparação dos resultados obtidos através Diretiva Vibrações 2002/44/CE e da e 2006/42/CE

Conforme foi referido não existe ainda o relatório europeu previsto na Diretiva 2007-30-CE, sobre a aplicação das diretivas especiais supra citadas, que deveria ter sido publicado entre 20012 /13. Nem qualquer informação sobre a sua aplicação em Portugal, como também se demonstra.

Os resultados recolhidos levam a concluir que a diretiva vibrações, está a ter uma aplicação muito reduzida, ou praticamente nula, não se encontrando até ao momento a ter um impacto significativo na redução deste risco. Isto para além de não se encontrar ainda resolvida a confusão existente entre ambas as diretivas estabelecida sobre a forma de avaliação das vibrações de Corpo Inteiro.

No entanto há que referir que pelo menos junto dos fabricantes de equipamentos que causam vibrações Mão-Braço, pelo menos a ultima diretiva já obteve algum resultado levando-os a indicar em boa parte dos casos, os valores das vibrações verificadas nos equipamentos e como consequência em pensar e/ou tomar medidas para as reduzir.

Ao invés do que sucede com as vibrações de Corpo Inteiro, uma vez que os fabricantes destes equipamentos, podem possivelmente argumentar, que estão a aguardar pela definição da forma de cálculo, para apresentarem os valores requeridos na diretiva 2006/42/CE.

4.3.2. Análise dos resultados obtidos com os métodos r.m.s. e VDV no caso das vibrações de Corpo Inteiro

Como em Portugal este método não é utilizado nem referido na nova diretiva máquinas 2006/42/CE, a análise dos resultados obtidos só é possível ser

efetuada com recurso a alguma da bibliografia já referida nos pontos 3.2.9.6 e 7, assim como no ponto 3.11.

Verifica-se que usando o método r.m.s nos dois casos analisados usando o método r.m.s, os valores encontram-se entre o valor de ação e o valor limite de exposição; no entanto usando o método VDV verifica-se que valor de dose de vibrações de 21 m/s^{1,75} é ultrapassado.

Como foram avaliadas exposições em viaturas que circulam em pisos irregulares, sofrendo impactos (choques) ou impulsos, e sendo o método da dose de vibração de quarta potência é mais sensível aos picos do que o método básico de avaliação devido à utilização da quarta potência, parece ser lógico que com este método se obtenham valores superiores.

A própria ISO 2631 de 1997 nos diz *“Reconhece-se correntemente que os problemas de saúde são influenciados pelos valores de pico e são possivelmente subestimados por métodos baseados somente em médias de valores eficazes.”*

Não se compreende por isso o fato da diretiva 2006/42/CE, ter omitido este método de avaliação.

Sendo interessante olhar para os resultados recolhidos em “A New Methodology For Health Hazard Assessment Of Repeated Shock In Military Tactical Ground Vehicles” (USA Army, 2004), onde é efetuado um estudo comparativo da utilização das normas ISO 2361-1 e 5. É proposta uma nova metodologia para avaliar a vibração de Corpo Inteiro contendo vários choques que foi aqui desenvolvida e apresentada.

Ao contrário das metodologias existentes quando se verificam choques repetidos (por exemplo, métodos de avaliação r.m.s ou o valor de dose de vibrações) que são baseados em propriedades matemáticas de um sinal VCI, o novo método aqui apresentado é baseado na resposta biomecânica da coluna lombar. A aplicação para já deste novo método é limitada a adultos homens saudáveis e sentados. A metodologia inclui uma nova norma ISO 2631-5; e o software WBV-Jolt,

4.4. Grau de Proteção previsto com Diretiva 2002/44/CE

O risco da exposição a vibrações é um risco real na Europa abrangendo um elevado número de trabalhadores, sendo possível que a situação se venha a agravar, uma vez que se está a pensar num processo de reindustrialização, pelo menos em alguns países, onde simultaneamente se está a verificar um retorno as atividades agrícolas, esta é pelo menos a situação verificada em Portugal.

A Diretiva Europeia de 2002 para o agente físico vibração deu um passo importante nas primeiras orientações para controlo deste risco. Tendo, tanto quanto é dado observar tido algum impacto nas considerações sobre a gravidade da exposição ocupacional a vibração quer Mão-Braço, quer de Corpo Inteiro dentro da União Europeia. No entanto conforme podemos verificar nos resultados obtidos à bordagem a este risco, não está a atingir os resultados desejados, fruto por um lado na dificuldade de caracterizar as lesões verificadas como sendo resultado da exposição a vibrações, por outro pela recente legislação sobre o mesmo.

A diretiva não indica o grau de proteção que é fornecido pelo valor de exposição ou o valor limite de exposição. O risco de lesão, vai presumivelmente subir com aumento da exposição, com mais dias, meses ou anos de exposição. Alguns dos valores de exposição e os valores limite de exposição (baseados em aceleração rms de acordo com a norma ISO 5349-1 e ISO 2631) permitem grandezas excessivamente elevadas de vibração para uma curta exposição diária).

O valor limite de exposição restringe a vibração Mão-Braço e a vibração de Corpo Inteiro aos máximos admissíveis para as exposições diárias. No entanto depois de muitos anos, pode ser esperada uma alta incidência da síndrome dos dedos brancos para exposições a vibração transmitida a Mão-Braço, com valores de vibração abaixo do valor de ação de exposição. Para exposições à vibração transmitida à mão, a norma atual sugere que os riscos da vibração, induzir o “dedo branco” pode ser estimado em 10%, após cerca de 12 anos submetidos ao

valor de ação e de 5,8 anos, depois de expostos ao valor limite de exposição. Não existindo estudos conclusivos, é sensato supor que os riscos de " lesão lombar e trauma da coluna" são semelhantes e, se em caso afirmativo, isso é razoável?

Conclui-se assim que, tanto para vibração transmitida a Mão-Braço com para a vibração de Corpo Inteiro, a orientação quantitativa (ou seja, o "valor de exposição" e do "valor limite de exposição" r.m.s) são insuficientes para identificar os riscos de vibração, e que a orientação qualitativa (isto é, a redução do risco para um mínimo) é que deve ser a mensagem chave.

Na verdade, o conhecimento atual não pode dar respostas a tais perguntas.

Com vibração transmitida a mão, a influência do valor da vibração, frequência de vibração, direção da vibração, tempo de exposição, e alguns outros fatores não são suficientemente conhecidos para se fazer estimativas precisas da probabilidade de lesão, os riscos são provavelmente muito maiores do que 10% em algumas condições e muito menores noutras. Com a vibração Corpo Inteiro, seria temerário fazer qualquer estimativa do risco apenas a partir do conhecimento da vibração, enquanto a sua compreensão está numa fase embrionária, as estimativas de que é provável, que seja seguro ou inseguro, vão beneficiar das experiências das diferentes condições, e não da confiança cega em fórmulas.

5. Conclusões

Este estudo destinou-se a aprofundar a temática do risco de exposição a vibrações e permite inferir:

- Existem imprecisões nas análises efetuadas ao risco de exposição às vibrações.

- As diretivas 2002/44/CE e 2006/42/CE devem ser revistas, de modo que a avaliação do risco de exposição a vibrações, seja estandardizada/ uniforme nas duas diretivas e em toda a Europa. Devendo ser esclarecidos /revistos os seguintes pontos:

- A necessidade de nas empresas existir um registo de todos os equipamentos (marca e modelo igual ao dos fabricante), data de aquisição, marcação CE, e valor ou valores de vibrações indicados pelo fabricante.

Esta obrigatoriedade deve ser clara explícita na legislação

- A diretiva deveria incorporar a norma EN 14253:2003+A1: 2007 e impor um controlo e registo dos tempos de utilização destes equipamentos, como forma de monitorizar ou prever com alguma exatidão os tempos de exposição.

- O indicado para as vibrações de Corpo Inteiro, deveria também ser aplicado às vibrações Mão-Braço, isto é ser sempre considerado: "*O mais alto valor médio quadrático da aceleração ponderada*".

- No caso de se verificarem choques e impulsos, deverá ser recomendada em simultâneo a avaliação utilizando o método VDV.

- A revisão das normas para a medição das vibrações por parte dos fabricantes deve ser concluída rapidamente.

- Criação de uma base de dados única e europeia sobre vibrações, onde devem estar registados todos os equipamentos comercializados a partir de 2008, que exponham os trabalhadores a vibrações, com medições de vibrações efetuadas por laboratórios independentes acreditados para manterem a marcação CE.

- A orientação qualitativa é muito mais correta do que a quantitativa, isto é "Os riscos decorrentes da exposição a vibrações mecânicas devem ser eliminados na origem e/ou reduzidos ao mínimo".

Face ao exposto pode-se concluir que para os riscos associados às vibrações possam ser controlados, é necessário proceder à implementação destas Diretivas e que as suas recomendações sejam efetivamente cumpridas.

6. Referências Bibliográficas

- ACT- Vibrações. (2015). *Lista de verificação para controlo do risco físico - Vibrações*. Lisboa: ACT Retrieved from [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/CentroInformacao/ListasVerificacao/Paginas/ListasdeVerificacao.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/CentroInformacao/ListasVerificacao/Paginas/ListasdeVerificacao.aspx).
- ACT - Autoridade para as Condições de Trabalho. (2015). *Lista de entidades prestadoras de serviços externos de segurança no trabalho autorizadas atualizada* Lisboa: ACT Retrieved from [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/PromocaoSST/RegulacaoServicosSST/Servicos%20Externos/Entidades%20autorizadas%20para%20a%20prestacao%20de%20servicos%20externos%20de%20seguranca%20no%20trabalho/Paginas/default.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/PromocaoSST/RegulacaoServicosSST/Servicos%20Externos/Entidades%20autorizadas%20para%20a%20prestacao%20de%20servicos%20externos%20de%20seguranca%20no%20trabalho/Paginas/default.aspx).
- AG Mayton, D. A., CC Jobes, NK Kittusamy,. (2003). Mining Publication: Ergonomic and Existing Seat Designs Compared on Underground Mine Haulage Vehicles.
- Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo. (2005). Facts 56 - Introducción al ruido en el trabajo. 2014, from http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev_INSHT/2005/36/FactS_56.pdf
- Andrew D. Dimarogonas. (1992). *Vibration for Engineers - Revised edition*. Inglaterra: Prentice Hall; .
- Antonio Carlos Baratto e outros. (2008). Avaliação de dados de medição — Guia para a expressão de incerteza de medição 2014, from http://www.inmetro.gov.br/noticias/conteudo/iso_gum_versao_site.pdf
- Antonio Carlos Vendrame. (2006). VIBRAÇÃO OCUPACIONAL – ESTADO DA ARTE. Retrieved varius, 2012, from www.higieneocupacional.com.br/download/vibracao-estado-arte.pdf
- Barbara Sebastião e Maria Helena Palucci Marziale. (2008). A VIBRAÇÃO COMO UM FATOR DE RISCO PARA A SAÚDE OCUPACIONAL *Ciencias de Cuidados da Saude*, 385-391.
- Barloworld - STET. (2015). MÁQUINAS. Retrieved varius, 2014, from <http://www.stet.pt/index.cfm/pt/maquinas>
- Bernard BP. (1997). Musculoskeletal disorders and workplace factors: a critical review of epidemiologic evidence for work-related disorders of the neck, upper extremities, and low back. . *NIOSH - National Institute of Occupational Safety and Health*, 97-141.
- Börje Rehn. (2004). MUSCULOSKELETAL DISORDERS AND WHOLE-BODY VIBRATION EXPOSURE - among professional drivers of all-terrain vehicles *Public Health and Clinical Medicine*. Suécia: UMEÅ UNIVERSITY MEDICAL DISSERTATIONS.
- Bovenzi M, H. C. (1998). An updated review of epidemiologic studies on the relationship between exposure to whole-body vibration and low back pain. *Journal of Sound and Vibration* 1998;215, 598-611.
- BSI-6841:1987-Measurement and evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration and repeated shock (1987).
- BRUNO SERGIO PORTELA. (2014). *VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO EM MOTORISTAS DE ÔNIBUS: ASSOCIAÇÃO COM VARIÁVEIS DE APTIDÃO FÍSICA E DOR LOMBAR*. (Doutor Doutorado), UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, Curitiba - Brasil.
- CDC NIOSH. (2011). PowerTools Database. 2013,-2015, from <http://wwwn.cdc.gov/niosh-sound-vibration/>
- Centro de Acústica Aplicada, S. e. C. N. D. V. D. M. ESTUDIO DEL NIVEL DE EXPOSICION A VIBRACIONES MECANICAS EN DIFERENTES PUESTOS DE TRABAJO.
- Chris M. NELSON and Paul F. BRERETON. (2005). The European Vibration Directive. *Health and Safety Executive*,.

- COMISSÃO EUROPEIA - EMPRESAS E INDÚSTRIA. (2010). *Guia de aplicação da Diretiva Máquina 2006/42/CE*. EUROPEIA (Ed.) Retrieved from http://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=OCBOQFjAAahUKEwj0_r3B3N3IAhVCQBoKHeFSC1Y&url=http%3A%2F%2Fec.europa.eu%2FdocsRoom%2Fdocuments%2F9202%2Fattachments%2F1%2Ftranslations%2Fpt%2Frenditions%2Fpdf&usq=AFQjCNECRs6NNYtDKA3t7drA9z40c9JuPw
- Comissão Europeia. (2007). *Guia de boas práticas não vinculativo para a aplicação da Directiva 2002/44/CE*. Luxemburgo: Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias.
- Daniela Rohrbach-Schmidt. (2009). The BIBB/IAB- and BIBB/BAuA-Surveys of the Working Population on Qualification and Working Conditions in Germany. Retrieved Outubro, 2014, from http://www.bibb.de/dokumente/pdf/BIBB_BAuA_2006_Data_Manual.pdf
- Decreto-Lei n.º 46/2006 - Relativo às prescrições mínimas de proteção da saúde e segurança dos trabalhadores em caso de exposição aos riscos devidos a agentes físicos (vibrações). 46 C.F.R. (2006).
- Decreto Regulamentar n.º 6/2001 - Índice Nacional Codificado de Doenças Profissionais, 6 C.F.R. (2001).
- Directiva 89/391/CEE - Relativa à aplicação de medidas destinadas a promover a melhoria da segurança e da saúde dos trabalhadores no trabalho, 391 C.F.R. (1989).
- Directiva 89/392/CEE - Relativa à aproximação das legislações dos Estados-membros respeitantes às máquinas 392 C.F.R. (1989).
- Directiva 98/37/CE - Aproximação das legislações dos Estados-membros respeitantes às máquinas, 37 C.F.R. (1998).
- Directiva 2002/44/CE - Prescrições mínimas de segurança e saúde respeitantes à exposição dos trabalhadores aos riscos devidos aos agentes físicos (vibrações), 44 C.F.R. (2002).
- Directiva 2006/42/CE - Relativa às máquinas e que altera a Directiva 95/16/CE (reformulação) 42 C.F.R. (2006).
- Directiva 2007/30/CE - Tendo em vista a simplificação e a racionalização dos relatórios relativos à aplicação prática das diretivas especiais, 30 C.F.R. (2007).
- Dr Andrew N Rimella, D. L. N., Dr Neil J Mansfielda & Dr David J Edwardsb,. (2010). *Variation between manufacturers' declared vibration emission values and those measured under simulated workplace conditions for a range of hand-held power tools typically found in the construction industry*. Department of Human Sciences / bDepartment of Civil and Building Engineering. Loughborough University. Loughborough.
- EUROFOUND. (2010). European Working Conditions survey - Retrieved varius, 2014, from <http://www.eurofound.europa.eu/european-working-conditions-surveys-ewcs>
- Eurostat. (2010). *Health and safety at work in Europe (1999-2007) A statistical portrait* Bruxelas: European Commission
- Fuentes Robles, M. G. O., Eduardo; Cepeda Riaño, Jesús; de Barrios Carro, Mercedes; Búrdalo Salcedo, Gabriel; Ferrero González, Javier. (2005). Incidencia de la directiva 2002/44/ce sobre disposiciones mínimas por exposición a vibraciones en equipos Industriales. *TecniAcustica*.
- Fundação Francisco Manuel dos Santos. (2015). PORDATA. Retrieved varius, 2014, from <http://www.pordata.pt/>
- Gôsta Gemne, I. P., William Taylor,. (1987). The Stockholm scale - revision of the (Taylor-Pelmeare scale). *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*.
- Griffin M J (2003). Dose-response patterns for vibration-induced white finger *Occup Environ Med*, 16-26.
- Griffin M J. (2004). Minimum health and safety requirements for workers exposed to hand-transmitted vibration and whole-body vibration in the European Union; a review. *Occup Environ Med*, 387-397.

- Griffin, M. J. (1998). A comparison of standardized methods for predicting the hazards of whole-body vibration and repeated shocks. *Journal of Sound and Vibration*, 883-914.
- Griffin MJ, B. M. (2002). The diagnosis of disorders caused by hand-transmitted vibration: Southampton Workshop 2000. *Occup Environ Health*.
- Guisado H. (2008). *A Diretiva Europeia 2002/44/CE: dificuldades e consequências na proteção dos trabalhadores face aos riscos de vibrações*. (Suficiência Investigadora Programa de doutorado), Leon, Isla - Santarém.
- H Kaiser. (2011). Maurice Raynaud (1834-1881) e da síndrome que leva seu nome. *PubMed*.
- Helmut W. Paschold and Alan G. Mayton. (2011). Whole-Body Vibration - Building Awareness in SH&E.
- HSE - Health and Safety Executive (2007). Correlation between vibration emission and vibration during real use - Nibblers and shears. 2013, from www.hse.gov.uk/research/rrhtm/rr576.htm
- HSE – Health and Safety Executive. (2005). Whole-body vibration on agricultural vehicles: evaluation of emission and estimated exposure levels. 2015, from <http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr321.pdf>
- HSE. (1995). 2005-RIDDOR - Reporting of Injuries, Diseases and Dangerous Occurrences Regulations -2005. Retrieved varius, 2013, from <http://www.hse.gov.uk/riddor/>
- Human Factors Research Unit of the ISVR, H. a. S. L. i. t. U. I., the National Research and Safety Institute in France; and BGIA, the Institute for Occupational Health in Germany,. (2008, 2008/11/12). The VIBGUIDE project. Retrieved varius, 2012, from <http://resource.isvr.soton.ac.uk/HRV/VIBGUIDE.htm>
- INSHT-MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES. (2011). V Encontro Nacional de Condições de Trabalho, 2003 - Retrieved varius, 2014, from http://www.oect.es/Observatorio/Contenidos/InformesPropios/Desarrollados/Ficheros/Informe_V_ENCTDic2010.pdf
- INSHT - CENTRO NACIONAL DE VERIFICACION DE MAQUINARIA. (2009). *ESTUDIO DEL NIVEL DE EXPOSICION A VIBRACIONES MECANICAS EN DIFERENTES PUESTOS DE TRABAJO*. Espanha: INSHT.
- NTP - 784 - Evaluación de las vibraciones de cuerpo completo (2005).
- GUIA PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LAS VIBRACIONES, (2006a).
- NTP - 839 - Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo (2006b).
- NTP - 792 - Evaluación de la exposición a la vibración manobrazo. Evaluación por estimación (2008).
- INSHT. (2011). Base de datos "Vibraciones mecánicas". from <http://vibraciones.insht.es:86/>
- Institute of Sound and Vibration Research, I., Grammer AG, Bundesanstalt für Landtechnik, National Institute for Working Life, Avon Automotive Ltd., KAB Seating Ltd., RMS Vibration Test Laboratory Isringhausen GmbH, . (2000, 2001). TESTOPS - Testing Suspension Seats for End-stop Impacts Retrieved varius, 2012 2015, from <http://resource.isvr.soton.ac.uk/HRV/TESTOPS/index.htm>
- Instituto Nacional de Estatística. (2011, 2011). Tempos gastos nas deslocações das populações, Lisboa, censos de 2011. Retrieved varius, 2013, from http://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=OCBsQFjAAahUKEwi4msf6mNHIAhWEXRoKHeAzC1w&url=http%3A%2F%2Fwww.imtt.pt%2Fsites%2FIMTT%2FPortugues%2FNoticias%2FDocuments%2F2012%2FCensos2011_Mobilidade_Transportes_Pags31-37.pdf&usg=AFQjCNFGy7E-wCzFkZwZubQItjMfQlsvSw
- Instituto Navarro de Salud Laboral (Ed.). (2009). *Disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores relativas a la exposición a vibraciones mecánicas* Espanha: Instituto Navarro de Salud Laboral,.

- IPAC - INSTITUTO PORTUGUÊS DE ACREDITAÇÃO. (2014). *Laboratórios de Ensaio - Acústica e Vibrações*. Portugal: IPAC Retrieved from <http://www.ipac.pt/pesquisa/acredita.asp>.
- Isabel Lopes Nunes (2008). [A importância da avaliação de fatores de risco ocupacionais em políticas de aquisição de equipamentos. O caso da exposição à vibração].
- Ismail, A. R. N., M.Z.; Kamaruddin, N.F.; Bakar, R.A. (2010). Comparative Assessment of the Whole-Body Vibration Exposure Under Different Car Speed Based on Malaysian Road Profile. *Journal of Applied Sciences*, 1428-1434.
- ISO 2631-1. (1997). *NP EN ISO 2631-1:1997 - Vibrações mecânicas e choque - Avaliação da exposição do corpo inteiro a vibrações, Parte 1: Requisitos gerais*. Lisboa: IPQ.
- ISO 5349-1. (2001). *ISO 5349-1: Mechanical vibration — Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration* Suíça ISO.
- ISO 5349-2. (2001). *ISO 5349-2: Mechanical vibration — Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration* Suíça ISO.
- ISO 14253. (2007). *EN ISO14253:2003+A1: 2007 - Mechanical vibration - Measurement and calculation of occupational exposure to whole-body vibration with reference to health - Practical guidance*. Suíça: ISO.
- ISO 5349. (1986). *ISO 5349:1986 - Mechanical vibration - Guidelines for the measurement and the assessment of human exposure to hand-transmitted vibration*. Geneva: ISO.
- ISO. (2014). Vibration. 2014-2015, from <http://www.iso.org/iso/home/search.htm?qt=VIBRATION&sort=rel&type=simple&published=on>
- ISO. (2015). (ISO/CD 2631-5) - Mechanical vibration and shock -- Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 5. 2631. Retrieved Outubro, 2015, from http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=50905
- ISVR e HVLab. (2015, 2015). Human Vibration. Retrieved varius, 2013 - 2015, from <http://www.humanvibration.com/humanvibration/EU/compass.html>
- ISVR, F. I. f. O. S. a. H., Coronal Institute, Unité Hygiène et Physiologie du Travail, INRS, NIPSW, NIWL, Studium of Mechanics, University of Patras, Institute of Occupational Medicine, . (2001). VINET - Research Network on Detection and Prevention of Injuries due to Occupational Vibration Exposures. Retrieved varius, 2012-2015, from <http://resource.isvr.soton.ac.uk/HRV/VINET/index.htm>
- ISVR/UoS, I., others, . (2005, 2006). The VIBSEAT project website. Retrieved varius, 2013 - 2015, from <http://www.southampton.ac.uk/~vibseat/>
- ISVR/UoS, U., FIOSH, UMH, AMC, INRS,. (2007, 2007). VIBRISKS - Risks of Occupational Vibration Exposures. Retrieved varius, 2012 - 2015, from <http://www.vibrisks.soton.ac.uk/>
- Javier Madera García & Manuel Martínez Hidalgo. (2006). Dificultades prácticas para la determinación de la exposición a vibraciones. 4.
- Javier Madera García & Pedro Morillo Salas. (2012). *World Body Vibrations in Off Road Vehicles in Spain* Oviedo - Espanha.
- José R. P. Lauris. (2009). *Calculo da amostra* Paper presented at the 2ª Reunião de Pesquisa Científica em Saude Bucal Coletiva, Brasil. http://www.academia.edu/7619416/C%C3%A1culo_C%C3%A1culo_da_da_amostra_amostra
- Kim-J; Welcome-DE; Dong-RG; Song-WJ; Hayden-C (2007). Time-frequency characterization of hand-transmitted, impulsive vibrations using analytic wavelet transform. *Sound and Vibration*, 308, 98-111.
- Lei n.º 102/2009 - Regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho, 102 C.F.R. (2009).

- Lei n.º 103/2008 - Regulamentar a colocação no mercado e a entrada em serviço das máquinas, transpondo para o ordenamento jurídico interno a Directiva n.º 2006/42/CE na parte que respeita às máquinas, 103 C.F.R. (2008).
- Lewis C.H. and M.J.Griffin. (1998). A comparison of evaluations and assessments obtained using alternative standards for predicting the hazards of whole-body vibration and repeated shock. *Journal of Sound and Vibration* 1998;215, 215, 915 - 926.
- LINDE. (2014). Equipamentos. Retrieved varius, 2014, from <http://www.linde-mh.pt/lindept/content?id=5361&parents=100>
- Luiz Felipe Silva; René Mendes. (1997). Combined exposure to noise and vibration and its effects on worker's hearing. *Revista Saude Publica*, 9.
- MachineryZone. (2015). Venda de Empilhadores eléctricos usados e novos. Retrieved varius, 2014-2015, from <http://www.machineryzone.pt/usado/1/empilhador-electrico.html>
- Malachite, J. B. L., F.; Rens, G. . (1982). Evaluation of exposure to whole-body vibration by dosimetry. . *The Annals of occupational hygiene* nº 4, 373-380.
- Mansfield, N. J. (2005). VARIATION IN THE VIBRATION EMISSION OF ROTARY HAMMER DRILLS UNDER SIMULATED WORK-SITE CONDITIONS. Loughborough, U.K: Loughborough University.
- Margarida Pocinho. (2009). amostras - Teoria e exercicios passo-a-passo Retrieved varius, 2014, from http://docentes.ismt.pt/~m_pocinho/calculo_de_amostras_teorias.pdf
- Marilu Alcântara de Melo Figueiredo; Luiz Felipe Silva; Tiago Leão Barnabé (2015). Transporte coletivo: vibração de corpo-inteiro e conforto de passageiros, motoristas e cobradores *Journal of Transport Literature*.
- Marilu Alcântara de Melo Figueiredo; Luiz Felipe Silva; Tiago Leão Barnabé. (2015). Transporte coletivo: vibração de corpo-inteiro e conforto de passageiros, motoristas e cobradores. *Journal of Transport Literature*, 5.
- Marion Burgess BSc (Hons) MSc (Acoust) and FAAS. (2012). IMPLEMENTATION AND EFFECTIVENESS OF THE EUROPEAN DIRECTIVE RELATING TO VIBRATION IN THE WORKPLACE Parts 1 and 2. Retrieved varius, 2014, from https://www.google.pt/?gws_rd=ssl#q=HSE+de+Heaton+e+Hewitt+%5B2011a%2C+2011b%5D+
- Min-Soo PARK, T. F., Tae-gu KIM and Setsuo MAEDA,. (2013). Health Risk Evaluation of Whole-body Vibration by ISO 2631-5 and ISO 2631-1 for Operators of Agricultural Tractors and Recreational Vehicles. *Industrial Health*, 51, 364–370.
- Mistrot, P. e. a. (1990). Assessing the discomfort of the whole-body multi-axis vibration: laboratory and field experiments. . *Ergonomics*, Vol. 33, nº 12, December 1990.
- NAKASHIMA, K. (2013). Valor médio e eficaz 2014, from <http://www.elt09.unifei.edu.br/roteiroslab/rms.pdf>
- Neil J Mansfield. (2006). Variation in the vibration emission of rotary hammer drills - Under simulated work-site conditions. In Environmental Ergonomics Research Centre (Ed.), (pp. 2). Loughborough, U.K.: Loughborough University,.
- Neil J.Mansfield. (2005). *HUMAN RESPONSE TO VIBRATION*. USA: Taylor & Francis e-Library.
- Nélson Bruno da Costa. (2012). *A influência da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro em veículos no desempenho cognitivo e visual dos trabalhadores*. (Doutoramento), Universidade do Minho, Braga. Retrieved from http://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&ved=0CE4QFjAlahUKewj7yLfxtD7IAhVCThoKHcm6AaE&url=http%3A%2F%2Fdepositum.sdum.uminho.pt%2Fbitstream%2F1822%2F20455%2F5%2FTese_NELSON_COSTA_a_influencia_da%2520exposicao_ocupacional_a_vibracoes_de_corpo_inteiro_2012.pdf&usg=AFQjCNEiludLVquymOAJNPUJ65GCHAE0mQ
- PAF - Physical Agents Portal. (2010, 2015-10-01). Physical Agents Portal (PAF). Retrieved varius, 2013, from <http://www.portaleagentifisici.it/index.php?lg=EN>

- Palmer KT, C. D., Bednall HE, et al., (1999). *Whole-body vibration: occupational exposures and their health effects in Great Britain*. . Inglaterra: HSE Books.
- Paschold HW, S. A. (2009). Whole-body vibration knowledge survey of U.S. occupational safety and health professionals. *PubMedInglês*.
- Patrice (Manu) Donati, M. S., Janusz Szopa, Eduardo Gil Iglesias, Luis Pujol Senovilla,. (2008). Workplace exposure to vibration in Europe: an expert review. from https://osha.europa.eu/en/tools-and.../8108322_vibration_exposure
- Patrice Manu Donati. (2012). Joël's Breaker: Forty Years of European Vibration Prevention. *Industrial Health*, 50, 370–376.
- Pedro Juan Morillo Salas. (2011). *Problemática en la medición de exposición a vibraciones y propuesta de nueva metodología de evaluación para la maquinaria móvil de la minería española*. (Doctor DOUTORAL), UNIVERSIDAD DE OVIEDO.
- R. WELLS, R. N., P. NEUMANN, D. ANDREWS, J. FRANK , H. SHANNON² and M. KERR,. (1997). Assessment of physical work load in epidemiologic studies - common measurement metrics for exposure assessment. *ERGONOMICS*, 40, 51-61.
- Ramazzini B. (1700). As doenças dos trabalhadores.
- RELACRE-21. (2008). *Guia 21 - Exposição dos trabalhadores às vibrações - Apontamentos sobre estimativa das incertezas de medição* (RELACRE Ed. Vol. 21). Lisboa: RELACRE.
- RELACRE-23. (2014). *Guia 23 - Guia de boas práticas de medição de vibrações - Exposição dos trabalhadores às vibrações* (RELACRE Ed. Vol. 23). LISBOA.
- Rodrigo Lampert Ribas. (2012). *Exposição Humana à Vibração de Corpo Inteiro em um trator agrícola em operação de semeadura*. (Mestre Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - Brasil. Retrieved from http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=5012
- RS, R. M. (2013). RM 68 – INCERTEZA DE MEDIÇÃO: GUIA PRÁTICO DO AVALIADOR DE LABORATÓRIOS 2014, from http://www.redemetrologica.com.br/uploads/pages/15/1405816078_DOC_128.pdf
- Rui Miguel Bettécourt Melo. (2006). *Exposição ocupacional a vibrações transmitidas ao corpo inteiro : factores condicionantes na condução de autocarros urbanos* (Doutor Doutoramento), Lisboa, Lisboa.
- GUIDE TO MEASURING AND ASSESSING WORKPLACE EXPOSURE TO WHOLE-BODY VIBRATION (2014).
- SALAVADOR CAETANO SA. (2015). Empilhadores - Pagina Inicial. 2014, from <http://www.toyota-forklifts.com.pt/Pt/Products/ic-counterbalanced-trucks/Pages/Default.aspx>
- STIHL. (2014). Serra mecânica de baixa vibração. *Serras Mecânicas*. Retrieved 2014, from http://static.stihl.com/security_data_sheet/downloads/PT_MS.pdf#_ga=1.124341514.1487823668.1429207447
- Tomasini (Prof.)and partners. (2008, 2008). VIBTOOL - Grip Force Mapping for Characterisation of Hand-Held - Vibrating Tools. Retrieved VARIUS, 2013 - 2015, from <http://www.humanvibration.com/humanvibration/EU/vibtool.html>
- UMEA University. (2012). Databases for Vibration Machines. 2012-2015, from <http://www.vibration.db.umu.se/Default.aspx?lang=en>
- USA Army. (2004). A New Methodology For Health Hazard Assessment Of Repeated Shock 5b. GRANT NUMBER In Military Tactical Ground Vehicles. Retrieved 2045, from <http://dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a433103.pdf>
- Vibration Injury Network. (2001). Review of methods for evaluating human exposure to whole – body vibration. 2015, from http://resource.isvr.soton.ac.uk/HRV/VINET/pdf_files/Appendix_W4A.pdf
- Work, E. A. f. S. a. H. a. (2012). Statistics on Occupational Diseases 2012. Retrieved varius, 2014, from https://osha.europa.eu/fop/netherlands/en/nl_developments/beroepsziekten-in-cijfers-2011

7. Anexos

7.1. LISTAGEM DOS ANEXOS

Anexo 1 - Dimensão do Problema

Anexo 2 - Vibrações Mão-Braço

Anexo 2 - A 2.1 - Vibrações Mão Braço - registos

Anexo 2 - A 2.2.1 - Vibrações Mão Braço - resumo Valores e Tempo VLA

Anexo 2 - A 2.2.2 - Vibrações Mão Braço - resumo Tempo VLE

Anexo 2 - A 2.2.3 - AHV Comparação Dados do Fabricante - Valores Medidos

Anexo 2 - A 2.3 - Vibrações Mão Braço - Classificação das amostras

Anexo 2 - A 2.3.1 - Vibrações Mão Braço - Dif Classificação conf amostras

Anexo 3 - Vibrações Corpo Inteiro

Anexo 3 - 3.1 - Vibrações de Corpo Inteiro - Equipamentos Medidos - Registos

Anexo 3 - 3.2.0 - Vibrações de Corpo Inteiro - Equipamentos Medidos - Resumo Valores

Anexo 3 - 3.2.1 - Vibrações de Corpo Inteiro - Equipamentos Medidos - Resumo Tempos V.A e V.L.E.

Anexo 3 - 3.4 - Registo dos empilhadores avaliados

Anexo 3 - 3.5.1 - REGISTO DE EMPILHADORES PAF 1

Anexo 3 - 3.5.2 - REGISTO DE EMPILHADORES PAF-Tempo V.A. e V.L.E.

Anexo 4 - Análise das Amostras

Anexo 5 - AHV 1 Betão Liz

Anexo 5 - AHV 2 Verificação de resultados Relatórios de Medições Mão-Braço

Anexo 6 - WBV 1 AMBIPLUS

Anexo 6 - WBV 2

Anexo 7 - WBV3 Dados por equipamento

Anexo 7.1 - WBV3 Resumo Valores das Vibrações

Anexo 7.2 - WBV3 Resumo - Tempos Valores Limite e Classificação das Amostras

Anexo 7.3 - WBV4- Equações 13 e 14

Anexo 8 - AHV Comparação Dados do Fabricante - Valores Medidos (Mão-Braço)

Anexo 9 - 725C (Tier 4, Stage IV) Camião Articulado

Anexo 10.1 - Mão-Braço - ANALISE TEMPO EXP- VAL VIBRA = T.EXP +10A
100%

Anexo 10.2 - Mão-Braço - ANALISE TEMPO EXP- VAL VIBRA = T.EXP +125 A
500%

Anexo 10.3 - Mão-Braço - ANALISE TEMPO EXP- VAL VIBRA = Val Vibr. +10 A
100%

Anexo 10.4 - Mão-Braço - ANALISE TEMPO EXP- VAL VIBRA = Val Vibr. +125 A
500%

Anexo 10.5 - Corpo Inteiro - ANALISE TEMPO EXP- VAL VIBRA = T.EXP +10A
100%

Anexo 10.6 - Corpo Inteiro - ANALISE TEMPO EXP- VAL VIBRA = T.EXP +125 A
500%

Anexo 10.7 - Corpo Inteiro - ANALISE TEMPO EXP- VAL VIBRA = Val Vibr. +10 A
100%

Anexo 10.8 - Corpo Inteiro - ANALISE TEMPO EXP- VAL VIBRA = Val Vibr. +125
A 500%

Anexo 10.9 - Corpo Inteiro Diretiva

Anexo 11 - Certificado de calibração do segundo equipamento

**Link para descarregar estes anexos / Enlace para descargar archivos
adjuntos**

[https://www.dropbox.com/s/jbqd3xnizmgdlcd/0%20-
%20Anexos%20FINAIS%20TESE.rar?dl=0](https://www.dropbox.com/s/jbqd3xnizmgdlcd/0%20-%20Anexos%20FINAIS%20TESE.rar?dl=0)