

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DO RUÍDO E DA VIBRAÇÃO NO POSTO DE TRABALHO EM DOIS
TRATORES AGRÍCOLAS**

RICARDO CARVALHO TOSIN

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP

MARÇO – 2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CÂMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DO RUÍDO E DA VIBRAÇÃO NO POSTO DE TRABALHO EM DOIS
TRATORES AGRÍCOLAS**

RICARDO CARVALHO TOSIN

Engenheiro Mecânico e de Segurança do Trabalho

Orientador: Prof. Dr. Kléber Pereira Lanças

Co-orientador: Prof. Dr. João Alberto Borges de Araujo

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP

MARÇO – 2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

T714a Tosin, Ricardo Carvalho, 1973-
Avaliação do ruído e da vibração no posto de trabalho em dois tratores agrícolas / Ricardo Carvalho Tosin. - Botucatu : [s.n.], 2009.
v, 140 f. : gráfs., tabs., fots. color.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2009
Orientador: Kléber Pereira Lanças
Co-orientador: João Alberto Borges de Araujo
Inclui bibliografia.

1. Ergonomia. 2. Vibração - Medição. 3. Ruído - Efeito fisiológico. 4. Tratores agrícolas. I. Lanças, Kléber Pereira. II. Araujo, João Alberto Borges. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "AVALIAÇÃO DO RUÍDO E DA VIBRAÇÃO NO POSTO DE TRABALHO
EM DOIS TRATORES AGRÍCOLAS."

ALUNO: RICARDO CARVALHO TOSIN

ORIENTADOR: PROF. DR. KLEBER PEREIRA LANÇAS
CO-ORIENTADOR: PROF. DR. JOÃO ALBERTO BORGES DE ARAÚJO

Aprovado pela Comissão Examinadora



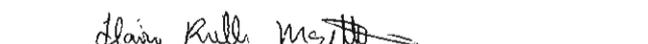
PROF. DR. KLEBER PEREIRA LANÇAS



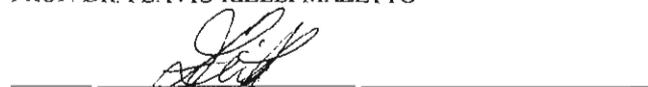
PROF. DR. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA



PROF. DR. SAULO PHILIPPE SEBASTIÃO GUERRA



PROF. DR. FLAVIO RIELLI MAZETTO



PROF. DR. FABRÍCIO LEITE

Data da Realização: 05 de março de 2009.

Dedico:

A minha mãe, Wolmar Aparecida Carvalho.

A minha namorada Eliane Moreira.

Quem ousa vence.

Brasão da SAS – Special Air Service.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA-UNESP), Campus de Botucatu e a Coordenadoria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Energia na Agricultura, pela oportunidade concedida, apoio e atenção durante o curso de Doutorado.

Ao Professor Doutor Kléber Pereira Lanças, do Departamento de Engenharia Rural da FCA-UNESP, Campus de Botucatu, pela orientação segura, atenção, dedicação, compreensão e amizade dispensada durante a graduação, mestrado e doutorado.

Ao Professor Doutor João Alberto Borges de Araujo, pela co-orientação.

Aos meus colegas Leonardo de Almeida Monteiro, Fabrício Masieiro e André Satoshi Séki, pela grande ajuda na aquisição dos dados.

Aos colegas de doutorado Elen Fitipaldi Basílio Carrega, Fabrício Leite, Cristiano Alberto de Paula, Antonio Gabriel Filho, Juan Bonin Acosta, Fernando Henrique Campos.

Ao professor Paulo Roberto Arbex Silva.

Aos meus amigos Maria Odila Tadei Donato e José Luiz Alves.

A Ambiental Qualidade de Vida no Trabalho Ltda., na pessoa de Norberto Pompermeier, Márcia da Silva Pompermeier, Vanessa Monteiro Ramos e Moacir Ramos Filho.

Aos colegas da Ambiental Carlos Gustavo Jacoia, Heloisa Chiossi Queiroz, Priscilla Canova Jordan, Angelo Tesser, Fernanda Ely Sarti Mariano De Almeida, Marcelo De Jesus Franco, Marcos Rogerio Ciccone, Ronaldo Gomes De Azevedo, Mariene Cristina Biazi Placca, Roseli Stoppa Rezende, Ezequiel Lopes Dos Anjos, Walter Pereira, Wanderson Rafael Leite, Celso Rodrigues, Ana Maria Turcareli, Antonio Marcos De Oliveira, Monalisa Do Nascimento Vasco, Regiane Germino Marcolino De Oliveira.

SUMÁRIO

1	RESUMO.....	1
2	SUMMARY.....	3
3	INTRODUÇÃO.....	5
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
	4.1 MÁQUINA AGRÍCOLA – TRATOR.....	7
	4.2 PRESSÃO SONORA.....	9
	4.3 VIBRAÇÃO.....	25
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	41
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
	6.1 VIBRAÇÃO.....	54
	6.2 NÍVEL DE PRESSÃO SONORA.....	65
7	CONCLUSÕES.....	77
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
	ANEXO I.....	82
	ANEXO II.....	131
	ANEXO III.....	133

LISTA DE TABELAS

TABELA	PÁGINA
Tabela 1 – Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente	17
Tabela 2 – Níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico para diferentes ambientes	19
Tabela 3 – Relação entre a frequência vibracional e os efeitos de ressonância no corpo humano	28
Tabela 4 – Vibrações em ferramentas motorizadas portáteis	29
Tabela 5 – Níveis de ação e limites de exposição para vibrações de corpo inteiro e membros superiores	38
Tabela 6 – Subdivisões das variáveis do delineamento experimental	47
Tabela 7 – Máxima aceleração para 8 horas de trabalho, tempos máximos de exposição para os níveis de alerta e máxima exposição, nível de conforto e percepção do corpo, para as variáveis: trator, posição da aceleração no corpo, tipo de pista, pressão de inflação dos pneus e marcha utilizada	48
Tabela 8 – Variação percentual da aceleração do trator de potência de 80,9 kW em relação ao de 55,2 kW, nas mesmas condições de ensaio	58
Tabela 9 – Conjunto de variáveis analisadas que permitem trabalho por 8 ou mais horas diárias, para vibrações no corpo inteiro e nos membros superiores	60
Tabela 10 – Condições de variáveis que são “desconfortáveis” para a vibração no corpo inteiro	62
Tabela 11 – Condições de variáveis que são “muito desconfortáveis” para a vibração no corpo inteiro	63
Tabela 12 – Condições de variáveis que são “extremamente desconfortáveis” para a vibração no corpo inteiro	64
Tabela 13 – Condições de ensaio nas quais os níveis de pressão sonora não ultrapassaram o nível de ação de 80 dB(A)	67
Tabela 14 - Condições de ensaio nas quais os níveis de pressão sonora encontram-se dentro do nível de ação de 80 a 85 dB(A)	68
Tabela 15 – Condições de ensaio nas quais os níveis de pressão sonora permitem trabalho contínuo por apenas 5 horas de trabalho diário, sem o uso de proteção auditiva	71
Tabela 16 – Condições de ensaio nas quais os níveis de pressão sonora permite trabalho contínuo por apenas 4 horas e 30 minutos de trabalho diário	73
Tabela 17 – Aumento do nível de pressão sonora do trator TS 110 para o TL 75E, nas mesmas condições de ensaio	74

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1 – Diferentes frequências de ressonância do corpo humano	28
Figura 2 – Gráfico da aceleração em função do tempo, também apresentando o nível médio de vibração e os valores de rms, pico a pico e de pico	30
Figura 3 – Curvas de mesma sensação subjetiva de pessoas em teste na posição sentada, em relação à frequência e aceleração das vibrações	31
Figura 4 – Limitações baseadas em proficiência para oscilações verticais. “Limite de fadiga-redução da proficiência” para tempos de exposição de 25 minutos a 16 horas. Para cálculos dos valores de “segurança” e “conforto”, em escala exponencial	35
Figura 5 - Anexo B da ISO 2631/97 – guia à saúde – zonas de precaução.	36
Figura 6 – Curva da frequência ponderada (dB) pela frequência (Hz), para os eixos x, y, e z	37
Figura 7 – Pistas de concreto, asfalto e solo firme	41
Figura 8 – Trator New Holland TL 75E	42
Figura 9 – Trator New Holland TS 110	42
Figura 10 – medidor de pressão sonora DL 4200 da ICEL	43
Figura 11 – Calibrador acústico Instrutherm CAL-1000	43
Figura 12 – Medidor de vibração Maestro da 01dB	44
Figura 13 – Posicionamento do acelerômetro no membro superior do operador do trator	45
Figura 14 – Exemplo de fixação do acelerômetro, para a medição em corpo inteiro	45
Figura 15 – Comparação entre os tempos de operação para se atingir os níveis de alerta e limite	55
Figura 16 – Máximas acelerações para 8 horas de trabalho e nível de conforto em função da indexação da Tabela 7	57
Figura 17 – Nível de percepção de conforto para vibrações no corpo inteiro obtidas nos ensaios dos tratores de potência de 55,2 kW e 80,9 kW	61
Figura 18 – Nível de pressão sonora para os tratores de 55,2 kW e 80,9 kW, em função dos tratamentos: tipo de pista, pressão de inflação dos pneus e velocidade média de deslocamento	66

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar o ruído e a vibração ocupacional para a função de operador de máquina agrícola. As análises foram realizadas em dois tratores, um de 55,2 kW e outro de 80,9 kW, sendo utilizados três tipos de pistas: uma de asfalto, uma de concreto e uma de solo firme; quatro pressões de inflação dos pneus dos tratores: 103,4 kPa, 137,9 kPa, 172,4 kPa e 206,8 kPa; e em três marchas de operação: II-2, II-3 e II-4, que correspondem às respectivas velocidades médias de 1,0 m/s, 1,4 m/s e 1,9 m/s. A análise da vibração foi feita no corpo inteiro, na posição sentada e nos membros superiores, utilizando um acelerômetro. A vibração no corpo inteiro foi obtida por meio de um acelerômetro fixado ao assento do operador, e a vibração nos membros superiores foi obtida por meio da fixação do acelerômetro no pulso do operador. O aumento da vibração foi diretamente proporcional ao aumento da potência no trator. O tempo levado para entrar no nível de alerta vibracional, assim como no nível limite, é inversamente proporcional à velocidade de deslocamento do trator. A velocidade média de 1,9 m/s não permitiu o trabalho por oito ou mais horas diárias. As pistas de asfalto e solo firme absorveram mais as vibrações geradas pelo trator do que a pista de concreto. A velocidade média de 1,0 m/s gera menor vibração ao operador. A pressão de inflação do rodado agrícola de 206,8 kPa absorve em maior quantidade a vibração gerada pelo trator. A sensação de conforto do operador do trator piorou quando houve o aumento da velocidade de deslocamento e da potência do motor e a diminuição da pressão de inflação do rodado agrícola. O nível de pressão sonora gerada pelo trator não foi influenciado pelo tipo de solo, pressão de inflação dos pneus agrícolas e da velocidade média, sendo apenas

influenciado pela potência do motor e se o trator possuía ou não cabine, sendo que a não existência da cabine foi o fator mais importante de exposição do operador ao ruído.

2 SUMMARY

NOISE AND VIBRATION AVALIATION IN THE WORK STATION IN TWO AGRICULTURAL TRACTORS

Adviser: Prof. Dr. Kléber Pereira Lanças

Co-adviser: Prof. Dr. João Alberto Borges de Araujo

The aim of this research was to study the occupational noise and vibration to the agricultural machine operator. The analyses took place in two types of tractors, one with 55,2 kW, and other with 80,9 kW, in three different soil surfaces: asphalt, concrete and hard soil; with four different tire inflation pressure in the tractors tires: 103,4 kPa, 137,9 kPa, 172,4 kPa and 206,8 kPa; with three different gears: II-2, II-3 and II-4, each one corresponding to the respectively media velocity of 1,0 m/s, 1,4 m/s and 1,9 m/s. The vibration analysis was made over the whole body and hands-arms. The noise level was measured through the sounding pressure in time and transformed by the equivalent noise level. The whole body vibration was obtained using the accelerometer in the seat, and the hands-arms vibration was obtained using the accelerator in the operator's fist. The vibration rise was proportional to the tractor power rise. The time it took to enter the in vibration alert level, and so to enter the limit level, is indirectly proportional to the tractor dislocation velocity. The media velocity of 1,9 m/s did not allow 8 hours of work in a day. The asphalt and hard soil surfaces absorbed more vibrations generated by the tractor than the concrete soil. The media velocity of 1,0 m/s generates minor vibration to the operator. The 206,8 kPa tire inflation pressure absorbs a bigger vibration amount generated by the agricultural machine. The

operator comfort got worse with the increasement of dislocation velocity and engine power, and with the tire inflation decrease in the agricultural machine. The noise sound pressure generated by the tractor was not influenced by the type of soil, neither tire inflation of the agricultural machine, nor the average velocity, but I has been influenced by the engine power and if the tractor had or not a cabin, and the existence or not of this cabin was the most important factor to the operator noise exposition.

Keyword: Ergonomic, tires, velocity speed.

3 INTRODUÇÃO

Segundo o Anuário Estatístico da Previdência Social – AEPS de 2007, do Ministério da Previdência Social, o ouvido foi à terceira parte do corpo com o maior número de incidência de doença do trabalho, com 11,5% dos casos reportados, sendo que estes casos englobam doenças que afetaram o ouvido externo, médio e interno, a audição e o equilíbrio. O total de doença do trabalho envolvendo o sistema auditivo no período foi de 3.259 casos e o total de doenças do trabalho registrados no período foram de 20.786, ou seja, 15,68% dos casos de doenças do trabalho registrados em 2007 tiveram origem no sistema auditivo.

Segundo a Organização Pan-Americana de Saúde – OPAS de 2001 a exposição ao ruído, pela frequência e por suas múltiplas conseqüências sobre o organismo humano, constitui um dos principais problemas de saúde ocupacional e ambiental na atualidade. A Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR) é um dos problemas de saúde relacionados ao trabalho mais freqüentes em todo mundo. A OSHA (Occupational Safety and Health Administration) estima que 17% dos trabalhadores de produção no setor industrial dos Estados Unidos apresentam, no mínimo, algum dano auditivo leve. Na Itália, há cerca de 10 anos, a PAIR é a doença ocupacional mais registrada, representando 53,7% das doenças relacionadas ao trabalho.

Vibrações mecânicas e acústicas são regidas pelas leis da física, sendo que, ou as sentimos ou as ouvimos. As vibrações mecânicas são na maioria um transtorno, ou até mesmo uma ameaça à saúde; o ruído pode ter os mesmos efeitos, mas um som adequado é

uma fonte de informação, e até de prazer.

O ruído é agente físico insalubre presente em mais de 90% das atividades laborativas existentes. Na operação de um trator é o principal risco ao qual o operador está exposto.

Assim como o ruído, a vibração é um dos grandes males que afeta os operadores de máquinas agrícolas, embora não exista nenhuma norma brasileira ou internacional que proíba o trabalho a partir de um específico valor de aceleração global.

A vibração é sabidamente um dos responsáveis diretos pelos afastamentos por doença do trabalho, e, conseqüentemente, também é um dos principais responsáveis pela não homogeneidade do trabalho agrícola com máquinas.

Sendo assim optou-se pelo estudo desses dois aspectos ergonômicos, embora se saiba que existem outros fatores que afetam o trabalho em máquinas agrícolas.

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos ocupacionais do ruído e da vibração, sendo esta, no corpo inteiro e nos membros superiores em dois tratores, sendo eles, um sem cabine de 55,2 kW e um cabinado de 80,9 kW, em três diferentes tipos de pistas, sendo de asfalto, concreto e solo firme, em quatro diferentes pressões de inflação dos pneus: 103,4; 137,9; 172,4 e 206,8 kPa e em três diferentes velocidades médias de deslocamento: 1,0; 1,4 e 1,9 m/s.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Máquina agrícola – trator

Segundo Mialhe (1980), os pneus utilizados em tratores e máquinas agrícolas devem suportar com segurança o peso do trator ou da máquina em condição estática e dinâmica, agir como um sistema de amortecimento dos impactos provocados pelas irregularidades do solo, além de garantir com eficiência a transmissão das forças motrizes e frenantes do trator ao solo e vice-versa.

De acordo com Franz (1988), os conjuntos pneumáticos do trator constituem um de seus mais importantes componentes, pois tem a função de permitir equilíbrio, vão - livre para passagem sobre a cultura, deslocamento, direcionamento e esforço tratório.

Lanças (1996) quantificou e avaliou os benefícios do emprego da correta pressão de inflação em pneus radiais em tratores agrícolas, utilizando como variáveis 3 tipos de pneus, duas pressões de inflação dos pneus, duas diferentes cargas verticais aplicadas nos pneus, dois tipos de solos e duas condições de superfícies dos solos ensaiados. Obteve como resultado que a pressão de inflação dos pneus mais baixa foi a que apresentou melhores resultados em relação às variáveis estudadas, sendo que esta pressão apresentou um aumento no coeficiente de tração líquida na faixa de 30 a 45 % e um aumento de 10 a 15 % na eficiência trativa.

Segundo Srivastava et al.(1996), a transformação da energia química contida nos combustíveis em energia mecânica, possibilita que um trator possa fornecer

energia através da tomada de potência ou por meio de seu sistema hidráulico; porém, é através da barra de tração que a utilização dessa energia gerada é mais comum, pois permite tracionar máquinas e implementos agrícolas.

Segundo Lee e Kim (1997), a pressão de inflação tem papel fundamental na área de contato entre o pneu e o solo, além da distribuição de pressão na sua superfície, pois o efeito da pressão de inflação influencia no desempenho da capacidade trativa de um trator usando pneus diagonais. Concluíram também que a máxima diferença na eficiência de tração foi verificada na velocidade de deslocamento de 5,5 km/h; entretanto, embora não pudessem afirmar que com o aumento da velocidade de deslocamento houvesse um aumento da eficiência de tração, o melhor desempenho dos rodados de um trator foi obtido pelo ajuste da pressão de inflação dos pneus de acordo com o tipo de solo e com as condições de uso deste solo.

Segundo Yanai et al. (1999), são várias as situações e condições que podem influenciar na tração, e uma das principais são as propriedades e a condição da superfície de deslocamento, sendo a mais usual o solo. Dentre as condições do solo que afetam a eficiência de tração de um trator agrícola, pode se mencionar a sua textura, o teor de água e o tipo de cobertura existente sobre o mesmo.

Correa (1999) destaca que o rodado é a última parte de ligação do motor do trator com o solo e seu estudo é de fundamental importância para o desempenho do trator, havendo, portanto, a necessidade de conhecê-lo melhor, utilizando a pressão de inflação indicada pelo fabricante e tomando os devidos cuidados com a sua manutenção. Segundo a autora, todo pneu é projetado para suportar determinadas cargas com uma pressão de ar especificada, sendo que a correta calibração dos pneus lhe garante maior vida útil.

Pneus com baixa pressão de inflação tendem a ter maior área de contato com o solo, fornecendo ao trator maior capacidade trativa. Correa et al. (2000) observaram uma tendência de melhoria na capacidade trativa quando os pneus estavam inflados na pressão recomendada pelo fabricante. Os resultados obtidos pelos autores evidenciaram diferenças expressivas com o uso da pressão correta em relação às altas pressões de inflação, nas quais houve redução de 11,5% na patinação e de 3,2% no consumo de combustível.

Observaram ainda um aumento de 3,7% na potência na barra de tração, e de 4,4% na capacidade operacional.

4.2 Pressão sonora

Segundo Saliba (2004), o som é originado por uma vibração mecânica que se propaga no ar e atinge o ouvido. Quando esta vibração estimula o aparelho auditivo, ela é chamada de vibração sonora. Assim, o som é definido como qualquer vibração ou conjunto de vibrações ou ondas mecânicas que podem ser ouvidas. Para a higiene ocupacional, costuma-se denominar de barulho todo som que é indesejável. Portanto, o ruído e o barulho são interpretações subjetivas e desagradáveis do som.

Kroemer e Grandjean (2005) definem o som como sendo qualquer movimento mecânico repentino, que gera flutuações na pressão do ar, que se dissipam como ondas, de forma semelhante as que ocorrem na superfície da água. Quando estas variações de pressão sonora ocorrem com uma frequência e intensidade regulares, o ouvido humano reage a elas como sons. A intensidade do som é subjetivamente percebida de acordo com a altura do som. A altura do som é a qualidade do som que permite distinguir som grave do som agudo.

Segundo Saliba (2004), para que uma vibração seja considerada sonora, a sua frequência deve estar compreendida entre 16 Hz e 20.000 Hz, que é a faixa audível humana. Abaixo e acima deste intervalo existe respectivamente o infra-som e o ultra-som. Além disso, a variação de pressão deve possuir um valor mínimo para atingir o limiar de audibilidade, sendo que esta variação é a diferença instantânea entre a pressão atmosférica na presença e na ausência do som, em um mesmo ponto. O limiar auditivo é de $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$, sendo convencionado este valor como sendo o 0 (zero) dB. Quando a pressão sonora atinge o valor de 200 N/m^2 , a pessoa exposta começa a sentir dor no ouvido, sendo então chamado de limiar da dor, e este valor equivale a 140 dB. Portanto, quando tratamos de pressão, a faixa audível varia de $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$ a 200 N/m^2 .

Segundo Kroemer e Grandjean (2005), o decibel é a unidade física da pressão sonora e é medido em micropascal (μPa). Sendo assim, o som mais baixo que um ouvido humano saudável pode detectar está em torno de 20 μPa , podendo detectar, também, sons até um milhão de vezes mais altos, o que fez com que fosse criada uma escala logarítmica

para tornar a sua leitura e o seu entendimento mais fáceis, surgindo assim o decibel (dB).

Como visto anteriormente, zero decibel (dB) equivale $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$ ou $200 \mu\text{Pa}$. Se for acrescentado mais $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$, terem-se 1 (um) dB e assim sucessivamente. Esta correlação se dá uma vez que o decibel é medido em uma escala logarítmica (Saliba, 2004).

Segundo Kroemer e Grandjean (2005), as pressões sonoras são registradas logaritmicamente utilizando o nível de pressão sonora, de acordo com a fórmula:

$$SPL_{dB} = 20 \log_{10} \frac{P_x}{P_0} \quad (1)$$

Onde:

SPL_{dB} é o nível de pressão sonora em dB;

P_x é pressão sonora em μPa ;

P_0 é a pressão sonora mais baixa que o ser humano pode detectar, ou seja $200 \mu\text{Pa}$.

Segundo Saliba (2004), a frequência do som corresponde ao número de vibrações por unidade de tempo. A unidade de frequência utilizada é o Hertz (Hz), que corresponde a um ciclo por segundo.

Ainda segundo Saliba (2004), do ponto de vista da Higiene do Trabalho: “o ruído é o fenômeno físico vibratório com características indefinidas de variações de pressão (no caso ar) em função de frequência, isto é, para uma dada frequência podem existir, em forma aleatória através do tempo, variações de diferentes pressões”.

Para Kroemer e Grandjean (2005), o ruído é definido como qualquer som indesejável, pois na prática chama-se de som toda a vibração sonora que é agradável, e de ruído toda aquela que é desagradável.

Segundo Saliba (2004), além do nível de pressão sonora existem outros parâmetros que são utilizados em acústica para especificar o ruído de equipamentos, cálculos

de isolamento, e estimativa de ruído que uma fonte produz a uma determinada distância. São eles: o nível de intensidade sonora e a potência sonora, descritos a seguir:

O nível de intensidade, expresso em dB, é definido pela seguinte expressão matemática:

$$NIS = 10 \log I / I_0 \quad (2)$$

Onde:

NIS é o nível de intensidade sonora;

I é a intensidade sonora em um ponto específico, que é a quantidade média de energia sonora transmitida por meio de uma unidade de área perpendicular à direção e propagação do som;

I_0 é a intensidade de referência igual a $10^{-12} \text{ Watt}/m^2$

A potência sonora representa a quantidade de energia acústica produzida por uma fonte por unidade de tempo. O nível de potência sonora, expresso em dB, é definido pela seguinte expressão matemática:

$$NWS = 10 \log W / W_0 \quad (3)$$

Onde:

NWS é o nível de potência sonora;

W é a potência sonora da fonte em Watts;

W_0 é a potência sonora de referência igual a 10^{-12} Watts .

Vários estudos realizados com pessoas sadias em laboratórios indicaram que a resposta subjetiva do ruído é diferente nas diversas frequências. Nas faixas de 2.000 a 5.000 Hz, o ouvido humano é mais sensível ao ruído e menos sensível nas frequências extremamente baixas e altas. Como exemplo, no estudo de Webber e Fechner, datado do século XIX, foi mostrado que a relação de ruído e estímulo possui a característica de que quando há o aumento da sensação ao som, existe de forma proporcional o aumento logarítmico do estímulo, podendo esta relação ser mais bem explicada da seguinte maneira: se

uma sensação sonora “S” for provocada por 10 unidades de estímulo “E”, então 2 “S” pode ser provocada por 100 “E”. Com o avanço das pesquisas dos fenômenos auditivos, sabe-se que isto é apenas uma aproximação, devido ao complexo mecanismo auditivo (Saliba, 2004).

Saliba (2004) explica de forma simplificada, que um medidor de pressão sonora é constituído das seguintes partes: microfone; amplificador; filtros de compensação A, B, C e D (sendo, hoje em dia, mais comum encontrar os de escala de compensação “A” e “C”); amplificador/ medidor; e medidor. O microfone é o responsável por transformar a vibração sonora (sinal mecânico) em um sinal elétrico.

Ainda segundo Saliba (2004), as curvas de compensação “A”, “B”, “C” e “D” correspondem respectivamente a: audibilidade para baixos níveis de pressão sonora (similar ao ouvido humano), médios níveis de pressão sonora, altos níveis de pressão sonora (similar ao ruído de impacto) e curva especializada para medições de aeroportos.

Os medidores de nível de pressão sonora (NPS) são chamados de sonômetros, ou popularmente, de decibelímetros, podendo, de acordo com a sua precisão serem do tipo 1, 2 ou 3 e podendo possuir circuitos de compensação “A”, “B”, “C” e “D”, ou “A” e “C”, ou somente “A” (Saliba, 2004).

Segundo Saliba (2004), a Norma Regulamentadora 15 (NR-15) e outras normas brasileiras pertinentes não estabelecem a precisão do medidor, ao contrário da *American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)*, que recomenda que os medidores atendam, no mínimo aos requisitos da norma S1-4-1983 da *American National Standards Institute (ANSI)* para equipamentos do tipo 2. É importante ressaltar que os dosímetros devem ser configurados de acordo com as normas vigentes de avaliação ocupacional de ruído: incremento de dose (Q=3, Q=5); nível-critério (85, 0 dB(A) e 90,0 dB(A)); nível de corte (80 a 85, ou 90 dB(A)), entre outros. No Brasil, segundo a NR-15 são adotados os seguintes critérios: incremento de dose (Q=5); nível-critério (85,0 dB(A)); nível de corte (80 a 85, dB(A)). Atualmente o *National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH* e outros órgãos internacionais utilizam o incremento igual a 3 dB. Este método é o mais utilizado no meio científico para avaliar o comprometimento auditivo em função do nível e duração do ruído.

Segundo Saliba (2004), o analisador de frequência é um acessório que pode ser acoplado ao medidor de NPS, para a obtenção do espectro sonoro, ou seja, o NPS em função da frequência. A análise da frequência é importante para a orientação de medidas de controle, uma vez que, a partir desses dados é possível dimensionar os materiais isolantes e absorventes do som. Com a análise da frequência, também é possível calcular a atuação dos diversos tipos de protetores auriculares para cada situação de risco. Por isso a importância de se possuir um Programa de Proteção Auditiva (PPA).

Segundo Saliba (2004), os audiodosímetros são instrumentos importantes para a caracterização da exposição ocupacional ao ruído. Por meio dele é possível obter a dose de ruído ou efeito combinado, e o nível equivalente de ruído (L_{eq}). Este instrumento indica a dose em percentual. Assim, o limite será excedido quando este for superior a 100%. Como exposto anteriormente, a ACIGH recomenda que os audiodosímetros atendam as mínimas recomendações das normas ANSI.

O calibrador acústico é indispensável às avaliações de ruído, pois permite a aferição dos medidores, garantindo a precisão das medições. O calibrador é um instrumento portátil de precisão e consiste numa fonte sonora que emite um tom puro de frequência de 1.000 Hz. Essa fonte, quando ajustada ao medidor de som ou audiodosímetro, emite um som constante de 114,0 dB ou 94,0 dB, dependendo do modelo e marca do equipamento. Este instrumento possui uma precisão, de em média, $\pm 0,5$ dB (Saliba, 2004).

Ainda segundo Saliba (2004), a calibração é um conjunto de operações que estabelece, sob condições específicas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição ou sistema de medição, ou valores representados por uma medida materializada, ou um material de referência, e os valores correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões (INMETRO, 1995).

De acordo com a Norma Regulamentadora 15, em seu Anexo 1: entende-se como ruído contínuo ou intermitente, para fins de aplicação de Limite de Tolerância, o ruído que não seja ruído de impacto (Brasil, 1978).

Segundo a Norma de Higiene Ocupacional 01 o ruído contínuo ou intermitente é todo e qualquer ruído que não está classificado como ruído de impacto ou

impulsivo (FUNDACENTRO, 2001).

Segundo Saliba (2004), do ponto de vista técnico, ruído contínuo é aquele cujo NPS varia 3,0 dB durante um período longo de observação, ou seja, mais de 15 minutos.

Segundo a Norma Regulamentadora 15, em seu Anexo 2 (Brasil, 1978) e a Norma de Higiene Ocupacional 01 (FUNDACENTRO, 2001), entende-se por ruído de impacto aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a 1 (um) segundo, a intervalos superiores a 1 (um) segundo.

Segundo Brasil (1978), a Norma Regulamentadora 15, Anexo 1, item c, estabelece que: quando a exposição ao ruído é composta de dois ou mais períodos de exposição a diferentes níveis, devem ser considerados seus efeitos combinados, em vez dos efeitos individuais. Esse efeito combinado ou dose equivalente é calculado por meio da soma das seguintes frações:

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \leq 1 \quad (4)$$

O resultado obtido não pode exceder a 1 (um).

C_n = tempo total de exposição a um nível específico.

T_n = a duração total permitida nesse nível, conforme limites estabelecidos no Anexo 1 da NR-15.

Segundo Saliba (2004), os chamados efeitos combinados podem ser obtidos com maior precisão utilizando-se o audiodosímetro. A dose ou efeito combinado podem ser obtidos também com o medidor de NPS (decibelímetro). Entretanto, o procedimento é trabalhoso, sendo necessário estimar e cronometrar com exatidão os tempos de exposição a cada NPS.

Para Saliba (2004), por meio da dose equivalente de ruído calcula-se o nível equivalente de ruído. Este nível apresenta a exposição ocupacional do ruído durante o período de medição e representa a integração dos diversos níveis instantâneos de ruído ocorridos nesse período. Conforme visto anteriormente, a NR-15 considera o incremento de

duplicação igual a 5 ($Q=5$). Isto quer dizer que, a cada incremento de 5 dB no nível equivalente, dobra a equivalência de energia e, conseqüentemente, o risco de dano auditivo. A seguir é apresentada a equação que representa o critério adotado pela NR-15:

$$D = \frac{T}{8} 2^{\frac{L_{eq}-17}{5}} \quad (5)$$

Onde:

D é a dose equivalente em fração decimal;

T é o tempo de medição;

Q é o incremento e é igual a 5;

L_{eq} é o nível equivalente de ruído (nível critério de 85,0 dB(A) e jornada de trabalho de 8 horas diárias).

Para Kroemer e Grandjean (2005), o nível equivalente de ruído contínuo (L_{eq}) expressa o nível médio de pressão sonora durante um dado período de tempo, sendo que esta quantidade é uma integração de todos os níveis sonoros que variam durante este tempo, servindo para comparar o efeito dos ruídos flutuantes com um ruído contínuo e de intensidade constante.

Através da equação (5) é cálculo de L_{eq} , como mostrado a seguir:

$$L_{eq} = \frac{\log \left[\frac{D \cdot 8}{T} \right] + 5,117}{0,06} \quad (6)$$

Para T igual a 8 horas, tem-se:

$$L_{eq} = 16,6 \log D + 85 \quad (7)$$

Segundo FUNDACENTRO (2001), a Norma de Higiene Ocupacional 01 define que o nível de exposição normalizado (NEN) é o nível de exposição convertido para uma jornada de trabalho padrão de 8 horas diárias. Para fins de comparação com o limite de exposição neste critério, o limite de exposição ocupacional diária ao ruído correspondente a NEN é igual a 85 dB(A), e o limite de exposição máximo (valor-teto) para ruído contínuo ou

intermitente é de 115 dB(A), conforme descrito NR-15, em seu Anexo 1.

Segundo Saliba (2004) a faixa audível de frequência situa-se entre 16 e 2.000 Hz, sendo praticamente infinitas as possibilidades de distribuição da energia sonora nessa faixa. Com isso surge a necessidade de avaliar as frequências em determinados tipos de avaliações de ruídos e determinar os níveis de insalubridades e os meios adequados de controle. Ainda segundo o mesmo autor, a análise de frequência da faixa audível foi dividida da seguinte maneira: banda de oitava – é a divisão mais utilizada na higiene ocupacional e é normalizada pela ISO 266. A faixa é dividida em uma largura igual a uma oitava, sendo a razão da frequência igual a 2 e os centros das faixas são os seguintes: 16 Hz, 32 Hz, 63 Hz; 125 Hz; ... 2.000 Hz; terça de oitava e meia oitava: é semelhante à banda de oitava, tendo sua distribuição da frequência central também normalizada pela ISO 266. No caso da meia oitava, as frequências centrais são separadas por uma faixa igual à meia oitava, e no caso da terça de oitava, a separação é um treco-oitavo; faixa de percentagem: neste caso a largura das faixas é igual à porcentagem constante do valor central, por exemplo, uma faixa 2% indica que, para um valor de frequência de 100 Hz, a faixa central é 2 Hz; faixa de largura constante: a faixa audível é dividida por faixas constantes. Por exemplo, de 10 em 10 Hz. Deve-se salientar que, quanto menor for a faixa de frequência, maior será a precisão da distribuição do nível de pressão sonora dentro do espectro. As bandas de oitava e terça de oitava são as mais aplicadas, especialmente na higiene ocupacional.

A NR-15, em seu subitem 15.1.5, estabelece que o limite de tolerância seja a intensidade máxima ou mínima relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente que não causará danos à saúde do trabalhador durante sua vida laboral (Brasil, 1978).

Segundo ACGIH (2007), os limites de exposição ao ruído referem-se aos níveis de pressão sonora e aos tempos de exposição que representam as condições sob as quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta repetidamente, sem sofrer efeitos adversos à sua capacidade de ouvir e de entender uma conversação normal.

Segundo Brasil (1978), a avaliação da exposição ocupacional ao ruído é regulamentada pela Norma Regulamentadora 15, Anexos 1 e 2, sendo também aplicada a Norma Regulamentadora 09, que exige nível de ação quando a dose de ruído for $> 0,5$ ($L_{eq} =$

80 dB(A)).

Já a ACGIH (2007) estabelece que o limite de tolerância para o ruído não protege todos os trabalhadores dos efeitos adversos da exposição do ruído. O limite de tolerância visa a proteger a maioria da população, de forma que a perda auditiva média produzida pelo ruído nas frequências de 500, 1.000 e 3.000 Hz, durante 40 anos de exposição, não exceda a 2 dB. Assim, os valores dos limites de tolerância são referenciais para um programa de conservação auditiva.

Conseqüentemente, o limite de tolerância representa as condições sob as quais se acredita que a maioria dos trabalhadores expostos repetidamente não sofrerá efeitos adversos à sua capacidade de ouvir e de entender uma conversação normal (ACIGH, 2007).

A Norma Regulamentadora 15 definiu como ruído contínuo ou intermitente aquele que não seja de impacto. Para o ruído contínuo ou intermitente, em seu Anexo 1, fixa para cada nível de pressão sonora o tempo diário máximo permitido, conforme mostra a Tabela 1 (Brasil, 1978).

Tabela 1 – Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente

NÍVEL DE RUÍDO [dB(A)]	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 40 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: NR-15, Anexo I.

Para os valores encontrados no nível de ruído intermediário, será considerada a máxima exposição diária permissível, relatada no nível imediatamente mais elevado (Brasil, 1978).

Segundo Saliba (2004), os procedimentos de avaliação da exposição ocupacional são estabelecidos na NR-15, Anexo 1, norma técnica da FUNDACENTRO, método NIOSH, OSHA, ACGIH, entre outros. Na NR-15, Anexo 1, o procedimento é bem simplificado. A norma não determina as especificações dos medidores nem particulariza os procedimentos de abordagem dos postos de trabalho e medições individuais integradas ao ruído de impacto, ao contrário do que ocorre com outras normas, especificamente aquelas recomendadas pela NHO-01.

Segundo Brasil (1978), a avaliação dos níveis de ruído deve ser realizada nos postos de trabalho e próxima à altura da zona auditiva do trabalhador. As leituras devem ser tomadas na curva de compensação “A”, conforme descrito na Norma Regulamentadora 17 (NR-17).

A NR-17 da Portaria n. 3.214, de 8 de junho de 1978, em seu subitem 17.5.2, estabelece que nos locais de trabalho onde sejam executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes, tais como escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros, são recomendados para as condições de conforto os níveis de ruído de acordo com o estabelecido na NBR 10152, norma brasileira registrada no Instituto Nacional de Metrologia – INMETRO (Brasil, 1978).

Segundo Saliba (2004), nas atividades que possuam as características mencionadas anteriormente, mas que não apresentem equivalência ou correlação com aquelas relacionadas na NBR 10.152, o nível de ruído aceitável para efeito de conforto será de 65 dB(A), e a curva de avaliação de ruído (NC) não deve ser superior a 60 dB.

Segundo ABNT (1987b), a norma NBR 10.152 fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos. Os Valores em dB(A) e NC são mostrados na tabela 2. O valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade. Os níveis superiores aos estabelecidos na Tabela 2 são considerados desconfortáveis, sem

necessariamente implicar risco de dano à saúde.

Tabela 2 – Níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico para diferentes ambientes

	dB(A)	NC
LOCAIS HOSPITAIS		
Apartamento, enfermaria, berçários, centros cirúrgicos	35 – 45	30 – 40
Laboratórios, área para uso de público	40 – 50	35 – 45
Serviços	45 – 55	40 – 50
ESCOLAS		
Bibliotecas, salas de música, salas de desenho	35 – 45	30 – 40
Salas de aula, laboratórios	40 – 50	35 – 45
Circulação	45 – 55	40 – 50
HOTÉIS		
Apartamentos	35 – 45	30 – 40
Restaurantes, salas de estar	40 – 50	35 – 45
Portaria, recepção, circulação	45 – 55	40 – 50
RESIDÊNCIAS		
Dormitórios	35 – 45	30 – 40
Sala de estar	40 – 50	35 – 45
AUDITÓRIOS		
Salas de concertos, teatros	30 – 40	25 – 30
Salas de conferência, cinemas, salas de uso múltiplo	35 – 45	30 – 35
Restaurantes	40 – 50	35 – 45
ESCRITÓRIOS		
Salas de reunião	30 – 40	25 – 35
Salas de gerência, salas de projetos e de administração	35 – 45	30 – 40
Salas de computadores	45 – 65	40 – 60
Salas de mecanografia	50 – 60	45 – 55
Igrejas e templos (cultos meditativos)	40 – 50	35 – 45
LOCAIS DE ESPORTE		
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45 – 60	40 – 55

Fonte: NBR 10.152.

Segundo Saliba (2004), para a determinação do NC (curva de avaliação), é necessário efetuar a análise de frequência do ruído. Essa análise é importante, pois permite a verificação das medidas de correção ou redução do nível de ruído. Pelas curvas de avaliação de ruído (NC), podem se identificar as bandas de frequência onde os níveis de ruído são mais intensos e, desse modo, necessitam de correção.

Segundo Menezes e Paulino (2004), o ruído pode apresentar os seguintes efeitos auditivos: trauma acústico, que é causado por sons de baixa duração, tais como, explosões, estampidos de arma de fogo, detonações, etc., e pode resultar em uma perda auditiva imediata, severa e permanente, conceituada como “trauma acústico”; perda auditiva temporária, que é aquela advinda de exposições moderadas, que podem inicialmente causar uma perda auditiva temporária, recuperável, sendo que os seus efeitos ainda não foram todos esclarecidos; e perda auditiva permanente, que é o tipo de perda auditiva conhecida

popularmente por “PAIR”, sigla para “perda auditiva induzida por ruído”. Se ela for de origem ocupacional, então é chamada de “PAIRO”, sigla para “perda auditiva induzida por ruído ocupacional”. A perda auditiva é mensurada determinando-se limiares auditivos em várias frequências por meio do exame conhecido com audiometria.

Segundo a OPAS (2001), os trabalhadores expostos a altos níveis de pressão sonora apresentam descompensações metabólicas. Dentre as descompensações metabólicas destacam-se: alterações renais, entre elas a síndrome de Alport, cujos portadores apresentam perda auditiva significativa a partir da segunda década de vida; diabetes mellitus e outras, como a síndrome de Alström; insuficiência adrenocortical; dislipidemias, hiperlipoproteinemias; doenças que impliquem distúrbios no metabolismo do cálcio e do fósforo; distúrbios no metabolismo das proteínas. Por exemplo, os distúrbios de melanina; hipercoagulação; mucopolissacaridose; disfunções tireoideanas (hiper e hipotireoidismo).

Ainda segundo a OPAS (2001), o diagnóstico de perdas auditivas neurossensoriais induzidas por exposição a ruído e sua diferenciação de outros quadros tendem a ser mais fáceis em situações em que o médico tem acesso ao histórico das exposições do paciente a ruído e outros agentes ototóxicos ao longo de sua vida laboral. As perdas auditivas neurossensoriais podem ser classificadas, segundo a etiologia, em: traumáticas (trauma acústico, traumatismo do crânio ou da coluna cervical, barotrauma); infecciosas (seqüelas de otite, viroses, lues, meningite, escarlatina, toxoplasmose); ototóxicas (por uso de antibióticos aminoglicosídeos, diuréticos, salicilatos, citostáticos, tuberculostáticos); causadas por produtos químicos (solventes, vapores metálicos, gases asfixiantes); metabólicas e hormonais (diabetes mellitus, auto-ímmunes, renais, tireoideanas); degenerativas (presbiacusia, otospongiose, osteoartroses cervicais); neurossensoriais flutuantes (doença de Menière, fístulas labirínticas, doença de Lermoyez, síndrome de Cogang); tumorais (tumores glômicos, neurinomas); relacionadas ao sistema nervoso central (esclerose múltipla, degenerações mesencefálicas, alterações bulbopontinas); hereditárias, congênitas e neonatais (algumas vezes de manifestação tardia); vasculares e hematológicas.

Segundo a OPAS (2001), a eliminação ou redução da exposição ao ruído é importante para a prevenção da PAIR e de inúmeras outras repercussões sobre o organismo humano. Idealmente o controle do ruído deve se feito ainda na fase de projeto das

instalações das unidades produtivas. Para isso, deve ser desenvolvido um programa de conservação auditiva, que no mínimo inclua: avaliação dos níveis de exposição a ruído; adoção das medidas de proteção auditivas coletivas e individuais; monitoramento ambiental, médico e audiométrico; educação, motivação e supervisão; registro e guarda de documentos, consolidação, análise e divulgação dos achados, assim como providências administrativas e legais cabíveis; acompanhamento das ações. Também podem ser tomadas medidas de controle da exposição sobre a fonte emissora ou na trajetória de propagação, por meio de: enclausuramento de processos e isolamento de setores de trabalho, se possível utilizando sistemas hermeticamente fechados; normas de higiene e segurança rigorosas, incluindo colocação de barreiras e anteparos; monitoramento ambiental sistemático; adoção de formas de organização do trabalho que permitam diminuir o número de trabalhadores expostos e o tempo de exposição; fornecimento, pelo empregador, de equipamentos de proteção individual adequados, de modo complementar às medidas de proteção coletiva.

A OPAS (2001) recomenda a observação, a adequação e o cumprimento, pelo empregador, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA (NR 9) e do Programa de Controle Médico e de Saúde Ocupacional – PCMSO (NR 7), ambos da Portaria/MTb n.º 3.214/1978, além de outros regulamentos – sanitários e ambientais – existentes nos estados e municípios. Os Anexos n.º 1 e 2 da NR 15 definem os limites de tolerância (LT) para exposições ao ruído contínuo e de impacto, respectivamente.

Segundo Saliba (2004), as medidas de controle do ruído são tratadas de três maneiras distintas, sendo elas: na fonte, na trajetória e no homem, sendo que as medidas de controle da fonte e da trajetória deverão ser prioritárias, quanto viáveis tecnicamente.

Segundo Saliba (2004), o controle da fonte ou trajetória é o mais recomendado quando há viabilidade técnica, sendo que a adoção desses tipos de medidas deve ser feito principalmente na fase de planejamento das instalações, pois nesta fase podem-se escolher equipamentos que produzam menores níveis de ruídos e organizar o leiaute das instalações. Na maioria das vezes o controle da fonte é feito mais eficientemente pelo fabricante do equipamento, cabendo ao consumidor final seguir as suas recomendações de instalação para uma melhor eficiência.

A título de exemplo, o item 4, do Anexo I, da NR-12, estabelece que os fabricantes e importadores de motosserras instaladas no país introduzirão nos catálogos e manuais os níveis de ruído e vibração e a metodologia utilizada para a referida aferição (Saliba, 2004).

Ainda segundo Saliba (2004), é salientada a existência de inúmeras alternativas para o controle de fonte ou trajetória, sendo que algumas delas são: substituir o equipamento por outro mais silencioso; balancear e equilibrar partes móveis; lubrificar eficazmente rolamentos, mancais, etc.; reduzir impactos na medida do possível; alterar o processo, como por exemplo, substituir sistemas pneumáticos por hidráulicos; programar as operações de forma que permaneça o menor número de máquinas funcionando simultaneamente; aplicar material de modo que atenuie as vibrações; regular os motores; reapertar as estruturas; substituir engrenagens metálicas por outras de plástico ou celeron; diminuir a velocidade de escapamento dos fluidos; reduzir as rotações das máquinas, embora essa medida possa reduzir a capacidade produtiva; instalar abafador (silencioso) nos escapamentos; absorver os choques por meio de revestimentos de borracha nas estruturas; reduzir a altura de queda de materiais nos receptores, como, por exemplo, queda de minério em um silo.

Segundo Saliba (2004), no controle no meio ou trajetória o som já foi gerado e a finalidade das medidas é evitar sua transmissão para outro ambiente ou absorvê-lo de maneira que evite as reflexões. Sendo assim, esse tipo de controle pode ser alcançado da seguinte forma: pela absorção do som, que ocorre quando a energia sonora é absorvida quando o som encontra uma superfície, sendo que materiais porosos, como a lã de vidro e a cortiça são melhores absorventes. O coeficiente de absorção dos materiais varia de acordo com as frequências do som, o que influencia na escolha do tipo de material empregado pelo isolamento da fonte ou do receptor, que consiste em evitar a transmissão de um ambiente para outro. Portanto, para este fim são utilizados materiais com alto índice de redução acústica ou perda de transmissão. Os materiais densos e compactos possuem maior índice de redução acústica. Além disso, a utilização de paredes duplas ou triplas aumenta o índice de redução, bem como a distância entre as paredes, pois, quanto maior a distância entre as paredes, maior é a redução.

Ainda segundo Saliba (2004), o isolamento acústico pode ser feito na fonte geradora ou no receptor do ruído. Portanto, ao se isolar a fonte está se criando uma barreira que separa a causa do ruído do meio que o rodeia, e ao se isolar o receptor do ruído está se criando uma barreira que separa o indivíduo exposto da fonte de ruído do meio em que se encontra.

Segundo Saliba (2004), não sendo possível o controle do ruído na fonte ou na trajetória, devem-se adotar medidas de controle no trabalhador, também chamado de controle no homem, que podem ser: limite do tempo de exposição, que consiste em reduzir o tempo de exposição aos níveis de ruído superior, aos limites de tolerância, conforme descrito na Tabela 1; equipamento de proteção individual – EPI, que é o protetor auricular, sendo este de dois tipos: de inserção e do tipo concha, e devem ser utilizados de acordo com o nível de ruído presente na atividade, no tipo de atividade e na preferência do trabalhador, quando couber.

Fernandes (1993) realizou um levantamento estatístico sobre o nível de ruído em operações agrícolas com tratores. Segundo o autor, o aumento no porte das máquinas agrícolas, não teve a devida correspondência nas condições de segurança do operador, podendo-se afirmar que hoje, o tratorista é um dos profissionais mais expostos a fatores insalubres. Os principais riscos na atividade são: sol, chuva, frio, poeira, gases de combustão, ruído, deriva de defensivos agrícolas, vibrações, calor gerado pelo motor, etc. Com relação ao ruído, é sabido desde a década de 1930, que os tratores são emissores de altos níveis de ruído. Conclui-se que os tratores apresentam níveis de ruído acima dos limites estabelecidos pela norma NBR 10.152, entre 87,17 e 102,17 dB(A) e acima dos 85 dB(A) para 8 horas diárias de trabalho estabelecidos pela NR-15; que as atividades com maiores níveis de ruído foram a roçagem e a colheita de milho, em função do implemento, e a subsolagem e a aração, em função do ruído do motor; os ruídos foram maiores para as marchas mais que proporcionam maiores velocidades, para rotações mais altas do motor e para operações em solo seco; os ruídos acima dos valores permitidos pela legislação brasileira fazem com que as atividades se tornem insalubres.

Silva et al. (2004) avaliaram o nível de ruído nas cabines de colhedoras combinadas. As colhedoras analisadas foram a New Holland TC 57, a SLC 6200 e a Massey

Ferguson 3640 Os níveis de pressões sonoras encontrados ficaram na faixa de 95,50 a 101,00 dB(A). Como conclusões, a colhedora New Holland TC 57 foi a que apresentou menor nível de ruído, seguida pelas colhedoras SLC 6200, e da Massey Ferguson 3640. Todas as colhedoras estudadas apresentaram nível de ruído acima do limite máximo estabelecido pela NR-15, Anexo I.

Souza et al. (2004) compararam e avaliaram uma operação agrícola desde a aragem do terreno, até a colheita, para a realização da análise de risco a que os operadores de máquinas estão sujeitos. Nos ensaios foram utilizados: trator de 73 cv, arado, grade de disco, aplicador de calcário, pulverizador e colhedora. As condições dos testes foram: tracionando cada um dos implementos utilizados a velocidades variáveis, com rotação do motor constante a 1700 rpm. Para a colhedora foram utilizadas velocidades de avanço diferentes e foi avaliado o ruído à direita e a esquerda do operador, sempre na altura do ouvido. Os níveis de ruído encontrados para todas as atividades foram muito acima do máximo permitido, segundo a NR-15, e ficaram entre 91,7 e 96,8 dB(A). A colhedora foi o equipamento que apresentou maior nível de ruído, 96,8 dB(A), e não apresentou diferença significativa de ruído parada ou em situação de trabalho, o que gera o risco a quem opera a máquina, bem como a quem acompanha o trabalho próximo a operação, sendo necessária a adoção de EPI eficiente e eficaz, quando se pretender trabalhar por 8 horas diárias.

Santos Filho et al. (2004) realizou um estudo com o objetivo de determinar os níveis de ruído emitidos por um trator agrícola executando a operação de gradagem em diferentes velocidades de trabalho, analisando o conforto do operador e comparando os níveis obtidos com os recomendados pelas principais normas vigentes. O trator utilizado tinha a potência de 75 cv e utilizava uma grade leve (niveladora) de 28 discos. O sistema de aquisição de dados foi constituído por sensores de ruído, condicionadores e amplificadores e um conversor analógico-digital instalados em um microcomputador embarcado no trator ensaiado. O estudo concluiu que o sistema trator implemento emitiu níveis de ruído acima do limite de 85 dB(A) para uma jornada de 8 horas diárias, variando entre 92,870 a 96,761 dB(A).

Souza et al. (2004b) avaliaram o nível de ruído emitido por um desintegrador/ picador/ moedor no processamento de milho. Para tanto, foram utilizadas

quatro rotações (4.000; 3.757; 2.931; e 2.335 rpm), quatro números de martelos (4; 5; 6; e 7) e três tipos de peneiras, com os seguintes diâmetros de furos: 3; 5; e 10 mm. Obtiveram como resultados níveis de ruído que ultrapassaram os 85 dB(A), ou seja, é proibitivo o trabalho durante 8 horas diárias sem nenhum tipo de proteção ao trabalhador, e os martelos influíram diretamente na intensidade do nível de ruído gerado pela máquina.

Delmond e Reis (2006) avaliaram os níveis de ruído emitidos por tratores em diferentes operações agrícolas, e segundo os autores, dentre os fatores ambientais que são prejudiciais ao trabalhador rural, o ruído pode ser considerado o pior deles. As variáveis observadas nesse trabalho foram: a velocidade de trabalho, a rotação do motor e as diferentes operações agrícolas. Foi utilizado durante os ensaios um trator sem cabine tracionando arado de discos, grade de discos, semeadora-adubadora e ensiladora. As medições de ruído foram feitas com um medidor de pressão sonora, segundo a NBR 9.999. Como resultados foram obtidos ruídos entre 91,41 a 97,32 dB(A), muito acima do máximo determinado pela NR-15, Anexo I, para trabalhos de 8 horas diárias, sendo que a maioria dos trabalhadores encontrava-se sem a devida proteção auditiva.

Mazetto (2008) avaliou os desempenhos operacionais, energéticos e ergonômicos de colhedoras de soja no sistema de plantio direto. Quando da avaliação da ergonomia, foi utilizado um medidor de pressão sonora posicionado a altura do ouvido do operador, voltado para fonte sonora, conforme descrito na Norma Regulamentadora 17. Foi concluído quanto à exposição ao ruído, que, as colhedoras cabinadas apresentam menores níveis de pressões sonoras aos operadores do que as colhedoras sem cabine.

4.3 Vibração

Segundo Kroemer e Grandjean (2005), as vibrações são oscilações da massa em função de um ponto fixo. No corpo humano, elas são produzidas por movimentos periódicos regulares ou irregulares de uma ferramenta ou veículo, ou outro mecanismo em contato com o corpo humano, que o desloca de sua posição de repouso. O som é uma vibração que afeta as células auditivas. Se o corpo humano fosse uma estrutura de massa rígida em translação, todas as partes teriam o mesmo movimento em rotação, e diferentes partes mover-se-iam em deslocamentos angulares diferentes. No entanto, o corpo não é rígido e diferentes segmentos do corpo oscilam de maneira diferente.

Segundo Vendrame (2006), um corpo está em vibração quando descreve um movimento oscilatório em torno de um ponto fixo, sendo que, o número de vezes em que o ciclo completo do movimento se repete durante o período de um segundo é chamado de frequência, e é medido em ciclos por segundo ou Hertz [Hz].

Ainda segundo Vendrame (2006), o modelo vibratório é caracterizado pelo deslocamento ao longo do tempo, com o intercâmbio de energia potencial por cinética e vice-versa, resultando em movimento oscilatório. Na indústria, a vibração é encontrada nas máquinas girantes.

Segundo Kroemer e Grandjean (2005), o entendimento dos sete fatos físicos, são importantes para se entender os efeitos da vibrações, são eles: o ponto de aplicação no corpo, sendo que são três os pontos principais de entrada das vibrações no corpo: as nádegas, os pés e os membros superiores; a direção de aplicação, sendo que para a maior parte do corpo a direção está no sentido vertical e para os membros superiores é aproximadamente perpendicular à linha que passa por eles; a frequência de oscilação, na qual a extensão dos efeitos biomecânicos e geralmente patológicos das vibrações é dependente da frequência. As frequências mais importantes são aquelas na faixa das frequências naturais do corpo humano e, assim sendo, causam ressonância. Geralmente distingue-se uma faixa baixa e uma faixa alta de frequência. As vibrações dos veículos motores pertencem à faixa baixa, e aquelas das ferramentas motorizadas pertencem à faixa alta de frequência. A aceleração das oscilações, que fixadas dentro da faixa de oscilação, são fisiologicamente importantes. A aceleração das oscilações é geralmente tomada como medida da carga vibracional. Uma relação comumente usada é a aceleração pelo efeito da gravidade ($g = 9,8m/s^2$), sendo que a sua duração influencia diretamente no seu efeito. Seus efeitos danosos aumentam rapidamente devido ao tempo transcorrido, e a sua ressonância, pois todos os sistemas mecânicos, que possuem as propriedades de massa e elasticidade são capazes de oscilar. Cada sistema possui sua própria frequência natural, com a qual vibra após estimulação. Quanto mais próxima a frequência da força excitadora chega à frequência natural do sistema excitado, maior será a amplitude das oscilações forçadas. Quando a amplitude das oscilações forçadas excede a da força excitadora, diz-se que o sistema está em ressonância podendo ser amortecida, uma vez que as oscilações de qualquer sistema estão sujeitas a amortecimento, o que reduz suas amplitudes. Por

exemplo, quando se está em pé, qualquer vibração vertical transmitida pelos pés é amortecida pelas pernas. As frequências acima de 30 Hz são particularmente bem amortecidas pelos tecidos do corpo humano.

Para Vendrame (2006), ao contrário de outros agentes, onde o trabalhador é sujeito passivo expondo-se aos riscos, no caso das vibrações ocupacionais deve haver, caracteristicamente, o contato entre o trabalhador e o equipamento ou máquina que transmita a vibração.

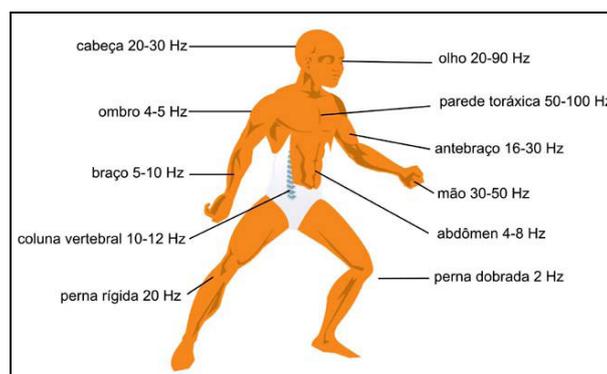
Para Kroemer e Grandjean (2005) o corpo humano reage às vibrações de maneiras diversas dependendo da região do corpo atingida. No caso de vibração no corpo inteiro, a sensibilidade às vibrações longitudinais ao longo do eixo z, da coluna vertebral, é diferente da sensibilidade transversal, nos eixos x ou y, ao longo dos membros superiores ou através do tórax. Dentro de cada direção, a sensibilidade também varia com a frequência. Isto é, para uma determinada frequência, a aceleração tolerável, geralmente medida em m/s^2 , é diferente da aceleração tolerável em outras frequências. O ser humano apresenta maior sensibilidade nas direções x e y quando em baixa frequência, de 1 a 2 Hz. A curva padrão combinada das três direções é obtida para o caso mais crítico dos eixos z, x / y, conforme norma ISO 7962 – Transmissão mecânica do corpo humano na direção “z”.

Segundo Vendrame (2006), a vibração consiste em movimento inerente aos corpos dotados de massa e elasticidade. O corpo humano possui uma vibração natural. Se uma frequência externa coincide com a frequência natural do sistema, ocorre a ressonância, que implica em amplificação do movimento. A energia vibratória é absorvida pelo corpo, como consequência da atenuação promovida pelos tecidos e órgãos. O corpo humano possui diferentes frequências de ressonância, conforme mostra a Figura 1:

Segundo ISO (1978), deve-se medir a vibração na estrutura ou no ponto que será transmitida ao corpo inteiro, conforme preconiza o item 3.5 da ISO 2631 - Guia para avaliação da exposição humana à vibrações de corpo inteiro. Em algumas condições as medições podem ser realizadas fora da estrutura. Nesse caso, a função de transferência entre os pontos deve ser determinada.

Segundo Kroemer e Grandjean (2005), as vibrações que afetam o ser

humano são de baixa frequência e grande amplitude e situam-se na faixa de 1 a 80 Hz, mais especificamente 1 a 20 Hz. Também são enquadrados como vibração no corpo inteiro os casos de enjôo que compreendem as frequências na faixa de 0,1 a 0,63 Hz. Tais vibrações são mais críticas em atividades relacionadas aos meios de transporte.



Fonte Vendrame (2006)

Figura 1 – Diferentes frequências de ressonância do corpo humano.

Ainda segundo Kroemer e Grandjean (2005), para frequências acima de 2 Hz o corpo humano não vibra como uma massa única, com uma frequência natural; ao contrário, ele reage às oscilações induzidas, como um conjunto de massas ligadas. Estudos mostram que as frequências naturais são diferentes, em diferentes partes. Sendo assim, o corpo de uma pessoa sentada reage a vibrações verticais, conforme mostra a Tabela 3:

Tabela 3 – Relação entre a frequência vibracional e os efeitos de ressonância no corpo humano

Frequência	Efeitos no corpo humano
3-4 Hz	Forte ressonância nas vértebras cervicais.
3-6 Hz	Ressonância no estômago.
4 Hz	Pico de ressonância nas vértebras lombares.
4-5 Hz	Ressonância nas mãos (difícil de efetuar os movimentos desejados).
4-6 Hz	Ressonância no coração.
5 Hz	Ressonância muito forte na cintura escapular (até o dobro de aumento de deslocamento).
5-20 Hz	Ressonância na laringe (a voz muda).
5-30 Hz	Ressonância na cabeça.
10-18 Hz	Ressonância na bexiga (urgência de urinar).
20-70 Hz	Ressonância no globo ocular (difícil de enxergar).
100-200 Hz	Ressonância no maxilar.

Fonte: Kroemer e Grandjean (2005)

Ainda segundo Kroemer e Grandjean (2005), até hoje em dia as experiências sobre vibrações foram medidas principalmente em relação ao tipo de máquina utilizada em construção, em tratores, em caminhões e em carros. Os estudos em vários veículos motores revelaram que as acelerações das oscilações verticais estão entre 0,5 e 5,0

m/s^2 , com os valores mais altos registrados nas máquinas de movimentação de terra e nos tratores. A operação de ferramentas motorizadas envolve altos níveis de vibração nas mãos e punhos. Alguns exemplos de ferramentas motorizadas são mostrados na Tabela 4:

Tabela 4 – Vibrações em ferramentas motorizadas portáteis

Tipos de ferramentas	Aceleração efetiva* em m/s^2	
	Nos dedos**	Tipos de ferramentas
Motosserra	17,5	Motosserra
Perfuratriz de solo	21,0	Perfuratriz de solo
Serra de ar comprimido	–	Serra de ar comprimido
Cultivador de duas rodas	3,0	Cultivador de duas rodas

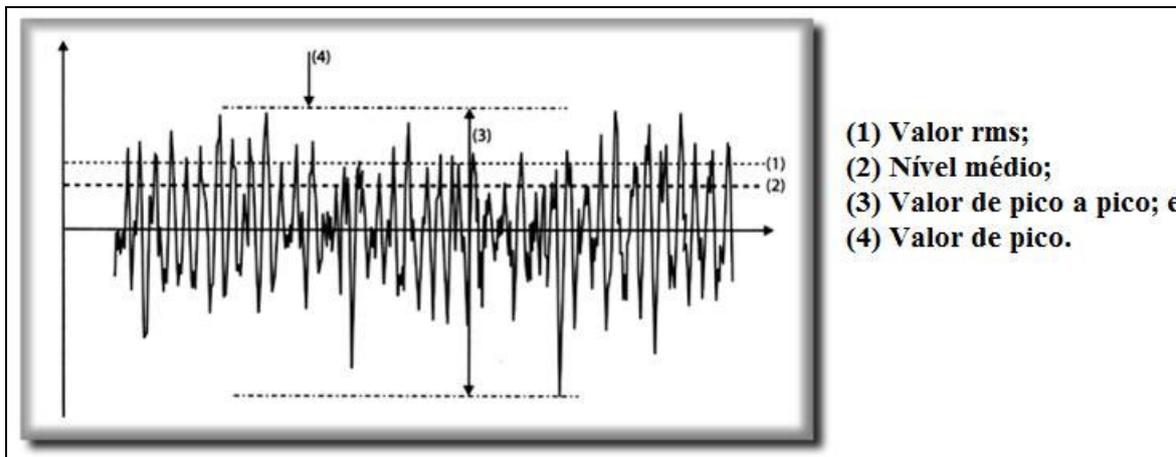
Fonte: Dupuis (1974)

*Raiz quadrada do valor médio da aceleração em várias amplitudes.

**Os valores são válidos para oscilações na direção do braço; oscilações perpendiculares são geralmente maiores.

Segundo Vendrame (2006), para se avaliar um sinal vibratório deve se conhecer algumas medidas, tais como: os valores de pico, que indicam os valores máximos, mas não trazem qualquer informação acerca da duração ou tempo de movimento. É particularmente usado na indicação de níveis de impacto de curta duração; os valores médios, que indicam apenas a média da exposição sem qualquer relação com a realidade do movimento. São usados quando se quer levar em conta um valor da quantidade física da amplitude em um determinado tempo; o valor da raiz média quadrática (rms), ou valor eficaz, que é a raiz quadrada dos valores quadrados médios dos movimentos, é a mais importante medida da amplitude porque ele mostra a média da energia contida no movimento vibratório. Portanto, mostra o potencial destrutivo da vibração; o fator de forma e o fator de crista permitem conhecer a homogeneidade do fenômeno em estudo ao longo do período. Valores de fator de forma próximos de 2 indicam fenômeno do tipo senoidal; o fator de crista e o fator de forma permitem conhecer a homogeneidade do fenômeno em estudo ao longo do período, sendo que, grandes valores para o fator de crista indicam a presença de algum pico destacado, provavelmente resultante de fenômenos repetitivos a intervalos regulares; o valor pico-a-pico indica a máxima amplitude da onda e é usado, por exemplo, onde o deslocamento vibratório da máquina é parte crítica na tensão máxima de elementos de máquina.

A Figura 2 apresenta um exemplo de gráfico da aceleração em função do tempo.



Fonte Vendrame (2006)

Figura 2 – Gráfico da aceleração em função do tempo, também apresentando o nível médio de vibração e os valores de rms, pico a pico e de pico.

Segundo Kroemer e Grandjean (2005), as vibrações afetam seriamente a percepção visual e o desempenho psicomotor e muscular, com efeito menor nos sistemas circulatórios, respiratório e nervoso. As vibrações aparentam gerar reflexos musculares que têm uma função de proteção, fazendo contrair o músculo distendido. A atividade reflexa dos músculos também explica o aumento de consumo de energia, frequência cardíaca e respiratória, geralmente observadas nas pessoas expostas a fortes vibrações. Estes efeitos vibracionais no metabolismo, circulação e respiração são pequenos e de pouca significância. No entanto, a oclusão reflexa dos músculos esfínterianos em torno dos vasos sanguíneos pode reduzir a circulação sanguínea no segmento do corpo afligido. Como exemplo, há o chamado “efeito dos dedos brancos”. De uma forma simplificada, pode-se dizer que a vibração prejudica a percepção visual, o processo mental da informação e o desempenho em testes de motricidade e de precisão.

Ainda segundo Kroemer e Grandjean (2005), o efeito adverso das vibrações sobre a visão, que geralmente se manifesta como menor acuidade visual e imagem turva e tremida do campo visual, são a da maior importância, porque afeta a eficiência dos motoristas de tratores, caminhões, máquinas de construção e outros veículos, e aumenta o risco de acidentes.

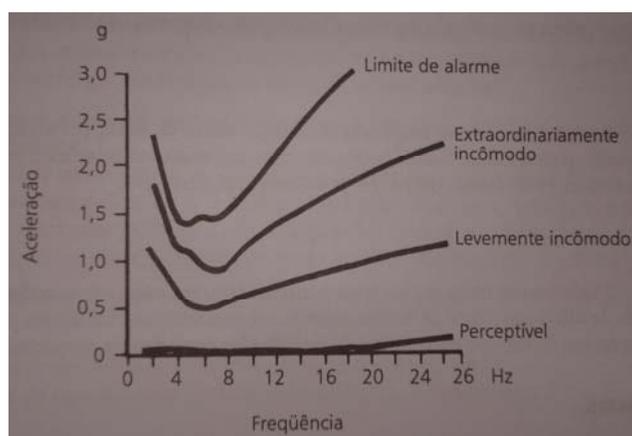
Segundo Guignard (1985), a visão não é afetada por vibrações menores que 2 Hz. As aberrações ópticas mensuráveis aparecem a partir de 4 Hz e são maiores na faixa

de 10 a 30 Hz. Com uma vibração de 50 Hz e uma aceleração oscilatória de 2 m/s^2 , a acuidade visual é reduzida à metade.

Segundo Kroemer e Grandjean (2005), são particularmente evidentes em todos os testes de direção simulados os seguintes efeitos psicofisiológicos das vibrações: na faixa de 2 a 16 Hz, especialmente por volta de 4 Hz, a eficiência na direção é prejudicada e os efeitos aumentam com o aumento da aceleração das oscilações; os erros de direção aumentam quando o assento está sujeito a acelerações na ordem de $0,5 \text{ m/s}^2$; e quando as acelerações atingem $2,5 \text{ m/s}^2$, o número de erros torna-se tão grande que tais vibrações podem ser consideradas como perigosas.

Kroemer e Grandjean (2005) concluíram que os efeitos fisiológicos das vibrações ou oscilações mecânicas podem reduzir a eficiência e, em muitas situações, podem levar ao risco de erros e acidentes.

Segundo Chaney (1964), as vibrações são subjetivamente percebidas como uma imposição e um fardo. As impressões variam entre um transtorno menor até um transtorno insuportável. A extensão do transtorno depende, a princípio, da frequência de indução, da aceleração das oscilações e da exposição. As fontes dos transtornos são os efeitos fisiológicos e as ressonâncias geradas em várias partes do corpo. A Figura 3 mostra os resultados de suas investigações em sujeitos sentados; as curvas mostram as sensações subjetivas de igual intensidade, em relação à frequência e à aceleração da oscilação.



Fonte Chaney (1964)

Figura 3 – Curvas de mesma sensação subjetiva de pessoas em teste na posição sentada, em relação à frequência e aceleração das vibrações.

Em função destes resultados, Chaney (1964) concluiu que a sensibilidade subjetiva mais intensa está na faixa de frequência entre 4 e 8 Hz; o limiar médio de intensidade “muito severa” ocorre a uma aceleração de 1 g, aproximadamente 10 m/s^2 ; e com acelerações de 1,5 g, aproximadamente 15 m/s^2 , as vibrações tornam-se perigosas e intoleráveis.

Ainda segundo Chaney (1964), testes similares com sujeitos em pé mostraram que devido ao efeito de amortecimento nas pernas, as curvas ficam em níveis mais altos para as mesmas sensações subjetivas. Portanto, o limiar de intensidade “muito severa” ocorre em torno de 0,2 a 0,3 g, mais alto do que aqueles em voluntários sentados.

Segundo Kroemer e Grandjean (2005), as queixas com relação aos efeitos no bem-estar e na saúde, além do incômodo gerado pelas vibrações, variam imensamente. Embora algumas queixas sejam dependentes da frequência, as que se apresentaram de forma mais comum foram a interferência com a respiração, especialmente sobre severas vibrações na faixa de 1 a 4 Hz; as dores no peito e abdome, reações musculares, tremor do maxilar e desconforto severo, principalmente na faixa de 4 a 10 Hz; a dor nas costas, particularmente sob frequências de 8 a 12 Hz; a tensão muscular; dores de cabeça; perturbação da visão; dor na garganta; perturbação da fala; irritação nos intestinos e bexiga, para frequências entre 10 e 20 Hz.

Além destas queixas, Kroemer e Grandjean (2005) ressaltam os enjôos ocorridos no mar e em viagens, tendo como efeito náuseas e vômitos, que ocorrem a baixas oscilações, na faixa de 0,2 a 0,7 Hz, com seu maior efeito a 0,3 Hz.

Segundo Kroemer e Grandjean (2005), a exposição de uma pessoa a vibrações no posto de trabalho pode se, repetida diariamente, levar à mudanças mórbidas nos órgãos afetados, sendo que os efeitos variam entre as partes do corpo, uma vez que algumas delas são mais susceptíveis aos efeitos vibracionais. Como exemplo, podemos citar oscilações verticais experimentadas em posição em pé ou sentado, por meio de vibrações vindas de baixo, que podem causar mudanças degenerativas na coluna, enquanto que as vibrações de ferramentas motorizadas e manipuladas repetidamente afetam principalmente as mãos e os braços.

Com relação a problemas de coluna, Kroemer e Grandjean (2005) relatam que tratoristas de vários países mostraram sofrer de um acúmulo de problemas nos discos e artrite na coluna, assim como uma incidência acima da média de problemas intestinais, na próstata e hemorróidas. O acometimento acumulativo de danos à coluna entre trabalhadores submetidos à oscilações verticais de alto nível leva à suposição de que vibrações fortes e prolongadas causam desgaste excessivo dos discos intervertebrais e juntas.

Com relação a problemas nas mãos e braços, também chamados de membros superiores, Kroemer e Grandjean (2005) relatam que trabalhadores que usam ferramentas motorizadas durante anos podem ter problemas nas mãos e braços, indicando a frequência da vibração como um fator decisivo.

Ainda sobre a artrite, Kroemer e Grandjean (2005) relatam que ferramentas com uma frequência de vibração abaixo de 40 Hz, por exemplo, um martelo pneumático pesado, pode causar sintomas degenerativos nos ossos, articulações e tendões das mãos e braços, levando à artrite do punho, cotovelo e, ocasionalmente do ombro.

Quando tratamos da questão da atrofia, Kroemer e Grandjean (2005) relatam que os efeitos nos ossos podem causá-la, que, em casos raros, podem envolver uma perda tão grande de cálcio que o risco de fratura aumenta substancialmente. Em alguns países, as possíveis consequências do uso do martelo pneumático são classificadas como doença ocupacional.

Segundo Kroemer e Grandjean (2005), os chamados “dedos brancos” são geralmente causados por ferramentas motorizadas com frequência entre 40 e 300 Hz, que geralmente têm uma amplitude de oscilação muito pequena, de 0,2 a 5 mm, e suas vibrações são rapidamente amortecidas nos tecidos, sendo que tais vibrações podem ter efeitos danosos nos vasos sanguíneos e nervos das mãos, resultando na “morte” de um ou mais dedos. Geralmente, o dedo médio é o mais acometido, tornando-se branco ou azulado, frio e sem sensação, e após algum tempo, o dedo fica rosa novamente e dolorido. A causa disso é a condição espasmódica dos vasos sanguíneos, conhecidos como doença de *Raynaud*. Os “dedos mortos” geralmente aparecem seis meses após o início do trabalho com a ferramenta vibratória, sendo o frio um fator importante para desencadear o problema. A doença de

Raynaud é mais comum nos países nórdicos do que nos de latitudes mais quentes. Portanto, pode se considerar que o frio torna os vasos sanguíneos mais sensíveis às vibrações e mais susceptíveis à constrição dos vasos.

Também são citados por Kroemer e Grandjean (2005) os distúrbios por esforços repetitivos, que desde os anos de 1930, datilógrafos, e depois operadores de teclados de perfuração de cartão e operadores de caixa, e desde os anos de 1970, operadores de computador têm se queixado de problemas nas mãos e punhos, que são similares àqueles induzidos por ferramentas vibratórias. A operação freqüente das teclas pode agir como vibrações induzidas pelas pontas dos dedos, com efeitos biomecânicos similares.

Outro efeito da vibração sobre o corpo humano é a lombalgia, que segundo Merck Sharp e Dohme (2008), é a dor que ocorre nas regiões inferiores, lombossacrais ou sacroiliacas da coluna lombar, sendo que ela pode ser acompanhada de dor que se irradia pra uma ou ambas as nádegas ou para as pernas na distribuição do nervo ciático, chamada de dor ciática.

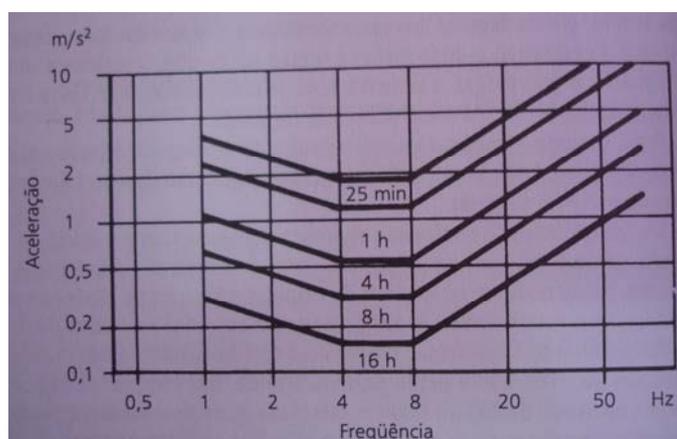
Segundo Vendrame (2006), existem vários efeitos catalogados da vibração no corpo humano, sendo que os principais e mais danosos são: perda do equilíbrio, simulando uma labirintite, além de lentidão de reflexos; manifestação de alteração no sistema cardíaco, com aumento da freqüência de batimento do coração; efeitos psicológicos, tais como a falta de concentração para o trabalho; apresentação de distúrbios visuais, como visão turva; efeitos no sistema gastrointestinal, com sintomas desde enjôo, até gastrites e ulcerações; manifestação do mal do movimento (cinetose), que ocorre no mar, em aeronaves ou veículos terrestres, com sintomas de náuseas, vômitos e mal estar geral; comprometimento, inclusive permanente, de determinados órgãos do corpo; degeneração gradativa do tecido muscular e nervoso, especialmente para os submetidos a vibrações localizadas, apresentando a patologia, popularmente conhecida como dedo branco, causando perda da capacidade manipulativa e o tato nas mãos e dedos, dificultando o controle motor.

Em vários países é dada uma especial atenção ao estabelecimento de limites para a exposição humana às vibrações, podendo se concluir que as vibrações se tornam intoleráveis nas seguintes circunstâncias: abaixo de 2 Hz, a acelerações de 3 a 4 g; entre 4 e 14

Hz, a acelerações de 1,2 a 3,2 g; e acima de 14 Hz, a acelerações de 5 a 9 g (Kroemer e Grandjean, 2005).

Segundo ISO (1978, 1987), as normas ISO 2631 e 7962 tentam prover alguma informação normalizada. Suas recomendações para a avaliação das oscilações verticais são mostradas na Figura 4.

Ainda segundo ISO (1978, 1987) há três critérios distintos que correspondem a três níveis de valores limites, sendo eles: o critério de conforto ou limite de conforto reduzido e este se aplicam principalmente a veículos e à indústria automobilística; o critério da manutenção da eficiência ou limite da fadiga-redução da potência, no qual um fator decisivo neste critério é a eficiência no trabalho, sua proficiência. Aplica-se a tratores, maquinário da construção e veículos pesados. Estes limites podem ser vistos na Figura 4; o critério da segurança ou limite de exposição, que tem como critério a proteção contra danos à saúde.



Fonte: ISSO 2631 (1974)

Figura 4 – Limitações baseadas em proficiência para oscilações verticais. “Limite de fadiga-redução da proficiência” para tempos de exposição de 25 minutos a 16 horas. Para cálculos dos valores de “segurança” e “conforto”, em escala exponencial.

Segundo Vendrame (2006), uma síntese de seus aspectos gerais da ISO 2631 de 1997 é: ausência de limites de exposição à vibração; fornecimento de guias para a verificação de possíveis efeitos da vibração na saúde (Anexo B, mostrado na Figura 5), conforto e percepção; estabelecimento de que a vibração será medida de acordo com um sistema de coordenadas que se origina no ponto onde a vibração se incorpora ao corpo

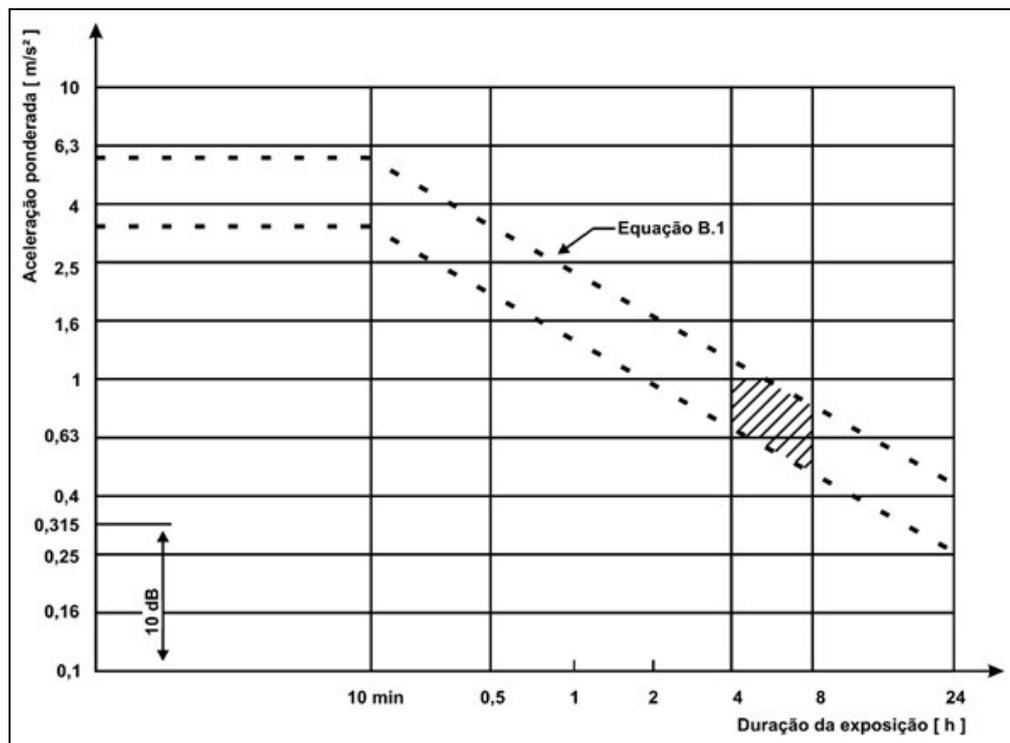
humano; determinação que os transdutores serão posicionados na interface entre o corpo humano e a fonte de vibração; que o método básico utilizado é o da aceleração ponderada, que é expressa em m/s^2 ; que o valor total da aceleração ponderada da vibração nas coordenadas ortogonais é calculado pela fórmula:

$$a_v = \sqrt{k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2} \quad (8)$$

Onde: a_{wx} , a_{wy} , a_{wz} são as acelerações ponderadas dos respectivos eixos ortogonais x, y e z, respectivamente. k_x , k_y , k_z são fatores multiplicadores (k_x e $k_y = 1,4$ e $k_z = 1,0$).

Assim, a aceleração combinada dos três eixos é dada por:

$$a = \sqrt{1,4a_x^2 + 1,4a_y^2 + a_z^2} \quad (9)$$



Fonte ISO 2631 de 1997, Anexo B

Figura 5 - Anexo B da ISO 2631/97 – guia à saúde – zonas de precaução.

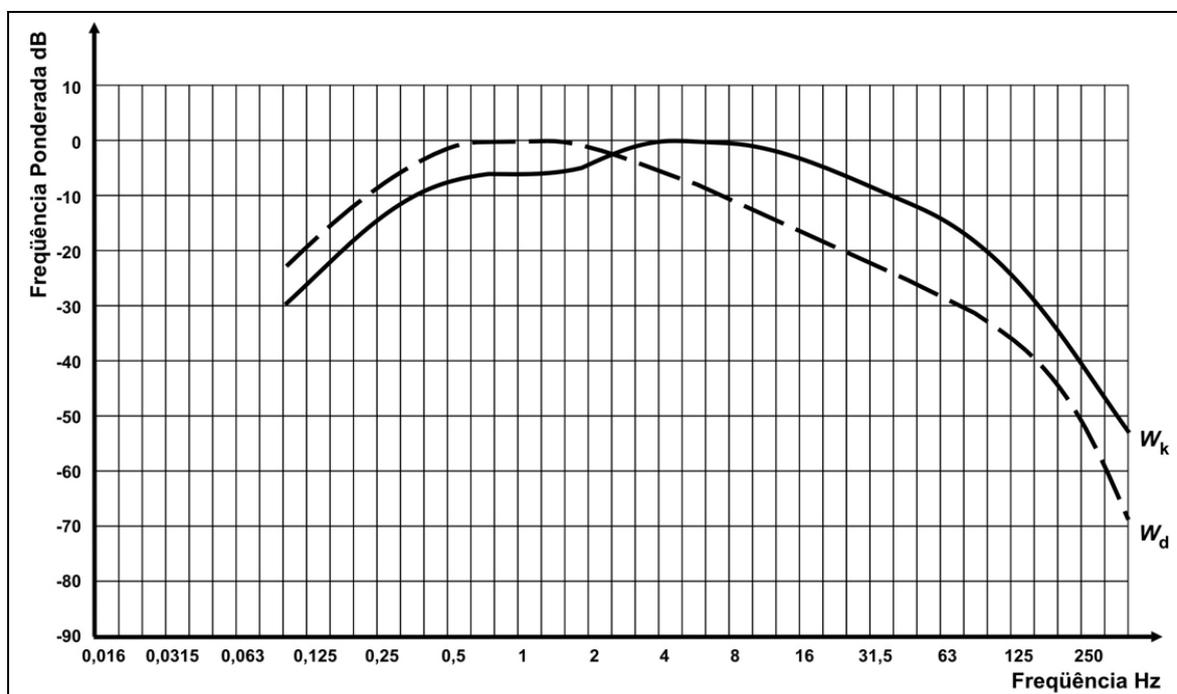
Ainda segundo Vendrame (2006), a maneira pela qual as vibrações afetam a saúde, conforto, percepção e enjôo depende da frequência. Há diferentes frequências

para diferentes eixos. As curvas de frequência utilizadas são: W_k para o eixo z; e W_d para os eixos x e y, conforme mostra a Figura 6.

Segundo Vendrane (2006), a metodologia especificada na norma ISO 5349 enumera os fatores que influenciam nos efeitos da exposição às vibrações transmitidas aos membros superiores. São eles: o espectro da frequência da vibração; a magnitude da vibração; a duração da exposição no período de trabalho; a exposição acumulada até a data.

Ainda segundo Vendrane (2006), a vibração nas três direções deve ser medida, preferencialmente, de forma simultânea. A medição será realizada na superfície vibrante, tão perto quanto possível do centro da zona vibratória da máquina, ferramenta ou peça de trabalho. Como na avaliação da exposição à vibração para corpo inteiro, a avaliação para os membros superiores é baseada na quantidade combinada dos três eixos. Isto é, o valor total da vibração, a_{hw} , é definido pela raiz média quadrática dos três valores componentes, conforme mostra a equação 10:

$$a_{hw} = \sqrt{a_{wx}^2 + a_{wy}^2 + a_{wz}^2} \quad (10)$$



Fonte Vendrane (2006)

Figura 6 – Curva da frequência ponderada (dB) pela frequência (Hz), para os eixos x, y, e z.

Iniciando-se como critério a “eficiência”, para a Figura 4, os outros dois

critérios podem ser derivados da seguinte maneira: o critério do conforto pode ser derivado dividindo-se a aceleração por 3,15; o critério da segurança pode ser derivado multiplicando-se a aceleração por 2 (Kroemer e Grandjean, 2005).

Segundo ISO (2005), a ISO 8041 estabeleceu curvas de ponderação para diferentes partes do corpo humano, as quais devem ser consideradas na avaliação ocupacional, pois cada segmento do corpo humano vibra em frequência característica.

Segundo Vendrame (2008), uma séria controvérsia ocorre na legislação brasileira, através do Anexo 8, da NR-15, que remete aos limites das normas ISO 5349-1, ISO 5349-2 e ISO 2631. No entanto as ISO 5349-1 e ISO 5349-2 apresentam tão somente um diagrama dose-resposta, deixando que cada país estabeleça seus próprios limites. Portanto, a questão de se estabelecer limites de tolerância. Para a vibração ocupacional, é incerta. A diretiva 2002/44/EC da comunidade européia estipula níveis de ação e limites de exposição para vibrações de corpo inteiro e membros superiores, segundo a Tabela 5:

Tabela 5 – Níveis de ação e limites de exposição para vibrações de corpo inteiro e membros superiores

	Nível de ação	Limite de exposição
Membros superiores	2,5 m/s ²	5,0 m/s ²
Corpo inteiro	0,5 m/s ²	1,15m/s ²

Fonte: Diretiva 2002/44/EC.

Segundo Kroemer e Grandjean (2005), para os veículos, do ponto de vista da ergonomia, os tratores, veículos pesados e maquinário de construção, com frequências geralmente entre 2 e 5 Hz e operando oito horas por dia, exige-se um limite de aceleração oscilatória de 0,3 a 0,45 m/s². Estes limites são geralmente excedidos, mas tecnicamente podem ser alcançados pela conjugação do uso de uma melhor suspensão do eixo dos veículos e de melhores assentos para o trabalhador.

Com relação a ferramentas manuais, Kroemer e Grandjean (2005) consideram que o mesmo, em princípio, se aplica a elas. Ainda sim, elementos de amortecimento na própria ferramenta, e mais ainda entre a ferramenta e a empunhadura, podem reduzir consideravelmente a vibração. A empunhadura em si pode ser amortecida usando-se material flexível. Além disso, mais melhorias podem ser obtidas pelo uso de luvas grossas e evitando-se o trabalho em condições de muito frio.

Para Kroemer e Grandjean (2005), a eliminação da vibração pode ocorrer com a utilização de sensores de alta velocidade, computadores e vibradores, para vibrações de alta frequência já as de baixa amplitude podem ser eliminadas pela compensação imediata por uma vibração exatamente oposta, de forma similar ao chamado cancelamento ativo do ruído. Isto apaga virtualmente os efeitos da vibração original.

Fernandes et al. (2003), estudaram a vibração em tratores agrícolas, caracterizando-os por faixas de frequência no assento do operador. Os objetivos desse trabalho foram: caracterizar a faixa de frequência que apresenta os maiores picos de vibração vertical no assento do operador do trator e analisar o conforto do operador, comparando os níveis de vibração obtidos com as principais normas vigentes. Para os ensaios foi utilizado um trator de 75 cv e uma grade destorroadora-niveladora de 28 discos. O estudo concluiu que a faixa de frequência que apresentou maiores picos de vibração vertical foi entre 2 e 4 Hz e os valores de aceleração ponderada global, na faixa de $1,727 \text{ m/s}^2$ a $2,638 \text{ m/s}^2$, valores estes bem acima dos limites definidos pela norma ISO 2631, para uma jornada de trabalho de 8 horas diárias.

Santos Filho et al. (2003) estudaram os níveis de vibração vertical no assento de um trator agrícola e na base do assento, executando a operação de gradagem para diferentes velocidades de trabalho, identificando a faixa de frequência que apresenta maiores picos de vibração vertical no assento do operador, analisando o conforto do operador, comparando os níveis obtidos de vibração com as principais normas vigentes. Suas principais conclusões foram: os níveis de aceleração encontrados na parte superior do assento foram considerados inferiores aos níveis da base para as três velocidades analisadas, sendo que a marcha mais alta foi a que apresentou maiores níveis de vibração; a faixa de frequência com maiores picos de vibração vertical foi entre 2 e 4 Hz; os valores de aceleração ponderada global encontraram-se bem acima dos limites definidos pela norma ISO 2631, para 8 horas de trabalho diária; e com o aumento da velocidade do sistema trator implemento houve o aumento dos níveis de vibração.

Segundo Debiasi et al. (2004) a utilização de tratores com boas condições ergonômicas reduz a probabilidade de ocorrência de acidentes e doenças ocupacionais, aumentando a eficiência dos trabalhadores. Os estudos realizados tiveram o objetivo de verificar a presença de itens relacionados à ergonomia, tais como, proteção ao

operador (com ou sem presença de cabine); existência de isolamento térmico do motor e da transmissão; o posicionamento das alavancas em relação aos braços do operador; condições de conforto do assento, como sistema de regulagem e presença de estofamento. Também foi feita a comparação desses itens com o tempo de uso. Foi analisado um total de 175 tratores agrícolas. Do total, apenas 3% possuíam cabine e a maior parte dos tratores não apresentou isolamento para o calor gerado pelo conjunto motor/ transmissão. Com relação à ergonomia dos comandos, mais de 70% dos tratores possuíam alavanca de câmbio central, enquanto que apenas 8% eram equipados com volante de direção reguláveis. Da mesma forma, mais de 20% dos tratores analisados não possuíam estofamento nos bancos. A presença dos itens avaliados foi menor nos tratores mais antigos.

Fontana et al. (2004) avaliaram as características ergonômicas no posto de trabalho de quatro colhedoras combinadas. As colhedoras analisadas foram: New Holland TC 57; New Holland 8040, SLC 6200; e Massey Ferguson 3640. A avaliação ergonômica foi feita com base em um questionário respondido pelos operadores sobre os acessos à colhedora, ao acelerador manual, à alavanca da plataforma, à alavanca do descarregador, à alavanca do câmbio, à embreagem, aos pedais de freio, ao volante, ao conforto do assento e à visibilidade dos instrumentos. Os autores concluíram que as colhedoras New Holland TC 57 e 8040 apresentaram o maior número de comandos dentro da área ótima, e máximo acesso no plano x-y com relação ao plano x-z. A colhedora New Holland 8040 apresentou maior porcentagem de comandos na região de ótimo e máximo acesso. Na avaliação espacial, a colhedora New Holland TC 57 apresentou o maior número de comandos dentro da área de ótimo e máximo acesso, sendo também a melhor avaliada pelos operadores.

5 MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu.

Os ensaios foram realizados em três pistas: asfalto; concreto; e solo firme. As pistas de asfalto e concreto têm 100 metros de comprimento e 4 metros de largura, e a de solo firme possui 385 metros de comprimento e 20 metros de largura. A declividade das pistas é de 0,3% no sentido do comprimento e aproximadamente niveladas na largura.

As coordenadas geográficas da área experimental, onde estão as pistas, são: 22°51'S e 48°25'W e a altitude do local é de 770 metros.

O solo da área experimental, classificado de acordo com a EMBRAPA (1999), como Latossolo Vermelho com relevo plano e textura argilosa.

As pistas utilizadas são ilustradas pela Figura 7.



Figura 7 – Pistas de concreto, asfalto e solo firme, respectivamente.

Segundo as normas NBR 1.585 e a ISO TR 14.396 2002, o trator New Holland TL 75E sem cabine possui, respectivamente, a seguinte potência: 55,2 kW (75 cv). A transmissão mecânica possui 12 marchas sincronizadas à frente e 4 à ré, em 3 gamas de velocidades. A Figura 8 apresenta o trator TL 75E durante os ensaios. Pneus dianteiros Pirelli TM 95 14.9-24 e traseiros Firestone Super All Traction 23 18.4-34.



Figura 8 – Trator New Holland TL 75E.

Segundo a norma ISO TR 14.396 de 2002, o trator New Holland TS 110 cabinado possui potência de 80,9 kW (110 cv), a transmissão mecânica possui 12 marchas sincronizadas à frente e 4 à ré, em 3 gamas de velocidades. A Figura 9 apresenta o trator TS 110 durante os ensaios. Pneus dianteiros Pirelli TM 95 14.9-28 e traseiros Goodyear Dyna Torque III 23.1-30.



Figura 9 – Trator New Holland TS 110.

O medidor de nível de pressão sonora utilizado foi o modelo DL 4200 (Figura 10), fabricado pela ICEL. Suas principais características são: sistema de aquisição de

dados para registro e análise dos dados coletados; painel indicador de cristal líquido de 4 dígitos; microfone de eletreto condensado tipo II IEC 651; com precisão de $\pm 1,5\text{dB}$; com escala de leitura de 30 a 130dB; frequências de ponderação: A e C, com resposta rápida e lenta; e memória para as leituras máximas, mínimas e pico.



Figura 10 – Medidor de pressão sonora DL 4200 da ICEL

O certificado de calibração do medidor de pressão sonora é apresentado nas Figuras 153, 164e 165, no Anexo III.

O calibrador acústico utilizado foi o CAL-1000, da Instrutherm, construído conforme a norma ANSI S1.40-1984 e IEC 942 1988 classe 2. Possui nível de calibração de 94 e 114 dB. Ajuste para o diâmetro do microfone de 1", 1/2" e 1/4". A entrada de frequência é de 1000Hz +/- 0,5. A Figura 11 apresenta o calibrador acústico.



Figura 11 – Calibrador acústico Instrutherm CAL-1000.

O certificado de calibração do calibrador acústico é apresentado nas

Figuras 166 e 167, no Anexo III.

O acelerômetro, também conhecido como medidor de vibração, possui 4 canais, sendo 3 para as medições de vibração nos três eixos cartesianos (x, y, z), e 1 para a medição da pressão sonora. Ele é fabricado pela 01dB, e seu modelo é o Maestro. A Figura 12 apresenta uma ilustração do equipamento.



Figura 12 – Medidor de vibração Maestro da 01dB.

Para a aquisição da vibração sofrida pelos membros superiores (hand-arm) é medida a aceleração tri-axial transmitida aos membros. Assim, o acelerômetro tri-axial é conectado à mão ou ao pulso do operador, por meio de uma peça mecânica. No caso aqui analisado, o instrumento foi conectado no pulso do operador, conforme mostra a Figura 13. O dispositivo armazenador de dados calcula e apresenta os seguintes valores: aceleração RMS (aceleração x tempo ou aceleração eficaz) e pico filtrado em uma banda passante de 6,3-1250 Hz; ponderação RMS e aceleração multiaxial.

O sistema de medição para corpo inteiro (whole body) é conectado ao assento com o acelerômetro tri-axial (disco flexível, com um acelerômetro central) para mensurar a vibração aplicada a todo o corpo humano, de acordo com os três eixos (Figura 14). Tem-se como resposta às medições a aceleração ponderada RMS e pico, e a aceleração multiaxial calculada de acordo com dois métodos, que são: quadrado da soma das acelerações ou aceleração máxima. O ANEXO II apresenta as especificações do Maestro da 01dB.

Os certificados de calibração dos acelerômetros são apresentados nas Figuras 168 e 169, no Anexo III.



Figura 13 – Posicionamento do acelerômetro no membro superior do operador do trator.



Figura 14 – Exemplo de fixação do acelerômetro, para a medição em corpo inteiro.

Para a realização da medição de vibração são obedecidos os seguintes passos:

Para a medição da vibração no corpo inteiro, de acordo com a norma ISO 2631 de 1978, foi feita a fixação do disco contendo o acelerômetro tri axial no assento do operador do trator. As coordenadas cartesianas obedecidas foram: eixo x – frente/trás; eixo y – direita/esquerda; eixo z – para cima/para baixo. A fim de que o disco não se mova durante o ensaio, ele foi fixado por meio de fita adesiva ao assento, como mostra a Figura 13. Em seguida, fez-se o ajuste no aparelho coletor dos dados dos parâmetros referentes à vibração no corpo todo, a medição nos três eixos cartesianos, e o intervalo de aquisição dos dados. O acionamento da aquisição dos dados foi feito momentos antes dos inícios dos ensaios, sendo que ele foi desligado logo após o ensaio ser concluído.

A medição da vibração nos membros superiores, de acordo com a norma ISO 5349 de 2001 foi feita por meio da fixação, por meio de presilhas, do suporte no punho do operador contendo o acelerômetro tri axial, com as coordenadas cartesianas pré-definidas como sendo: eixo x – direção dos dedos/braço; eixo y – direção lateral da mão; eixo z – direção da palma/dorso da mão. Em seguida fez-se o ajuste no aparelho dos dados dos parâmetros referentes à vibração nas mãos e/ou braços, a medição nos três eixos cartesianos, e o intervalo de aquisição dos dados. O acionamento da aquisição dos dados foi feito momentos antes dos inícios dos ensaios, sendo que ele foi desligado logo após o ensaio ser concluído.

Os ensaios foram feitos em pistas de asfalto, concreto e solo firme. Optou-se em fazer apenas uma passagem por pista, para cada grupo de variáveis ensaiadas, uma vez que cada ensaio tinha prevista uma duração entre 40 e 60 segundos, e a cada 6 segundos, a uma rotação de 2.000 rpm, o ciclo de vibração repete-se 100 vezes. Portanto, cada uma delas tiveram aproximadamente na faixa de 667 a 1.000 repetições.

Os tratores New Holland TL 75E e TS 110, no período dos ensaios apresentavam aproximadamente 50 horas de uso.

Durante os ensaios, a rotação nominal do motor utilizada foi única e de valor igual a 2.000 rpm.

Os tratores ensaiados não possuíam nenhum lastro de metálico extra, conforme a norma ISO 5008 de 2002. Os pneus possuíam 25 % de água e a pressões de inflação utilizadas foram: 103,4; 137,9; 172,4 e 206,8 kPa.

As velocidades médias ensaiadas em ambos os tratores foram: 1,0; 1,4 e 1,9 m/s

As medições de vibração foram feitas nas seguintes posições: corpo inteiro e membros superiores.

A medição do ruído apresentado nos tratores durante os ensaios foram feitas na altura do ouvido do operador, na direção da fonte sonora de maior intensidade, sendo medido em relação ao tempo e então calculado o seu nível equivalente.

A aquisição dos valores de aceleração nos 3 eixos (x-y-z) foram

ajustadas para serem realizadas a cada 1 segundo em todos os ensaio.

O programa de análise dos dados da empresa 01dB apresenta os seguintes dados: um gráfico do histórico no tempo em função da aceleração. Este gráfico é dividido na aceleração nos 3 eixos cartesianos, o valor da aceleração global, cuja sigla é (A(8)), o tempo transcorrido, a partir do qual começa a se a ter necessidade de se implementar medidas para se prevenir problema advindos da vibração (nível de alerta), o tempo transcorrido, a partir do qual começa a se ter problemas com relação à saúde (nível limite), a aceleração global (av), a percepção de conforto, segundo as normas ISO 2631 de 1978 e ISO 7962 de 1987.

O delineamento experimental utilizado, para a vibração ocupacional, foi a comparação entre as 5 variáveis estudadas: trator; posição de entrada da vibração no corpo humano; pista utilizadas; pressão de inflação dos pneus; velocidade média. Para o ruído o delineamento experimental utilizado foi a comparação entre 4 variáveis estudadas, foram elas: trator; pista utilizadas; pressão de inflação dos pneus; velocidade média.

As subdivisões das 5 variáveis são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Subdivisões dos tratamentos do delineamento experimental

Tratamentos	Subdivisões das Variáveis
Trator (potência)	New Holland TL 75E (55,2 kW)
	New Holland TS 110 (80,9 kW)
Posição de entrada da vibração no corpo humano	Corpo inteiro
	Membros superiores
Pistas utilizadas	Asfalto
	Concreto
	Solo firme
	103,4 kPa
Pressão de inflação dos pneus	137,9 kPa
	172,4 kPa
	206,8 kPa
	1,0 m/s
Velocidade média	1,4 m/s
	1,9 m/s

Foram analisados os conjuntos de variáveis em relação às vibrações que permitem o trabalho por 8 horas diárias, o nível de alerta para as vibrações nos membros superiores e no corpo inteiro, o conforto e o ruído.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 7 apresenta os resultados para cada trator analisado em função das variáveis apresentadas: níveis de pressão sonora; máximas acelerações combinadas para 8 horas diárias de trabalho (A(8)); tempos máximos de exposição para os níveis de alerta e limite; aceleração combinada (av) para o nível de conforto; e nível de percepção para uma rotação constante do motor de 2.000 rpm.

Tabela 7 – Nível de pressão sonora, máxima aceleração para 8 horas de trabalho, tempos máximos de exposição para os níveis de alerta e máxima exposição, nível de conforto e percepção do corpo, para as variáveis: potência do trator, posição de entrada da aceleração no corpo, tipo de pista, pressão de inflação dos pneus e velocidades médias de deslocamento

Tratamento	Trator (potência) [kW]	Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Nível de Pressão sonora [dB(A)]	Máxima Aceleração [m/s ²] para 8 horas de trabalho	Tempo máximo de exposição até atingir o nível de alerta [horas]	Tempo máximo de exposição até atingir o nível limite [horas]	Nível de conforto [m/s ²]	Nível de percepção de conforto
1	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,0	88,94	0,86	02:42:08	14:22:06	0,96	Desconfortável
2	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,4	89,06	1,07	01:44:56	09:15:09	1,31	Muito desconfortável
3	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,9	88,97	1,45	00:56:52	00:05:52	1,73	Muito desconfortável
4	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,0	89,09	1,09	01:40:39	08:52:31	1,16	Desconfortável
5	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,4	89,09	1,24	01:17:28	06:49:52	1,51	Muito desconfortável
6	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,9	89,50	1,66	00:43:42	03:52:14	2,16	Extremamente desconfortável
7	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	172,4	1,0	89,36	0,89	02:31:29	13:21:22	1,01	Desconfortável

continua...

Tabela 7 – Continuação

Tratamento	Trator (potência) [kW]	Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Nível de Pressão sonora [dB(A)]	Máxima Aceleração [m/s ²] para 8 horas de trabalho	Tempo máximo de exposição até atingir o nível de alerta [horas]	Tempo máximo de exposição até atingir o nível limite [horas]	Nível de conforto [m/s ²]	Nível de percepção de conforto
8	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	172,4	1,4	89,08	1,35	01:06:15	05:50:31	1,59	Muito desconfortável
9	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	172,4	1,9	88,91	1,78	00:37:56	03:20:44	2,31	Extremamente desconfortável
10	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,0	88,95	0,77	03:21:35	17:46:25	0,86	Desconfortável
11	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,4	88,84	1,18	01:26:28	07:35:28	1,51	Muito desconfortável
12	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,9	88,81	1,73	00:39:54	03:31:07	2,16	Extremamente desconfortável
13	55,2	Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,0	89,06	1,26	01:15:51	06:41:19	1,38	Muito desconfortável
14	55,2	Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,4	89,50	1,55	00:49:46	04:23:17	2,10	Extremamente desconfortável
15	55,2	Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,9	89,11	2,04	00:28:47	02:32:19	2,66	Extremamente desconfortável
16	55,2	Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,0	89,29	1,30	01:10:54	06:15:08	1,55	Muito desconfortável
17	55,2	Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,4	88,98	1,77	00:38:21	03:22:57	2,23	Extremamente desconfortável
18	55,2	Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,9	89,02	2,09	00:27:29	02:25:26	2,76	Extremamente desconfortável
19	55,2	Corpo inteiro	Concreto	172,4	1,0	89,17	1,49	00:53:50	04:44:48	1,65	Muito desconfortável
20	55,2	Corpo inteiro	Concreto	172,4	1,4	89,10	1,99	00:30:25	02:40:58	2,25	Extremamente desconfortável
21	55,2	Corpo inteiro	Concreto	172,4	1,9	89,42	2,05	00:28:32	02:30:59	2,71	Extremamente desconfortável
22	55,2	Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,0	89,51	1,40	01:01:39	05:26:09	1,56	Muito desconfortável
23	55,2	Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,4	89,05	1,80	00:36:54	03:15:16	2,38	Extremamente desconfortável
24	55,2	Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,9	89,20	2,12	00:26:41	02:21:11	2,78	Extremamente desconfortável
25	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,0	89,57	0,79	03:10:25	16:47:20	1,06	Desconfortável
26	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,4	89,60	0,99	02:01:39	10:43:32	1,24	Desconfortável
27	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,9	88,93	1,48	00:55:07	04:51:37	1,92	Muito desconfortável
28	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,0	88,97	1,16	01:28:38	07:48:54	1,16	Desconfortável
29	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,4	88,96	0,93	02:20:06	12:21:09	1,27	Muito desconfortável
30	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,9	88,95	1,75	00:39:24	03:28:25	2,27	Extremamente desconfortável

continua...

Tabela 7 – Continuação

Tratamento	Trator (potência) [kW]	Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Nível de Pressão sonora [dB(A)]	Máxima Aceleração [m/s ²] para 8 horas de trabalho	Tempo máximo de exposição até atingir o nível de alerta [horas]	Tempo máximo de exposição até atingir o nível limite [horas]	Nível de conforto [m/s ²]	Nível de percepção de conforto
31	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	172,4	1,0	89,59	0,64	04:49:34	25:31:52	0,87	Desconfortável
32	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	172,4	1,4	89,44	0,79	03:12:48	16:59:56	1,07	Desconfortável
33	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	172,4	1,9	89,46	1,78	00:37:40	03:19:19	2,15	Extremamente desconfortável
34	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,0	89,20	0,75	03:35:08	18:58:03	1,01	Desconfortável
35	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,4	88,99	0,94	02:15:26	11:56:29	1,19	Desconfortável
36	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,9	88,96	1,21	01:21:41	07:12:09	1,52	Muito desconfortável
37	55,2	Membro superior	Asfalto	103,4	1,0	88,88	8,86	00:38:00	02:33:00	-	-
38	55,2	Membro superior	Asfalto	103,4	1,4	88,92	11,88	00:21:00	01:25:00	-	-
39	55,2	Membro superior	Asfalto	103,4	1,9	88,85	12,57	00:19:00	01:16:00	-	-
40	55,2	Membro superior	Asfalto	137,9	1,0	89,06	10,02	00:30:00	01:59:00	-	-
41	55,2	Membro superior	Asfalto	137,9	1,4	88,89	14,37	00:15:00	00:58:00	-	-
42	55,2	Membro superior	Asfalto	137,9	1,9	88,85	19,38	00:08:00	00:32:00	-	-
43	55,2	Membro superior	Asfalto	172,4	1,0	88,93	8,40	00:42:00	02:50:00	-	-
44	55,2	Membro superior	Asfalto	172,4	1,4	88,95	20,79	00:07:00	00:28:00	-	-
45	55,2	Membro superior	Asfalto	172,4	1,9	88,88	21,85	00:06:00	00:25:00	-	-
46	55,2	Membro superior	Asfalto	206,8	1,0	88,91	10,33	00:28:00	01:52:00	-	-
47	55,2	Membro superior	Asfalto	206,8	1,4	88,90	19,25	00:08:00	00:32:00	-	-
48	55,2	Membro superior	Asfalto	206,8	1,9	88,92	14,94	00:13:00	00:54:00	-	-
49	55,2	Membro superior	Concreto	103,4	1,0	88,95	8,84	00:38:00	02:33:00	-	-
50	55,2	Membro superior	Concreto	103,4	1,4	88,98	12,00	00:21:00	01:23:00	-	-
51	55,2	Membro superior	Concreto	103,4	1,9	88,92	12,59	00:19:00	01:16:00	-	-
52	55,2	Membro superior	Concreto	137,9	1,0	88,97	9,29	00:35:00	02:19:00	-	-
53	55,2	Membro superior	Concreto	137,9	1,4	88,84	16,25	00:11:00	00:45:00	-	-

continua...

Tabela 7 - Continuação

Tratamento	Trator (potência) [kW]	Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Nível de Pressão sonora [dB(A)]	Máxima Aceleração [m/s ²] para 8 horas de trabalho	Tempo máximo de exposição até atingir o nível de alerta [horas]	Tempo máximo de exposição até atingir o nível limite [horas]	Nível de conforto [m/s ²]	Nível de percepção de conforto
54	55,2	Membro superior	Concreto	137,9	1,9	88,95	16,67	00:11:00	00:43:00	-	-
55	55,2	Membro superior	Concreto	172,4	1,0	88,99	7,85	00:49:00	03:15:00	-	-
56	55,2	Membro superior	Concreto	172,4	1,4	89,02	12,97	00:18:00	01:11:00	-	-
57	55,2	Membro superior	Concreto	172,4	1,9	89,6	17,13	00:10:00	00:41:00	-	-
58	55,2	Membro superior	Concreto	206,8	1,0	89,78	8,70	00:40:00	02:39:00	-	-
59	55,2	Membro superior	Concreto	206,8	1,4	88,94	12,46	00:19:00	01:17:00	-	-
60	55,2	Membro superior	Concreto	206,8	1,9	88,94	16,60	00:11:00	00:44:00	-	-
61	55,2	Membro superior	Solo Firme	103,4	1,0	89,08	8,35	00:43:00	02:52:00	-	-
62	55,2	Membro superior	Solo Firme	103,4	1,4	88,98	11,89	00:21:00	01:25:00	-	-
63	55,2	Membro superior	Solo Firme	103,4	1,9	89,13	10,77	00:26:00	01:44:00	-	-
64	55,2	Membro superior	Solo Firme	137,9	1,0	89,49	10,82	00:26:00	01:43:00	-	-
65	55,2	Membro superior	Solo Firme	137,9	1,4	89,04	10,90	00:25:00	01:41:00	-	-
66	55,2	Membro superior	Solo Firme	137,9	1,9	89,07	16,35	00:11:00	00:45:00	-	-
67	55,2	Membro superior	Solo Firme	172,4	1,0	89,47	7,91	00:48:00	03:12:00	-	-
68	55,2	Membro superior	Solo Firme	172,4	1,4	89,34	14,19	00:15:00	01:00:00	-	-
69	55,2	Membro superior	Solo Firme	172,4	1,9	89,01	17,16	00:10:00	00:41:00	-	-
70	55,2	Membro superior	Solo Firme	206,8	1,0	89,40	6,24	01:17:00	05:08:00	-	-
71	55,2	Membro superior	Solo Firme	206,8	1,4	88,92	13,68	00:16:00	01:04:00	-	-
72	55,2	Membro superior	Solo Firme	206,8	1,9	88,91	15,21	00:13:00	00:52:00	-	-
73	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,0	80,30	1,94	00:32:02	02:49:29	2,05	Extremamente desconfortável
74	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,4	80,26	1,66	00:43:35	03:50:33	2,07	Extremamente desconfortável
75	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,9	80,41	1,86	00:34:52	03:04:28	2,13	Extremamente desconfortável
76	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,0	80,13	1,71	00:41:09	03:37:43	2,08	Extremamente desconfortável
77	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,4	79,81	1,54	00:50:38	04:27:55	2,04	Extremamente desconfortável

continua...

Tabela 7 - Continuação

Tratamento	Trator (potência) [kW]	Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Nível de Pressão sonora [dB(A)]	Máxima Aceleração [m/s ²] para 8 horas de trabalho	Tempo máximo de exposição até atingir o nível de alerta [horas]	Tempo máximo de exposição até atingir o nível limite [horas]	Nível de conforto [m/s ²]	Nível de percepção de conforto
78	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,9	79,58	2,54	00:18:36	01:38:24	3,06	Extremamente desconfortável
79	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	172,4	1,0	79,68	*	*	*	*	*
80	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	172,4	1,4	80,16	*	*	*	*	*
81	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	172,4	1,9	81,43	*	*	*	*	*
82	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,0	80,91	0,66	04:32:17	23:59:22	0,89	Desconfortável
83	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,4	81,04	0,83	02:52:09	15:10:42	1,02	Desconfortável
84	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,9	81,05	1,35	01:05:23	05:45:53	1,53	Muito desconfortável
85	80,9	Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,0	79,94	2,02	00:29:26	02:35:43	2,56	Extremamente desconfortável
86	80,9	Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,4	79,46	2,00	00:29:56	02:38:24	2,63	Extremamente desconfortável
87	80,9	Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,9	80,11	2,19	00:25:03	02:12:33	2,99	Extremamente desconfortável
88	80,9	Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,0	79,73	1,78	00:37:41	03:19:20	2,27	Extremamente desconfortável
89	80,9	Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,4	80,70	2,09	00:27:23	02:24:52	2,65	Extremamente desconfortável
90	80,9	Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,9	80,26	3,18	00:11:52	01:02:49	3,73	Extremamente desconfortável
91	80,9	Corpo inteiro	Concreto	172,4	1,0	79,77	*	*	*	*	*
92	80,9	Corpo inteiro	Concreto	172,4	1,4	79,78	*	*	*	*	*
93	80,9	Corpo inteiro	Concreto	172,4	1,9	79,62	*	*	*	*	*
94	80,9	Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,0	79,43	0,91	02:25:14	12:48:19	1,19	Desconfortável
95	80,9	Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,4	80,01	1,14	01:32:23	08:08:43	1,39	Muito desconfortável
96	80,9	Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,9	79,76	1,67	00:42:46	03:46:16	1,88	Muito desconfortável
97	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,0	79,41	1,56	00:49:10	04:20:08	2,06	Extremamente desconfortável
98	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,4	79,36	1,75	00:39:23	03:28:20	1,99	Muito desconfortável
99	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,9	81,29	1,52	00:51:55	04:34:38	2,00	Extremamente desconfortável
100	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,0	80,85	1,58	00:48:22	04:15:52	2,00	Muito desconfortável
101	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,4	80,6	1,88	00:34:04	03:00:14	2,12	Extremamente desconfortável

continua...

Tabela 7 - Continuação

Tratamento	Trator (potência) [kW]	Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Nível de Pressão sonora [dB(A)]	Máxima Aceleração [m/s ²] para 8 horas de trabalho	Tempo máximo de exposição até atingir o nível de alerta [horas]	Tempo máximo de exposição até atingir o nível limite [horas]	Nível de conforto [m/s ²]	Nível de percepção de conforto
102	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,9	80,27	1,80	00:37:13	03:16:53	2,22	Extremamente desconfortável
103	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	172,4	1,0	79,39	*	*	*	*	*
104	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	172,4	1,4	79,08	*	*	*	*	*
105	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	172,4	1,9	79,14	*	*	*	*	*
106	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,0	78,76	0,95	02:13:26	11:45:56	1,25	Muito desconfortável
107	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,4	80,59	1,29	01:12:14	06:22:08	1,61	Muito desconfortável
108	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,9	80,48	1,80	00:37:08	03:16:26	2,11	Extremamente desconfortável
109	80,9	Membro superior	Asfalto	103,4	1,0	80,96	7,13	00:59:00	03:56:00	-	-
110	80,9	Membro superior	Asfalto	103,4	1,4	81,32	5,12	01:54:00	07:37:00	-	-
111	80,9	Membro superior	Asfalto	103,4	1,9	81,13	8,44	00:42:00	02:48:00	-	-
112	80,9	Membro superior	Asfalto	137,9	1,0	79,82	7,48	00:54:00	03:35:00	-	-
113	80,9	Membro superior	Asfalto	137,9	1,4	81,53	5,21	01:51:00	07:23:00	-	-
114	80,9	Membro superior	Asfalto	137,9	1,9	80,97	8,86	00:38:00	02:33:00	-	-
115	80,9	Membro superior	Asfalto	172,4	1,0	80,85	3,69	03:41:00	14:43:00	-	-
116	80,9	Membro superior	Asfalto	172,4	1,4	80,63	2,74	06:39:00	23:37:00	-	-
117	80,9	Membro superior	Asfalto	172,4	1,9	80,92	3,01	05:32:00	22:07:00	-	-
118	80,9	Membro superior	Asfalto	206,8	1,0	80,91	2,97	05:39:00	22:36:00	-	-
119	80,9	Membro superior	Asfalto	206,8	1,4	81,46	3,18	04:57:00	19:48:00	-	-
120	80,9	Membro superior	Asfalto	206,8	1,9	81,36	3,72	03:37:00	14:26:00	-	-
121	80,9	Membro superior	Concreto	103,4	1,0	80,71	7,38	00:55:00	03:40:00	-	-
122	80,9	Membro superior	Concreto	103,4	1,4	80,82	5,24	01:49:00	07:18:00	-	-
123	80,9	Membro superior	Concreto	103,4	1,9	80,32	9,54	00:33:00	02:12:00	-	-
124	80,9	Membro superior	Concreto	137,9	1,0	80,53	7,70	00:51:00	03:22:00	-	-
125	80,9	Membro superior	Concreto	137,9	1,4	81,00	6,32	01:15:00	05:00:00	-	-

continua...

Tabela 7 - Continuação

Tratamento	Trator (potência) [kW]	Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Nível de Pressão sonora [dB(A)]	Máxima Aceleração [m/s ²] para 8 horas de trabalho	Tempo máximo de exposição até atingir o nível de alerta [horas]	Tempo máximo de exposição até atingir o nível limite [horas]	Nível de conforto [m/s ²]	Nível de percepção de conforto
126	80,9	Membro superior	Concreto	137,9	1,9	80,75	9,29	00:35:00	02:19:00	-	-
127	80,9	Membro superior	Concreto	172,4	1,0	80,47	3,97	03:10:00	12:40:00	-	-
128	80,9	Membro superior	Concreto	172,4	1,4	80,18	2,90	05:57:00	23:50:00	-	-
129	80,9	Membro superior	Concreto	172,4	1,9	82,56	3,75	03:33:00	14:12:00	-	-
130	80,9	Membro superior	Concreto	206,8	1,0	82,78	3,91	03:16:00	13:04:00	-	-
131	80,9	Membro superior	Concreto	206,8	1,4	81,78	3,29	04:36:00	18:25:00	-	-
132	80,9	Membro superior	Concreto	206,8	1,9	81,62	3,78	03:30:00	14:01:00	-	-
133	80,9	Membro superior	Solo Firme	103,4	1,0	80,00	5,92	01:26:00	05:43:00	-	-
134	80,9	Membro superior	Solo Firme	103,4	1,4	80,26	5,51	01:39:00	06:36:00	-	-
135	80,9	Membro superior	Solo Firme	103,4	1,9	79,77	8,11	00:46:00	03:03:00	-	-
136	80,9	Membro superior	Solo Firme	137,9	1,0	79,49	7,07	01:00:00	04:00:00	-	-
137	80,9	Membro superior	Solo Firme	137,9	1,4	80,16	5,63	01:35:00	06:19:00	-	-
138	80,9	Membro superior	Solo Firme	137,9	1,9	79,91	9,15	00:36:00	02:23:00	-	-
139	80,9	Membro superior	Solo Firme	172,4	1,0	79,59	3,22	04:49:00	19:15:00	-	-
140	80,9	Membro superior	Solo Firme	172,4	1,4	79,70	2,55	07:43:00	23:51:00	-	-
141	80,9	Membro superior	Solo Firme	172,4	1,9	81,89	3,12	05:08:00	20:31:00	-	-
142	80,9	Membro superior	Solo Firme	206,8	1,0	79,00	3,05	05:23:00	21:34:00	-	-
143	80,9	Membro superior	Solo Firme	206,8	1,4	81,64	2,94	05:47:00	23:06:00	-	-
144	80,9	Membro superior	Solo Firme	206,8	1,9	81,39	2,69	06:55:00	23:40:00	-	-

* Dado não disponível devido à falha do equipamento

6.1 Vibração

As normas ISO 2631 e 7962 definem o nível de conforto (NC) para vibrações no corpo inteiro como “desconfortável” para nível de acelerações entre 0,80 m/s² e 1,60 m/s²; muito desconfortável para acelerações entre 1,25 m/s² e 2,50 m/s²; extremamente desconfortável para acelerações acima de 2,00 m/s².

Quando se trata de vibrações de corpo inteiro/ sentado, atinge-se o nível de alerta com acelerações acima de $0,50 \text{ m/s}^2$, e com acelerações acima de $1,15 \text{ m/s}^2$ entra-se no nível limite de exposição. Para vibrações em membros superiores o nível de alerta é atingido com acelerações acima de $2,50 \text{ m/s}^2$, e entra-se no nível limite de exposição com acelerações acima de $5,00 \text{ m/s}^2$.

A Figura 15 apresenta a comparação dos tempos de trabalho decorridos nos quais o operador entra nos níveis de alerta e limite, sendo que a maior parte dos conjuntos de variáveis analisadas não permitem o trabalho por 8 horas diárias.

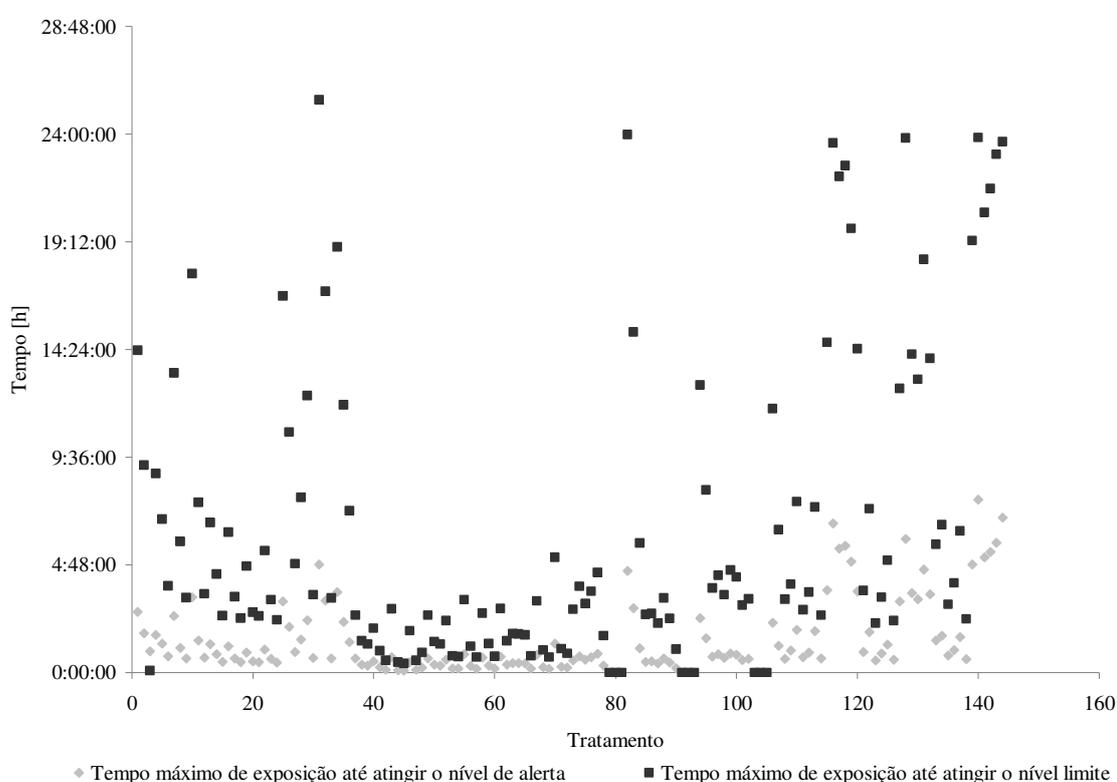


Figura 15 – Comparação entre os tempos de operação para se atingir os níveis de alerta e limite.

As Figuras 19 a 162 do Apêndice I apresentam os gráficos da aceleração nos eixos x-y-z em função do tempo para as variáveis apresentadas na Tabela 8.

Para uma melhor visualização dos dados da Tabela 8, e conseqüentemente uma melhor discussão, ela será subdividida em pequenas tabelas.

Para a vibração no corpo inteiro, a máxima aceleração para 8 horas de trabalho, (A(8)), variou de $0,64 \text{ m/s}^2$, para o seguinte tratamento: potência do trator 55,2 kW; condição de pista de solo firme; pressão de inflação dos pneus de 172,4 kPa; e velocidade média de 1,0 m/s. Até $3,18 \text{ m/s}^2$ para o seguinte tratamento: potência do trator 80,9 kW; condição de pista de concreto; pressão de inflação dos pneus de 137,9 kPa; e velocidade média de 1,9 m/s. Utilizando apenas os extremos de acelerações encontradas, conclui-se que o aumento da potência aumentou o valor da aceleração sofrida pelo operador, assim como também ocorreu com a velocidade média; em relação à pressão de inflação dos pneus, ela teve a propriedade de dissipar as vibrações conforme ela foi aumentada, levando-se em conta as pressões de inflação dos pneus que são utilizadas em rodados agrícolas; e para os tipos de pistas, quanto mais dura foi a pista, ou seja, quanto menor foi a sua propriedade de deformação maior foi a aceleração sofrida pelo operador.

Para a vibração nos membros superiores, a máxima aceleração para 8 horas de trabalho, (A(8)), variou de $2,55 \text{ m/s}^2$, para o seguinte tratamento: potência do trator 80,9 kW; condição de pista de solo firme; pressão de inflação dos pneus de 172,4 kPa; e velocidade média de 1,4 m/s. Até $21,85 \text{ m/s}^2$, para o seguinte tratamento: potência do trator 55,2 kW; condição de pista de asfalto; pressão de inflação dos pneus de 172,4 kPa; e velocidade média de 1,9 m/s. Sendo impossível afirmar a existência de qualquer tipo de relação dos tratamentos com o aumento ou diminuição da aceleração sentidas nos membros superiores. Isso ocorreu, porque além da aceleração que os tratamentos aplicados geravam no operador, foi necessário somar o deslocamento voluntário dos membros do operador, para operar o trator.

A Figura 16 apresenta o gráfico da máxima aceleração para 8 horas de trabalho, em função da indexação da Tabela 7.

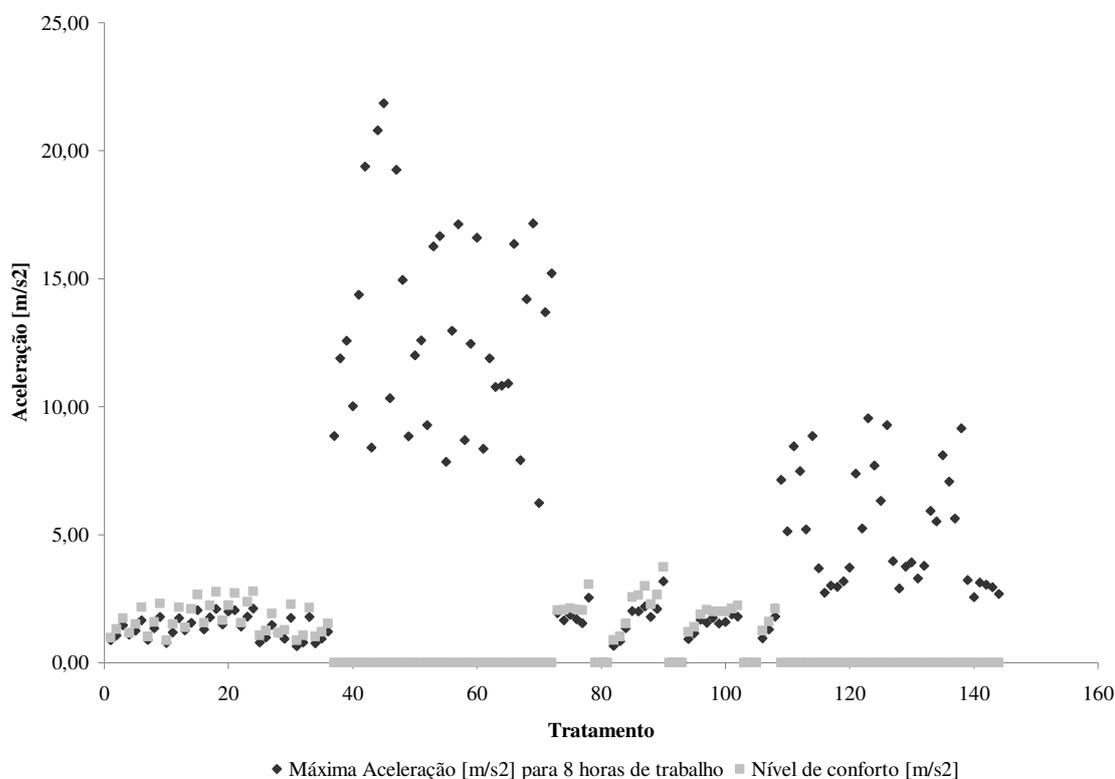


Figura 16 – Máximas acelerações para 8 horas de trabalho e nível de conforto em função da indexação da Tabela 7.

A Figura 16 apresenta o tempo máximo de exposição para se atingir os níveis de alerta e limite, e mostra que as acelerações no corpo inteiro no trator com potência de 55,2 kW ficaram, aproximadamente, entre $1,0 \text{ m/s}^2$ e $2,0 \text{ m/s}^2$. Para os membros superiores houve uma amplitude maior, ficando, aproximadamente, entre $6,0 \text{ m/s}^2$ e $22,0 \text{ m/s}^2$. Portanto, as acelerações para os membros superiores não apresentaram muita diferença em função dos tratamentos aplicados, embora também se note que elas sempre aumentam conforme aumenta a velocidade.

Ainda analisando a Figura 16, a amplitude das vibrações para o corpo inteiro no trator de potência de 80,9 kW, ficou entre $1,0 \text{ m/s}^2$ e $3,0 \text{ m/s}^2$, aproximadamente. Para os membros superiores, a amplitude foi de aproximadamente $2,5 \text{ m/s}^2$ a $9,5 \text{ m/s}^2$. Ela também mostra que conforto médio está situado abaixo de 2 horas e 30 minutos de trabalho. Portanto, foi possível afirmar que todas as condições analisadas nos ensaios obrigam a adoção de medidas que auxiliem na diminuição da percepção das vibrações, uma vez que o nível de

alerta sempre foi atingido em período inferior a 8 horas. Nenhuma das condições analisadas permitiu o trabalho por 8 horas diárias para os dois tratores ensaiados.

As vibrações são menores para as pressões de inflação maiores e vice-versa. Isto se deve à capacidade de absorção das vibrações que um pneu com maior pressão tem, simplesmente por possuir maior número de moléculas internas, o que ajuda a dissipação da vibração entre si.

A Tabela 8 apresenta o percentual de variação da máxima aceleração, para 8 horas de trabalho, do trator de potência de 80,9 kW em relação ao de 55,2 kW.

Tabela 8 – Variação percentual da aceleração do trator de potência de 80,9 kW em relação ao de 55,2 kW, nas mesmas condições de ensaio

Posição de entrada da vibração no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Variação da aceleração para 8 horas de trabalho do trator de 80,9 kW de potência em relação ao de 55,2kW [%]
Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,0	-55,7
Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,4	-35,5
Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,9	-22,0
Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,0	-36,3
Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,4	-19,5
Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,9	-34,7
Corpo inteiro	Asfalto	172,4	1,0	*
Corpo inteiro	Asfalto	172,4	1,4	*
Corpo inteiro	Asfalto	172,4	1,9	*
Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,0	16,7
Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,4	42,2
Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,9	28,2
Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,0	-37,6
Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,4	-22,5
Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,9	-6,9
Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,0	-27,0
Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,4	-15,3
Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,9	-34,3
Corpo inteiro	Concreto	172,4	1,0	*
Corpo inteiro	Concreto	172,4	1,4	*
Corpo inteiro	Concreto	172,4	1,9	*
Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,0	53,9
Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,4	57,9
Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,9	27,0
Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,0	-49,4
Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,4	-43,4
Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,9	-2,7
Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,0	-26,6
Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,4	-50,5
Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,9	-2,8
Corpo inteiro	Solo Firme	172,4	1,0	*
Corpo inteiro	Solo Firme	172,4	1,4	*
Corpo inteiro	Solo Firme	172,4	1,9	*

continua...

Tabela 8 – Continuação

Posição de entrada da vibração no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Varição da aceleração para 8 horas de trabalho do trator de 80,9 kW de potência em relação ao de 55,2kW [%]
Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,0	-21,1
Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,4	-27,1
Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,9	-32,8
Membro superior	Asfalto	103,4	1,0	24,3
Membro superior	Asfalto	103,4	1,4	132,0
Membro superior	Asfalto	103,4	1,9	49,0
Membro superior	Asfalto	137,9	1,0	34,0
Membro superior	Asfalto	137,9	1,4	175,8
Membro superior	Asfalto	137,9	1,9	118,7
Membro superior	Asfalto	172,4	1,0	127,6
Membro superior	Asfalto	172,4	1,4	658,8
Membro superior	Asfalto	172,4	1,9	625,9
Membro superior	Asfalto	206,8	1,0	247,8
Membro superior	Asfalto	206,8	1,4	505,4
Membro superior	Asfalto	206,8	1,9	301,6
Membro superior	Concreto	103,4	1,0	19,8
Membro superior	Concreto	103,4	1,4	129,0
Membro superior	Concreto	103,4	1,9	32,0
Membro superior	Concreto	137,9	1,0	20,7
Membro superior	Concreto	137,9	1,4	157,1
Membro superior	Concreto	137,9	1,9	79,4
Membro superior	Concreto	172,4	1,0	97,7
Membro superior	Concreto	172,4	1,4	347,2
Membro superior	Concreto	172,4	1,9	356,8
Membro superior	Concreto	206,8	1,0	122,5
Membro superior	Concreto	206,8	1,4	278,7
Membro superior	Concreto	206,8	1,9	339,2
Membro superior	Solo Firme	103,4	1,0	41,1
Membro superior	Solo Firme	103,4	1,4	115,8
Membro superior	Solo Firme	103,4	1,9	32,8
Membro superior	Solo Firme	137,9	1,0	53,0
Membro superior	Solo Firme	137,9	1,4	93,6
Membro superior	Solo Firme	137,9	1,9	78,7
Membro superior	Solo Firme	172,4	1,0	145,7
Membro superior	Solo Firme	172,4	1,4	456,5
Membro superior	Solo Firme	172,4	1,9	450,0
Membro superior	Solo Firme	206,8	1,0	104,6
Membro superior	Solo Firme	206,8	1,4	365,3
Membro superior	Solo Firme	206,8	1,9	465,4

* Dado não disponível devido à falha do equipamento

O percentual de variação da máxima aceleração para oito horas de trabalho, para a potência de 80,9 kW para a de 55,2 kW, variou de -55,7 % para os seguintes tratamentos: corpo inteiro, asfalto, 103,4 kPa e 1,0 m/s, até 658,8 % para os seguintes tratamentos: membro superior, asfalto, 206,6 kPa e velocidade média de 1,0 m/s. As maiores variações foram as medidas nos membros superiores, uma vez que eles apresentaram maiores acelerações devido não somente à vibração transmitida pela máquina, mas também à sua

movimentação para alcançar os controles ou dar direção ao trator.

A Tabela 9 apresenta os tratamentos aplicados nos quais são permitidos trabalho por 8 ou mais horas diárias, para as vibrações de corpo inteiro e membros superiores.

Tabela 9 – Conjunto de variáveis analisadas que permitem trabalho por 8 ou mais horas diárias, para vibrações no corpo inteiro e nos membros superiores

Tratamento	Trator (potência) [kW]	Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Nível de Pressão sonora [dB(A)]	Máxima Aceleração [m/s ²] para 8 horas de trabalho	Tempo máximo de exposição até atingir o nível de alerta [horas]	Tempo máximo de exposição até atingir o nível limite [horas]	Nível de conforto [m/s ²]	Nível de percepção de conforto
82	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,0	80,91	0,66	04:32:17	23:59:22	0,89	Desconfortável
118	80,9	Membro superior	Asfalto	206,8	1,0	80,91	2,97	05:39:00	22:36:00	-	-
94	80,9	Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,0	79,43	0,91	02:25:14	12:48:19	1,19	Desconfortável
130	80,9	Membro superior	Concreto	206,8	1,0	82,78	3,91	03:16:00	13:04:00	-	-
106	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,0	78,76	0,95	02:13:26	11:45:56	1,25	Muito desconfortável
142	80,9	Membro superior	Solo Firme	206,8	1,0	79,00	3,05	05:23:00	21:34:00	-	-
83	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,4	81,04	0,83	02:52:09	15:10:42	1,02	Desconfortável
119	80,9	Membro superior	Asfalto	206,8	1,4	81,46	3,18	04:57:00	19:48:00	-	-
95	80,9	Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,4	80,01	1,14	01:32:23	08:08:43	1,39	Muito desconfortável
131	80,9	Membro superior	Concreto	206,8	1,4	81,78	3,29	04:36:00	18:25:00	-	-

Conforme era esperado, a Tabela 9 mostra que são poucas as atividades que permitiram uma jornada ininterrupta de trabalho, uma vez que o trator é uma das máquinas que mais produzem vibrações (Kroemer e Grandjean, 2005). Como a vibração está diretamente relacionada com a velocidade de deslocamento, apenas as velocidades médias de 1,0 m/s e 1,4 m/s estão entre os tratamentos que permitiram uma jornada completa de 8 horas de trabalho. Conforme analisada anteriormente, uma pressão de inflação maior dos rodados agrícolas absorveu maior de vibração em relação à menor pressão de inflação, sendo que apenas a pressão máxima de inflação dos rodados agrícolas permitiu 8 horas diárias de trabalho. Quando analisamos o tipo de pista, ela se apresentou homogênea para a pressão de inflação dos rodados agrícolas e para a velocidade média.

Como era esperado, a percepção de conforto para os ensaios realizados ficaram em “desconfortável”, “muito desconfortável” e “extremamente desconfortável”, uma vez que as operações com máquinas agrícolas são as que apresentam maiores níveis de desconforto durante as atividades, conforme descrito por Kroemer e Grandjean (2005). A Figura 17 mostra o percentual de conforto obtido para as duas potências analisadas.

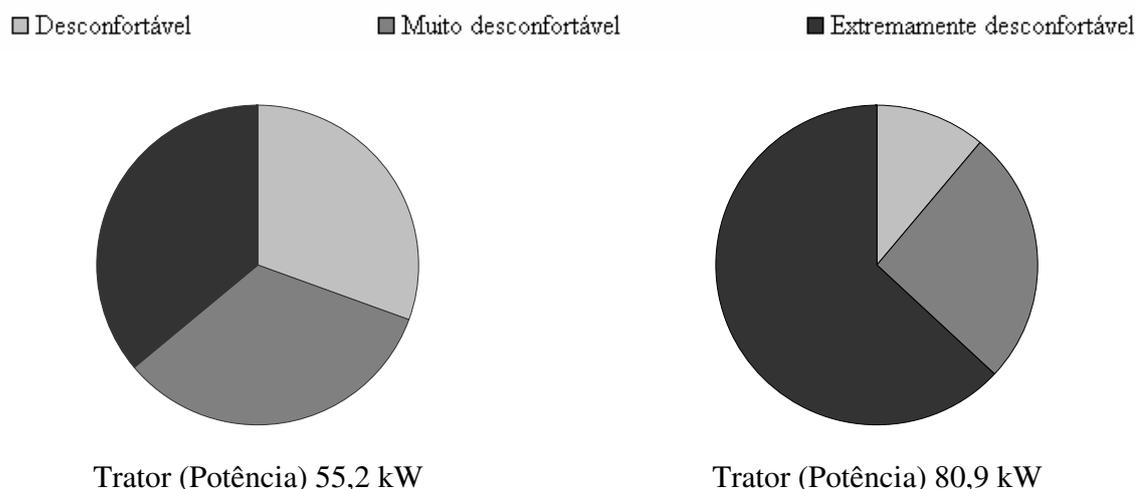


Figura 17 – Nível de percepção de conforto para vibrações no corpo inteiro obtidas nos ensaios dos tratores de potência de 55,2 kW e 80,9 kW.

Na Figura 17 pode-se notar que para o trator de 55,2 kW de potência houve uma homogeneidade na questão do conforto, o que indicou que outro tratamento aplicado também foi o responsável pelo aumento da vibração. Quando houve o aumento da potência houve um considerável aumento no desconforto do operador, podendo-se concluir que o aumento da potência aumenta negativamente a percepção de um trabalho confortável.

A Tabela 10 apresenta as condições de variáveis que são “desconfortáveis” para as vibrações no corpo inteiro.

Tabela 10 – Condições de variáveis que são “desconfortáveis” para a vibração no corpo inteiro

Tratamento	Trator (potência) [kW]	Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Nível de Pressão sonora [dB(A)]	Máxima Aceleração [m/s ²] para 8 horas de trabalho	Tempo máximo de exposição até atingir o nível de alerta [horas]	Tempo máximo de exposição até atingir o nível limite [horas]	Nível de conforto [m/s ²]	Nível de percepção de conforto
1	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,0	88,94	0,86	02:42:08	14:22:06	0,96	Desconfortável
4	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,0	89,09	1,09	01:40:39	08:52:31	1,16	Desconfortável
7	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	172,4	1,0	89,36	0,89	02:31:29	13:21:22	1,01	Desconfortável
10	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,0	88,95	0,77	03:21:35	17:46:25	0,86	Desconfortável
25	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,0	89,57	0,79	03:10:25	16:47:20	1,06	Desconfortável
26	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,4	89,60	0,99	02:01:39	10:43:32	1,24	Desconfortável
28	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,0	88,97	1,16	01:28:38	07:48:54	1,16	Desconfortável
31	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	172,4	1,0	89,59	0,64	04:49:34	25:31:52	0,87	Desconfortável
32	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	172,4	1,4	89,44	0,79	03:12:48	16:59:56	1,07	Desconfortável
34	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,0	89,20	0,75	03:35:08	18:58:03	1,01	Desconfortável
35	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,4	88,99	0,94	02:15:26	11:56:29	1,19	Desconfortável
82	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,0	80,91	0,66	04:32:17	23:59:22	0,89	Desconfortável
83	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,4	81,04	0,83	02:52:09	15:10:42	1,02	Desconfortável
94	80,9	Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,0	79,43	0,91	02:25:14	12:48:19	1,19	Desconfortável

Uma análise da Tabela 10 permite observar que o nível de percepção de conforto ocorre para as velocidades de 1,0 m/s e 1,4 m/s; pressões de inflação dos rodados agrícolas predominantemente altas; para pistas de asfalto e solo firme, que apresentam maiores níveis de deformação, o que auxilia na absorção das vibrações; e para o trator de menor potência.

A Tabela 11 apresenta as condições de variáveis que são “muito desconfortáveis” para as vibrações no corpo inteiro.

Tabela 11 – Condições de variáveis que são “muito desconfortáveis” para a vibração no corpo inteiro

Tratamento	Trator (potência) [kW]	Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Nível de Pressão sonora [dB(A)]	Máxima Aceleração [m/s ²] para 8 horas de trabalho	Tempo máximo de exposição até atingir o nível de alerta [horas]	Tempo máximo de exposição até atingir o nível limite [horas]	Nível de conforto [m/s ²]	Nível de percepção de conforto
2	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,4	89,06	1,07	01:44:56	09:15:09	1,31	Muito desconfortável
3	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,9	88,97	1,45	00:56:52	00:05:52	1,73	Muito desconfortável
5	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,4	89,09	1,24	01:17:28	06:49:52	1,51	Muito desconfortável
8	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	172,4	1,4	89,08	1,35	01:06:15	05:50:31	1,59	Muito desconfortável
11	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,4	88,84	1,18	01:26:28	07:35:28	1,51	Muito desconfortável
13	55,2	Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,0	89,06	1,26	01:15:51	06:41:19	1,38	Muito desconfortável
16	55,2	Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,0	89,29	1,30	01:10:54	06:15:08	1,55	Muito desconfortável
19	55,2	Corpo inteiro	Concreto	172,4	1,0	89,17	1,49	00:53:50	04:44:48	1,65	Muito desconfortável
22	55,2	Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,0	89,51	1,40	01:01:39	05:26:09	1,56	Muito desconfortável
27	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,9	88,93	1,48	00:55:07	04:51:37	1,92	Muito desconfortável
29	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,4	88,96	0,93	02:20:06	12:21:09	1,27	Muito desconfortável
36	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,9	88,96	1,21	01:21:41	07:12:09	1,52	Muito desconfortável
84	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,9	81,05	1,35	01:05:23	05:45:53	1,53	Muito desconfortável
95	80,9	Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,4	80,01	1,14	01:32:23	08:08:43	1,39	Muito desconfortável
96	80,9	Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,9	79,76	1,67	00:42:46	03:46:16	1,88	Muito desconfortável
98	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,4	79,36	1,75	00:39:23	03:28:20	1,99	Muito desconfortável
100	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,0	80,85	1,58	00:48:22	04:15:52	2,00	Muito desconfortável
106	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,0	78,76	0,95	02:13:26	11:45:56	1,25	Muito desconfortável
107	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,4	80,59	1,29	01:12:14	06:22:08	1,61	Muito desconfortável

Analisando a Tabela 11 pode-se afirmar que para o nível de percepção de conforto “muito desconfortável” ela é homogênea quanto aos tratamentos: tipos de pistas; velocidades médias; pressão de inflação dos rodados agrícolas; e potência dos tratores, ou seja comportou-se como um nível intermediário para os tratamentos analisados.

A Tabela 12 apresenta as condições de variáveis que são extremamente desconfortáveis para as vibrações no corpo inteiro.

Tabela 12 – Condições de variáveis que são “extremamente desconfortáveis” para a vibração no corpo inteiro

Tratamento	Trator (potência) [kW]	Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Nível de Pressão sonora [dB(A)]	Máxima Aceleração [m/s ²] para 8 horas de trabalho	Tempo máximo de exposição até atingir o nível de alerta [horas]	Tempo máximo de exposição até atingir o nível limite [horas]	Nível de conforto [m/s ²]	Nível de percepção de conforto
6	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,9	89,50	1,66	00:43:42	03:52:14	2,16	Extremamente desconfortável
9	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	172,4	1,9	88,91	1,78	00:37:56	03:20:44	2,31	Extremamente desconfortável
12	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,9	88,81	1,73	00:39:54	03:31:07	2,16	Extremamente desconfortável
14	55,2	Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,4	89,50	1,55	00:49:46	04:23:17	2,10	Extremamente desconfortável
15	55,2	Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,9	89,11	2,04	00:28:47	02:32:19	2,66	Extremamente desconfortável
17	55,2	Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,4	88,98	1,77	00:38:21	03:22:57	2,23	Extremamente desconfortável
18	55,2	Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,9	89,02	2,09	00:27:29	02:25:26	2,76	Extremamente desconfortável
20	55,2	Corpo inteiro	Concreto	172,4	1,4	89,10	1,99	00:30:25	02:40:58	2,25	Extremamente desconfortável
21	55,2	Corpo inteiro	Concreto	172,4	1,9	89,42	2,05	00:28:32	02:30:59	2,71	Extremamente desconfortável
23	55,2	Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,4	89,05	1,80	00:36:54	03:15:16	2,38	Extremamente desconfortável
24	55,2	Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,9	89,20	2,12	00:26:41	02:21:11	2,78	Extremamente desconfortável
30	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,9	88,95	1,75	00:39:24	03:28:25	2,27	Extremamente desconfortável
33	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	172,4	1,9	89,46	1,78	00:37:40	03:19:19	2,15	Extremamente desconfortável
73	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,0	80,30	1,94	00:32:02	02:49:29	2,05	Extremamente desconfortável
74	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,4	80,26	1,66	00:43:35	03:50:33	2,07	Extremamente desconfortável
75	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,9	80,41	1,86	00:34:52	03:04:28	2,13	Extremamente desconfortável
76	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,0	80,13	1,71	00:41:09	03:37:43	2,08	Extremamente desconfortável
77	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,4	79,81	1,54	00:50:38	04:27:55	2,04	Extremamente desconfortável
78	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,9	79,58	2,54	00:18:36	01:38:24	3,06	Extremamente desconfortável
85	80,9	Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,0	79,94	2,02	00:29:26	02:35:43	2,56	Extremamente desconfortável
86	80,9	Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,4	79,46	2,00	00:29:56	02:38:24	2,63	Extremamente desconfortável

continua...

Tabela 12 – Continuação

Tratamento	Trator (potência) [kW]	Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Nível de Pressão sonora [dB(A)]	Máxima Aceleração [m/s ²] para 8 horas de trabalho	Tempo máximo de exposição até atingir o nível de alerta [horas]	Tempo máximo de exposição até atingir o nível limite [horas]	Nível de conforto [m/s ²]	Nível de percepção de conforto
87	80,9	Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,9	80,11	2,19	00:25:03	02:12:33	2,99	Extremamente desconfortável
88	80,9	Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,0	79,73	1,78	00:37:41	03:19:20	2,27	Extremamente desconfortável
89	80,9	Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,4	80,70	2,09	00:27:23	02:24:52	2,65	Extremamente desconfortável
90	80,9	Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,9	80,26	3,18	00:11:52	01:02:49	3,73	Extremamente desconfortável
97	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,0	79,41	1,56	00:49:10	04:20:08	2,06	Extremamente desconfortável
99	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,9	81,29	1,52	00:51:55	04:34:38	2,00	Extremamente desconfortável
101	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,4	80,6	1,88	00:34:04	03:00:14	2,12	Extremamente desconfortável
102	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,9	80,27	1,80	00:37:13	03:16:53	2,22	Extremamente desconfortável
108	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,9	80,48	1,80	00:37:08	03:16:26	2,11	Extremamente desconfortável

Analisando a Tabela 12, é possível destacar que a pista de concreto é a que apresentou mais vezes níveis de percepção de conforto “extremamente desconfortável”, conforme esperado. Tanto as máximas acelerações para 8 horas de trabalho e o nível de conforto foram maiores para o trator de 80,9 kW em relação ao de 55,2 kW, se comparados com os mesmos tipos de pista, as mesmas pressões de inflação dos rodados agrícolas e das mesmas velocidades médias, ou seja, quando se aumentou a potência aumentaram também as vibrações, como pode ser também visto na Figura 17.

6.2 Nível de pressão sonora

O nível de pressão sonora foi menor no trator de 80,9 kW, embora este tenha uma potência maior que o de 55,2 kW. Isto se deve ao fato de ele ser cabinado, o que funciona como uma superfície refletora do som, deixando passar uma menor quantidade da pressão sonora. Portanto, para o trator de 80,9 kW o nível de pressão sonora variou de 78,76 dB(A) a 82,78 dB(A), como mostra a Figura 18. Portanto, houve uma variação máxima de 4,18 dB(A) ou uma diferença de 5,10 %, em relação aos valores mínimo e máximo encontrados.

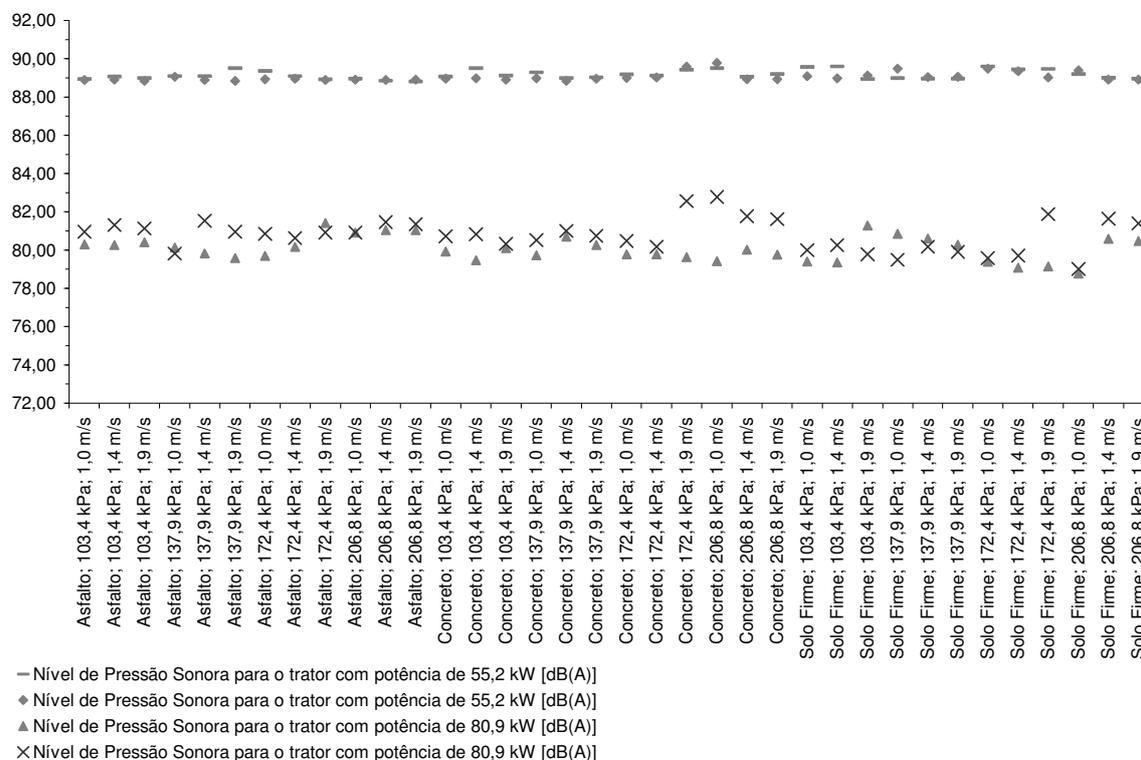


Figura 18 – Nível de pressão sonora para os tratores de 55,2 kW e 80,9 kW, em função dos tratamentos: tipo de pista, pressão de inflação dos pneus e velocidade média de deslocamento.

Ainda segundo a Figura 18, o trator de 55,2 kW apresentou níveis de ruído na faixa compreendida entre 88,81 dB(A) e 89,78 dB(A). Portanto, houve uma variação máxima de 0,97 dB(A), ou uma diferença de 1,09 % em relação aos valores mínimo e máximo encontrados.

Como não há a predominância de nenhuma das variáveis ensaiadas que possa justificar as variações dos níveis de pressão sonora, pode-se concluir que ela depende dos seguintes fatores: potência do motor; sistema de saída dos gases da combustão; sistema de arrefecimento; e presença ou não de cabine.

A Tabela 13 apresenta as variáveis ensaiadas que não necessitam de medidas de ação, como preconiza a Norma Regulamentadora 09, ou seja, não se encontram na faixa de 80,0 dB(A) e 84,9 dB(A).

Tabela 13 – Condições de ensaio nas quais os níveis de pressão sonora não ultrapassaram o nível de ação de 80 dB(A)

Tratamento	Trator (potência) [kW]	Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Nível de Pressão sonora [dB(A)]	Máxima Aceleração [m/s ²] para 8 horas de trabalho	Tempo máximo de exposição até atingir o nível de alerta [horas]	Tempo máximo de exposição até atingir o nível limite [horas]	Nível de conforto [m/s ²]	Nível de percepção de conforto
77	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,4	79,81	1,54	00:50:38	04:27:55	2,04	Extremamente desconfortável
78	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,9	79,58	2,54	00:18:36	01:38:24	3,06	Extremamente desconfortável
79	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	172,4	1,0	79,68	*	*	*	*	*
85	80,9	Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,0	79,94	2,02	00:29:26	02:35:43	2,56	Extremamente desconfortável
86	80,9	Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,4	79,46	2,00	00:29:56	02:38:24	2,63	Extremamente desconfortável
88	80,9	Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,0	79,73	1,78	00:37:41	03:19:20	2,27	Extremamente desconfortável
91	80,9	Corpo inteiro	Concreto	172,4	1,0	79,77	*	*	*	*	*
92	80,9	Corpo inteiro	Concreto	172,4	1,4	79,78	*	*	*	*	*
93	80,9	Corpo inteiro	Concreto	172,4	1,9	79,62	*	*	*	*	*
94	80,9	Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,0	79,43	0,91	02:25:14	12:48:19	1,19	Desconfortável
96	80,9	Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,9	79,76	1,67	00:42:46	03:46:16	1,88	Muito desconfortável
97	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,0	79,41	1,56	00:49:10	04:20:08	2,06	Extremamente desconfortável
98	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,4	79,36	1,75	00:39:23	03:28:20	1,99	Muito desconfortável
103	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	172,4	1,0	79,39	*	*	*	*	*
104	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	172,4	1,4	79,08	*	*	*	*	*
105	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	172,4	1,9	79,14	*	*	*	*	*
106	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,0	78,76	0,95	02:13:26	11:45:56	1,25	Muito desconfortável
112	80,9	Membro superior	Asfalto	137,9	1,0	79,82	7,48	00:54:00	03:35:00	-	-
133	80,9	Membro superior	Solo Firme	103,4	1,0	80,00	5,92	01:26:00	05:43:00	-	-
135	80,9	Membro superior	Solo Firme	103,4	1,9	79,77	8,11	00:46:00	03:03:00	-	-
136	80,9	Membro superior	Solo Firme	137,9	1,0	79,49	7,07	01:00:00	04:00:00	-	-
138	80,9	Membro superior	Solo Firme	137,9	1,9	79,91	9,15	00:36:00	02:23:00	-	-

continua...

Tabela 13 – Continuação

Tratamento	Trator (potência) [kW]	Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Nível de Pressão sonora [dB(A)]	Máxima Aceleração [m/s ²] para 8 horas de trabalho	Tempo máximo de exposição até atingir o nível de alerta [horas]	Tempo máximo de exposição até atingir o nível limite [horas]	Nível de conforto [m/s ²]	Nível de percepção de conforto
139	80,9	Membro superior	Solo Firme	172,4	1,0	79,59	3,22	04:49:00	19:15:00	-	-
140	80,9	Membro superior	Solo Firme	172,4	1,4	79,70	2,55	07:43:00	23:51:00	-	-
142	80,9	Membro superior	Solo Firme	206,8	1,0	79,00	3,05	05:23:00	21:34:00	-	-

* Dado não disponível devido à falha do equipamento

A Tabela 14 apresenta as variáveis analisadas que se encontram dentro do nível de ação determinada pela Norma Regulamentadora 09, o que faz com que medidas administrativas devam ser tomadas, ou seja, a adoção de meios de controle para se evitar a exposição do operador ao nível de pressão sonora existente.

Tabela 14 - Condições de ensaio nas quais os níveis de pressão sonora encontram-se dentro do nível de ação de 80 a 85 dB(A)

Tratamento	Trator (potência) [kW]	Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Nível de Pressão sonora [dB(A)]	Máxima Aceleração [m/s ²] para 8 horas de trabalho	Tempo máximo de exposição até atingir o nível de alerta [horas]	Tempo máximo de exposição até atingir o nível limite [horas]	Nível de conforto [m/s ²]	Nível de percepção de conforto
73	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,0	80,30	1,94	00:32:02	02:49:29	2,05	Extremamente desconfortável
74	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,4	80,26	1,66	00:43:35	03:50:33	2,07	Extremamente desconfortável
75	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,9	80,41	1,86	00:34:52	03:04:28	2,13	Extremamente desconfortável
76	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,0	80,13	1,71	00:41:09	03:37:43	2,08	Extremamente desconfortável
80	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	172,4	1,4	80,16	*	*	*	*	*
81	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	172,4	1,9	81,43	*	*	*	*	*
82	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,0	80,91	0,66	04:32:17	23:59:22	0,89	Desconfortável
83	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,4	81,04	0,83	02:52:09	15:10:42	1,02	Desconfortável
84	80,9	Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,9	81,05	1,35	01:05:23	05:45:53	1,53	Muito desconfortável
87	80,9	Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,9	80,11	2,19	00:25:03	02:12:33	2,99	Extremamente desconfortável
89	80,9	Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,4	80,70	2,09	00:27:23	02:24:52	2,65	Extremamente desconfortável

continua...

Tabela 14 – Continuação

Tratamento	Trator (potência) [kW]	Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Nível de Pressão sonora [dB(A)]	Máxima Aceleração [m/s ²] para 8 horas de trabalho	Tempo máximo de exposição até atingir o nível de alerta [horas]	Tempo máximo de exposição até atingir o nível limite [horas]	Nível de conforto [m/s ²]	Nível de percepção de conforto
90	80,9	Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,9	80,26	3,18	00:11:52	01:02:49	3,73	Extremamente desconfortável
95	80,9	Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,4	80,01	1,14	01:32:23	08:08:43	1,39	Muito desconfortável
99	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,9	81,29	1,52	00:51:55	04:34:38	2,00	Extremamente desconfortável
100	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,0	80,85	1,58	00:48:22	04:15:52	2,00	Muito desconfortável
101	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,4	80,60	1,88	00:34:04	03:00:14	2,12	Extremamente desconfortável
102	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,9	80,27	1,80	00:37:13	03:16:53	2,22	Extremamente desconfortável
107	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,4	80,59	1,29	01:12:14	06:22:08	1,61	Muito desconfortável
108	80,9	Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,9	80,48	1,80	00:37:08	03:16:26	2,11	Extremamente desconfortável
109	80,9	Membro superior	Asfalto	103,4	1,0	80,96	7,13	00:59:00	03:56:00	-	-
110	80,9	Membro superior	Asfalto	103,4	1,4	81,32	5,12	01:54:00	07:37:00	-	-
111	80,9	Membro superior	Asfalto	103,4	1,9	81,13	8,44	00:42:00	02:48:00	-	-
113	80,9	Membro superior	Asfalto	137,9	1,4	81,53	5,21	01:51:00	07:23:00	-	-
114	80,9	Membro superior	Asfalto	137,9	1,9	80,97	8,86	00:38:00	02:33:00	-	-
115	80,9	Membro superior	Asfalto	172,4	1,0	80,85	3,69	03:41:00	14:43:00	-	-
116	80,9	Membro superior	Asfalto	172,4	1,9	80,63	2,74	06:39:00	23:37:00	-	-
117	80,9	Membro superior	Asfalto	172,4	1,9	80,92	3,01	05:32:00	22:07:00	-	-
118	80,9	Membro superior	Asfalto	206,8	1,0	80,91	2,97	05:39:00	22:36:00	-	-
119	80,9	Membro superior	Asfalto	206,8	1,4	81,46	3,18	04:57:00	19:48:00	-	-
120	80,9	Membro superior	Asfalto	206,8	1,9	81,36	3,72	03:37:00	14:26:00	-	-
121	80,9	Membro superior	Concreto	103,4	1,0	80,71	7,38	00:55:00	03:40:00	-	-
122	80,9	Membro superior	Concreto	103,4	1,4	80,82	5,24	01:49:00	07:18:00	-	-
123	80,9	Membro superior	Concreto	103,4	1,9	80,32	9,54	00:33:00	02:12:00	-	-
124	80,9	Membro superior	Concreto	137,9	1,0	80,53	7,70	00:51:00	03:22:00	-	-

continua...

Tabela 14 - Continuação

Tratamento	Trator (potência) [kW]	Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Nível de Pressão sonora [dB(A)]	Máxima Aceleração [m/s ²] para 8 horas de trabalho	Tempo máximo de exposição até atingir o nível de alerta [horas]	Tempo máximo de exposição até atingir o nível limite [horas]	Nível de conforto [m/s ²]	Nível de percepção de conforto
125	80,9	Membro superior	Concreto	137,9	1,4	81,00	6,32	01:15:00	05:00:00	-	-
126	80,9	Membro superior	Concreto	137,9	1,9	80,75	9,29	00:35:00	02:19:00	-	-
127	80,9	Membro superior	Concreto	172,4	1,0	80,47	3,97	03:10:00	12:40:00	-	-
128	80,9	Membro superior	Concreto	172,4	1,4	80,18	2,90	05:57:00	23:50:00	-	-
129	80,9	Membro superior	Concreto	172,4	1,9	82,56	3,75	03:33:00	14:12:00	-	-
130	80,9	Membro superior	Concreto	206,8	1,0	82,78	3,91	03:16:00	13:04:00	-	-
131	80,9	Membro superior	Concreto	206,8	1,4	81,78	3,29	04:36:00	18:25:00	-	-
132	80,9	Membro superior	Concreto	206,8	1,9	81,62	3,78	03:30:00	14:01:00	-	-
134	80,9	Membro superior	Solo Firme	103,4	1,4	80,26	5,51	01:39:00	06:36:00	-	-
137	80,9	Membro superior	Solo Firme	137,9	1,4	80,16	5,63	01:35:00	06:19:00	-	-
141	80,9	Membro superior	Solo Firme	172,4	1,9	81,89	3,12	05:08:00	20:31:00	-	-
143	80,9	Membro superior	Solo Firme	206,8	1,4	81,64	2,94	05:47:00	23:06:00	-	-
144	80,9	Membro superior	Solo Firme	206,8	1,9	81,39	2,69	06:55:00	23:40:00	-	-

* Dado não disponível devido à falha do equipamento

Analisando as Tabelas 14 e 15, os níveis de pressão sonora para o trator de 80,9 kW variaram dentro e fora do nível de ação, como em uma atividade diária nas condições ensaiadas. Portanto, há a entrada e a saída constante do nível de ação, devendo, ser tomadas medidas de controle para que o operador não seja exposto ao risco físico de ruído. O meio mais usual é a determinação do uso uma proteção auricular eficiente durante toda a jornada de trabalho.

A Tabela 15 apresenta os tratamentos analisados para o trator de 55,2 kW, cujos níveis de pressão sonora permitem trabalhos diários por no máximo 5 horas, sem o uso de proteção auditiva.

Tabela 15 – Condições de ensaio nas quais os níveis de pressão sonora permitem trabalho contínuo por apenas 5 horas de trabalho diário, sem o uso de proteção auditiva

Tratamento	Trator (potência) [kW]	Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Nível de Pressão sonora [dB(A)]	Máxima Aceleração [m/s ²] para 8 horas de trabalho	Tempo máximo de exposição até atingir o nível de alerta [horas]	Tempo máximo de exposição até atingir o nível limite [horas]	Nível de conforto [m/s ²]	Nível de percepção de conforto
1	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,0	88,94	0,86	02:42:08	14:22:06	0,96	Desconfortável
3	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,9	88,97	1,45	00:56:52	00:05:52	1,73	Muito desconfortável
9	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	172,4	1,9	88,91	1,78	00:37:56	03:20:44	2,31	Extremamente desconfortável
10	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,0	88,95	0,77	03:21:35	17:46:25	0,86	Desconfortável
11	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,4	88,84	1,18	01:26:28	07:35:28	1,51	Muito desconfortável
12	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,9	88,81	1,73	00:39:54	03:31:07	2,16	Extremamente desconfortável
17	55,2	Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,4	88,98	1,77	00:38:21	03:22:57	2,23	Extremamente desconfortável
27	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,9	88,93	1,48	00:55:07	04:51:37	1,92	Muito desconfortável
28	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,0	88,97	1,16	01:28:38	07:48:54	1,16	Desconfortável
29	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,4	88,96	0,93	02:20:06	12:21:09	1,27	Muito desconfortável
30	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,9	88,95	1,75	00:39:24	03:28:25	2,27	Extremamente desconfortável
35	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,4	88,99	0,94	02:15:26	11:56:29	1,19	Desconfortável
36	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,9	88,96	1,21	01:21:41	07:12:09	1,52	Muito desconfortável
37	55,2	Membro superior	Asfalto	103,4	1,0	88,88	8,86	00:38:00	02:33:00	-	-
38	55,2	Membro superior	Asfalto	103,4	1,4	88,92	11,88	00:21:00	01:25:00	-	-
39	55,2	Membro superior	Asfalto	103,4	1,9	88,85	12,57	00:19:00	01:16:00	-	-
41	55,2	Membro superior	Asfalto	137,9	1,4	88,89	14,37	00:15:00	00:58:00	-	-
42	55,2	Membro superior	Asfalto	137,9	1,9	88,85	19,38	00:08:00	00:32:00	-	-
43	55,2	Membro superior	Asfalto	172,4	1,0	88,93	8,40	00:42:00	02:50:00	-	-
44	55,2	Membro superior	Asfalto	172,4	1,4	88,95	20,79	00:07:00	00:28:00	-	-
45	55,2	Membro superior	Asfalto	172,4	1,9	88,88	21,85	00:06:00	00:25:00	-	-
46	55,2	Membro superior	Asfalto	206,8	1,0	88,91	10,33	00:28:00	01:52:00	-	-

continua...

Tabela 15 – Continuação

Tratamento	Trator (potência) [kW]	Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Nível de Pressão sonora [dB(A)]	Máxima Aceleração [m/s ²] para 8 horas de trabalho	Tempo máximo de exposição até atingir o nível de alerta [horas]	Tempo máximo de exposição até atingir o nível limite [horas]	Nível de conforto [m/s ²]	Nível de percepção de conforto
47	55,2	Membro superior	Asfalto	206,8	1,4	88,90	19,25	00:08:00	00:32:00	-	-
48	55,2	Membro superior	Asfalto	206,8	1,9	88,92	14,94	00:13:00	00:54:00	-	-
49	55,2	Membro superior	Concreto	103,4	1,0	88,95	8,84	00:38:00	02:33:00	-	-
50	55,2	Membro superior	Concreto	103,4	1,4	88,98	12,00	00:21:00	01:23:00	-	-
51	55,2	Membro superior	Concreto	103,4	1,9	88,92	12,59	00:19:00	01:16:00	-	-
52	55,2	Membro superior	Concreto	137,9	1,0	88,97	9,29	00:35:00	02:19:00	-	-
53	55,2	Membro superior	Concreto	137,9	1,4	88,84	16,25	00:11:00	00:45:00	-	-
54	55,2	Membro superior	Concreto	137,9	1,9	88,95	16,67	00:11:00	00:43:00	-	-
55	55,2	Membro superior	Concreto	172,4	1,0	88,99	7,85	00:49:00	03:15:00	-	-
59	55,2	Membro superior	Concreto	206,8	1,4	88,94	12,46	00:19:00	01:17:00	-	-
60	55,2	Membro superior	Concreto	206,8	1,9	88,94	16,60	00:11:00	00:44:00	-	-
62	55,2	Membro superior	Solo Firme	103,4	1,4	88,98	11,89	00:21:00	01:25:00	-	-
71	55,2	Membro superior	Solo Firme	206,8	1,4	88,92	13,68	00:16:00	01:04:00	-	-
72	55,2	Membro superior	Solo Firme	206,8	1,9	88,91	15,21	00:13:00	00:52:00	-	-

A Tabela 16 apresenta os tratamentos analisados para o trator de 55,2 kW, cujos níveis de pressão sonora permitem trabalhos diários, por no máximo 4 horas e 30 minutos, sem proteção auditiva.

Em razão do ruído, para que o trabalho com o trator de 55,2 kW possa ser realizado por 8 horas diárias, é necessária a adoção de um protetor auricular que atenuie no mínimo 5 dB(A).

Tabela 16 – Condições de ensaio nas quais os níveis de pressão sonora permite trabalho contínuo por apenas 4 horas e 30 minutos de trabalho diário

Tratamento	Trator (potência) [kW]	Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Nível de Pressão sonora [dB(A)]	Máxima Aceleração [m/s ²] para 8 horas de trabalho	Tempo máximo de exposição até atingir o nível de alerta [horas]	Tempo máximo de exposição até atingir o nível limite [horas]	Nível de conforto [m/s ²]	Nível de percepção de conforto
2	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,4	89,06	1,07	01:44:56	09:15:09	1,31	Muito desconfortável
4	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,0	89,09	1,09	01:40:39	08:52:31	1,16	Desconfortável
5	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,4	89,09	1,24	01:17:28	06:49:52	1,51	Muito desconfortável
6	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,9	89,50	1,66	00:43:42	03:52:14	2,16	Extremamente desconfortável
7	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	172,4	1,0	89,36	0,89	02:31:29	13:21:22	1,01	Desconfortável
8	55,2	Corpo inteiro	Asfalto	172,4	1,4	89,08	1,35	01:06:15	05:50:31	1,59	Muito desconfortável
13	55,2	Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,0	89,06	1,26	01:15:51	06:41:19	1,38	Muito desconfortável
14	55,2	Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,4	89,50	1,55	00:49:46	04:23:17	2,10	Extremamente desconfortável
15	55,2	Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,9	89,11	2,04	00:28:47	02:32:19	2,66	Extremamente desconfortável
16	55,2	Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,0	89,29	1,30	01:10:54	06:15:08	1,55	Muito desconfortável
18	55,2	Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,9	89,02	2,09	00:27:29	02:25:26	2,76	Extremamente desconfortável
19	55,2	Corpo inteiro	Concreto	172,4	1,0	89,17	1,49	00:53:50	04:44:48	1,65	Muito desconfortável
20	55,2	Corpo inteiro	Concreto	172,4	1,4	89,10	1,99	00:30:25	02:40:58	2,25	Extremamente desconfortável
21	55,2	Corpo inteiro	Concreto	172,4	1,9	89,42	2,05	00:28:32	02:30:59	2,71	Extremamente desconfortável
22	55,2	Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,0	89,51	1,40	01:01:39	05:26:09	1,56	Muito desconfortável
23	55,2	Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,4	89,05	1,80	00:36:54	03:15:16	2,38	Extremamente desconfortável
24	55,2	Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,9	89,20	2,12	00:26:41	02:21:11	2,78	Extremamente desconfortável
25	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,0	89,57	0,79	03:10:25	16:47:20	1,06	Desconfortável
26	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,4	89,60	0,99	02:01:39	10:43:32	1,24	Desconfortável
31	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	172,4	1,0	89,59	0,64	04:49:34	25:31:52	0,87	Desconfortável
32	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	172,4	1,4	89,44	0,79	03:12:48	16:59:56	1,07	Desconfortável
33	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	172,4	1,9	89,46	1,78	00:37:40	03:19:19	2,15	Extremamente desconfortável

continua...

Tabela 16 – Continuação

Tratamento	Trator (potência) [kW]	Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Nível de Pressão sonora [dB(A)]	Máxima Aceleração [m/s ²] para 8 horas de trabalho	Tempo máximo de exposição até atingir o nível de alerta [horas]	Tempo máximo de exposição até atingir o nível limite [horas]	Nível de conforto [m/s ²]	Nível de percepção de conforto
34	55,2	Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	II-2	89,20	0,75	03:35:08	18:58:03	1,01	Desconfortável
40	55,2	Membro superior	Asfalto	137,9	1,0	89,06	10,02	00:30:00	01:59:00	-	-
56	55,2	Membro superior	Concreto	172,4	1,4	89,02	12,97	00:18:00	01:11:00	-	-
57	55,2	Membro superior	Concreto	172,4	1,9	89,60	17,13	00:10:00	00:41:00	-	-
58	55,2	Membro superior	Concreto	206,8	1,0	89,78	8,70	00:40:00	02:39:00	-	-
61	55,2	Membro superior	Solo Firme	103,4	1,0	89,08	8,35	00:43:00	02:52:00	-	-
63	55,2	Membro superior	Solo Firme	103,4	1,9	89,13	10,77	00:26:00	01:44:00	-	-
64	55,2	Membro superior	Solo Firme	137,9	1,0	89,49	10,82	00:26:00	01:43:00	-	-
65	55,2	Membro superior	Solo Firme	137,9	1,4	89,04	10,90	00:25:00	01:41:00	-	-
66	55,2	Membro superior	Solo Firme	137,9	1,9	89,07	16,35	00:11:00	00:45:00	-	-
67	55,2	Membro superior	Solo Firme	172,4	1,0	89,47	7,91	00:48:00	03:12:00	-	-
68	55,2	Membro superior	Solo Firme	172,4	1,4	89,34	14,19	00:15:00	01:00:00	-	-
69	55,2	Membro superior	Solo Firme	172,4	1,9	89,01	17,16	00:10:00	00:41:00	-	-
70	55,2	Membro superior	Solo Firme	206,8	1,0	89,40	6,24	01:17:00	05:08:00	-	-

A Tabela 17 apresenta o aumento em porcentagem para as mesmas condições de ensaio do nível de pressão sonora do trator de 80,9 kW, e para o de 55,2 kW. O aumento variou de 8,46 % a 13,16 %.

Tabela 17 – Aumento do nível de pressão sonora do trator TS 110 para o TL 75E, nas mesmas condições de ensaio

Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Aumento de nível de pressão sonora do trator de 55,2 kW para o trator 80,9 kW [%]
Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,0	10,76
Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,4	10,96
Corpo inteiro	Asfalto	103,4	1,9	10,65
Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,0	11,18
Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,4	11,63
Corpo inteiro	Asfalto	137,9	1,9	12,47
Corpo inteiro	Asfalto	172,4	1,0	12,15

continua...

Tabela 17 – Continuação

Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Aumento de nível de pressão sonora do trator de 55,2 kW para o trator 80,9 kW [%]
Corpo inteiro	Asfalto	172,4	1,4	11,13
Corpo inteiro	Asfalto	172,4	1,9	9,19
Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,0	9,94
Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,4	9,62
Corpo inteiro	Asfalto	206,8	1,9	9,57
Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,0	11,41
Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,4	12,64
Corpo inteiro	Concreto	103,4	1,9	11,23
Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,0	11,99
Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,4	10,26
Corpo inteiro	Concreto	137,9	1,9	10,91
Corpo inteiro	Concreto	172,4	1,0	11,78
Corpo inteiro	Concreto	172,4	1,4	11,68
Corpo inteiro	Concreto	172,4	1,9	12,31
Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,0	12,69
Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,4	11,30
Corpo inteiro	Concreto	206,8	1,9	11,84
Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,0	12,79
Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,4	12,90
Corpo inteiro	Solo Firme	103,4	1,9	9,40
Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,0	10,04
Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,4	10,37
Corpo inteiro	Solo Firme	137,9	1,9	10,81
Corpo inteiro	Solo Firme	172,4	1,0	12,85
Corpo inteiro	Solo Firme	172,4	1,4	13,10
Corpo inteiro	Solo Firme	172,4	1,9	13,04
Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,0	13,26
Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,4	10,42
Corpo inteiro	Solo Firme	206,8	1,9	10,54
Membro superior	Asfalto	103,4	1,0	9,78
Membro superior	Asfalto	103,4	1,4	9,35
Membro superior	Asfalto	103,4	1,9	9,52
Membro superior	Asfalto	137,9	1,0	11,58
Membro superior	Asfalto	137,9	1,4	9,03
Membro superior	Asfalto	137,9	1,9	9,73
Membro superior	Asfalto	172,4	1,0	9,99
Membro superior	Asfalto	172,4	1,4	10,32
Membro superior	Asfalto	172,4	1,9	9,84
Membro superior	Asfalto	206,8	1,0	9,89
Membro superior	Asfalto	206,8	1,4	9,13
Membro superior	Asfalto	206,8	1,9	9,29
Membro superior	Concreto	103,4	1,0	10,21
Membro superior	Concreto	103,4	1,4	10,10
Membro superior	Concreto	103,4	1,9	10,71
Membro superior	Concreto	137,9	1,0	10,48
Membro superior	Concreto	137,9	1,4	9,68
Membro superior	Concreto	137,9	1,9	10,15
Membro superior	Concreto	172,4	1,0	10,59
Membro superior	Concreto	172,4	1,4	11,03
Membro superior	Concreto	172,4	1,9	8,53
Membro superior	Concreto	206,8	1,0	8,46

continua...

Tabela 17 – Continuação

Posição no corpo	Pista	Pressão de inflação dos pneus [kPa]	Velocidade Média [m/s]	Aumento de nível de pressão sonora do trator de 55,2 kW para o trator 80,9 kW [%]
Membro superior	Concreto	206,8	1,4	8,76
Membro superior	Concreto	206,8	1,9	8,97
Membro superior	Solo Firme	103,4	1,0	11,35
Membro superior	Solo Firme	103,4	1,4	10,86
Membro superior	Solo Firme	103,4	1,9	11,73
Membro superior	Solo Firme	137,9	1,0	12,58
Membro superior	Solo Firme	137,9	1,4	11,08
Membro superior	Solo Firme	137,9	1,9	11,46
Membro superior	Solo Firme	172,4	1,0	12,41
Membro superior	Solo Firme	172,4	1,4	12,10
Membro superior	Solo Firme	172,4	1,9	8,69
Membro superior	Solo Firme	206,8	1,0	13,16
Membro superior	Solo Firme	206,8	1,4	8,92
Membro superior	Solo Firme	206,8	1,9	9,24

O nível de pressão sonora no trator de 55,2 kW apresentou pequena faixa de variação, permanecendo sempre próximo a 89 dB(A), como mostra a Figura 18, o que obriga a utilização de um equipamento de proteção individual eficaz para o risco físico ruído.

7 CONCLUSÕES

O aumento da vibração foi diretamente proporcional ao aumento da potência no trator.

O tempo levado para entrar no nível de alerta vibracional, assim como no nível limite, é inversamente proporcional à velocidade de deslocamento do trator.

A velocidade média de 1,9 m/s não permitiu o trabalho por oito ou mais horas diárias.

As pistas de asfalto e solo firme absorveram mais as vibrações geradas pelo trator do que a pista de concreto.

A velocidade média de 1,0 m/s gera menor vibração ao operador.

A pressão de inflação do rodado agrícola de 206,8 kPa absorve em maior quantidade a vibração gerada pelo trator.

A sensação de conforto do operador do trator piorou quando houve o aumento da velocidade de deslocamento e da potência do motor e a diminuição da pressão de inflação do rodado agrícola.

O nível de pressão sonora gerada pelo trator não foi influenciado pelo tipo de solo, pressão de inflação dos pneus agrícolas e da velocidade média, sendo apenas influenciado pela potência do motor e pelo fato trator possuir ou não cabine, sendo que a não existência da cabine foi o fator mais importante de exposição do operador ao ruído.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS – ACGIH. *Limites de Exposição Ocupacional (TLVs) para Substâncias Químicas e Agentes Físicos & Índice Biológico de Exposição (BELs)*. ABHO. São Paulo. 2007. 260 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR ISO-1.585 – Veículos rodoviários – código de ensaio de motores – potência líquida efetiva*. ABNT. 1996. 26 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR-9.999 – Medição do nível de ruído, no posto de operação, de tratores e máquinas agrícolas*. ABNT. 1987a. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR-10.152 (NB-95) – Níveis de ruído para conforto acústico*. ABNT. 1987b. 4 p.

BRASIL, Portaria MTB n. 3.214, de 08 de junho de 1978. Aprova as Normas Regulamentadoras – NR – do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho. Disponível em <<http://www3.dataprev.gov.br/SISLEX/paginas/63/mte/1978/3214.htm>>. Acesso em: 18 jan. 2009.

CHANEY, R. E. *Subjective reaction to wholebody vibration*. **Boeing Company, Human Factors Technical Report D3**, p. 64-67, Wichita, Kansas. 1964.

CORRÊA, I. M.; YANAI, Kiyoshi; MAZIERO, José Valdemar Gonzalez; LANÇAS, K. P. Determinação da circunferência de rolamento de pneus agrícolas utilizando dois métodos: manual e eletrônico. *Bragantia*, Campinas, v. 58, n. 1, p. 179-184, 1999

CORRÊA, I. M., LANÇAS, K. P., MAZIERO, J. V. G., YANAI, K. Desempenho operacional de trator 4x2 auxiliar com pneus radiais de baixa pressão e diagonais com a tração dianteira desligada. **X Congresso Latinoamericano De Ingenieria Agrícola**, Guanajuato, México. ALIA, 2000. CD-ROM.

DEBIASI, H., SCHLOSSER, J. F., PINHEIRO, E. D. *Características ergonômicas dos tratores agrícolas utilizados na região central do Rio Grande do Sul*. **Revista de Ciência**

Rural, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1807-1811, nov-dez, 2004.

DELMOND, J. G., REIS, E. F. dos. *Avaliação de níveis de ruído emitidos por tratores em diferentes operações agrícolas. IV Seminário de Iniciação Científica*. UEG. p. 7-12. 2006. Disponível em <http://www.prp.ueg.br/06v1/ctd/pesq/inic_cien/eventos/sic2006/arquivos/agrarias/avaliacao_niveis.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2009.

DUPUIS, H. *Mechanise Schwingugen, sowie: Messung und Bewertung von Schwingugen und Stößen*. **Ergonomie**, Munich: Hanser, p. 211-236. 1974.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa, p. 412, 1999.

FERNANDES, H. C., SANTOS FILHO, P. F. dos, QUEIROS, D. M., CAMILO, A. J., REIS, E. F. dos. *Vibração em tratores agrícolas: caracterização das faixas de frequência no assento do operador*. Engenharia na Agricultura. Viçosa. v. 11, n. 1-4, p. 23-31. Jan-dez. 2003.

FERNANDES, J. C. *Levantamento estatístico sobre o nível de ruído em operações agrícolas com tratores*. Anais do COBEM 1993. 8 p. 2003. Disponível em <<http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/niveis-ruído-tratores.doc>>. Acesso em: 24 jan. 2009.

FONTANA, G., da SILVA, R. P., LOPES, A., FURLANI, C. A. E. *Avaliação de características ergonômicas no posto do operador em colhedoras combinadas*. Revista de Engenharia Agrícola. Jaboticabal, v. 24, n. 3, setembro/dezembro, 2004.

FRANZ, C. A. B. *Avaliação do desempenho de pneumáticos para tratores agrícolas, com diferentes níveis de desgaste*. Santa Maria, 1988. 94 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Santa Maria, 1988.

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO, DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO – FUNDACENTRO. *Norma de Higiene Ocupacional 01: procedimento técnico para a avaliação da exposição ocupacional ao ruído contínuo ou intermitente e impacto*. FUNDACENTRO. 2001.40 p.

GUIGNARD, J. C. Vibration. In Crally, L. V. and Crally, L. J. *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*. John Wiley & Sons, p. 635-724. New York. 1985.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL – INMETRO. *Portaria n. 29*, 10 de março de 1995, p. 25.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. *ISO 2631 – Guia para avaliação da exposição humana à vibrações de corpo inteiro*. 1978. 18 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. *ISO 5008 – Agricultural wheeled tractors and field machinery – Measurement of whole-body vibration of operator*. 2002. 17 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 5349-1 – Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 1: General requirements*. 2001. 24 p.

- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. *ISO 5349-2 – Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace*. 2001. 36 p.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. *ISO 7962 – Transmissão mecânica do corpo humano na direção “z”*. 1987. 6 p.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. *ISO 8041 – Resposta humana à vibração – Instrumento de medição*. 2005. 91 p.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. *ISO 266 – Acoustics – Preferred frequencies*. 1997. 3 p.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. *ISO TR-14396 – Reciprocating internal combustion engines - Determination and method for the measurement of engine power*. 2002. 42 p.
- KROEMER, K. H. E., GRANDJEAN, E. *Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem*. 5ª Ed. Artmed Editora. Porto Alegre. 2005. 327 p.
- LANÇAS, K. P. **Desempenho operacional de pneus radiais em função da pressão de inflação, da lastragem e do deslizamento das rodas de tratores agrícolas**. Botucatu. 1996. Tese (Livre Docente) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- LEE, D. R., KIM, K. U. Effect of inflation pressure on tractive performance of bias-ply tires. *Journal of Terramechanics*, nº 03, v. 34, p. 187 – 208, 1997.
- MAZETTO, F. R. **Avaliação dos desempenhos operacional e energético e da ergonomia de colhedoras de soja (*Glycine max (L.) Merrill*) no sistema de plantio direto**. Botucatu. 2008. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- MENEZES, J. S. R., PAULINO, N. J. A. *Efeitos do Ruído no Organismo: Manual de Avaliação e Controle do Ruído*. 3ª Ed. LTr. p. 62-72. São Paulo. 2004.
- MERCK SHARP & DOHME. *Doenças reumáticas*. Disponível em <http://www.msdbrazil.com/msdbrazil/patients/sua_saude/reumaticas/lombalgia/lomabalgia.htm> acessado em 02 de dezembro de 2008.
- MIALHE, L.G. *Máquinas Motoras na Agricultura*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v. 2. 1980. 366 p.
- MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL. *Anuário Estatístico da Previdência Social 2007*. Brasília: V.16. 2007. 862 p.
- ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE – OPAS. ***Doenças relacionadas ao trabalho: manual de procedimentos para o sistema de saúde***. MS. Brasília. 2001. 580 p.
- SALIBA, TUFFI MESSIAS. *Manual de Avaliação e Controle do Ruído*. 3ª Ed. LTr. São Paulo. 2004. 110 p.
- SANTOS FILHO, P. F., FERNANDES, H. C., QUEIROZ, D. M. de, SOUZA, A. P. de, CAMILO, A. J. ***Avaliação dos níveis de vibração vertical no assento de um trator agrícola de***

pneus utilizando um sistema de aquisição automático de dados. Revista Árvore, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 887-895, 2003.

SANTOS FILHO, P. F., FERNANDES, H. C., QUEIROZ, D. M. de, SOUZA, A. P. de, CAMILO, A. J. *Utilização de um sistema de aquisição automática de dados para avaliação dos níveis de ruído de um trator agrícola de pneus.* Revista Árvore, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 381-386, 2004.

SILVA, L. F., MENDES, R. *Exposição combinada entre ruído e vibração e seus efeitos sobre a audição de trabalhadores.* Revista Brasileira de Saúde Ocupacional. v. 39. p. 9-17. 2005.

SILVA, R. P. da, FONTANA, G., LOPES, A. FURLANI, C. E. A. *Avaliação do nível de ruído em colhedoras combinadas.* Revista de Engenharia Agrícola. Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 381-387, maio/agosto 2004.

SOUZA, L. H. de, FERNANDES, H. C., VITÓRIA, E. L. da. *Avaliação do nível de ruído causado por diferentes conjuntos mecanizados.* Revista Brasileira de Saúde Ocupacional. v. 28. n. 105/106. p. 21-30. 2004.

SOUZA, L. H. de, DIAS, G. P., SOUZA, L. C., DIAS, I. G. *Avaliação do nível de ruído emitido por um desintegrador/picador/moedor (DPM-1) no processamento do milho.* Revista de Engenharia na Agricultura. Viçosa, v. 12, n. 2, p. 118-123, abr./jun. 2004b.

SRIVASTAVA, A.K., GOERING, C.E., ROHRBACH, R.P. Tractor hitching, traction and testing. In: _____ Engineering principles of agricultural machines. 3 ed. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, p.117-145, 1996.

VENDRAME, A. C. *Vibração ocupacional.* 2006. Disponível em <http://www.higieneocupacional.com.br/download/vibracoes_vendrame.pdf> Acesso em 08 fev. 2009.

VENDRAME, A. C. *Vibração ocupacional – estado da arte.* 2008. 4 p. Disponível em <<http://www.higieneocupacional.com.br/download/vibracao-estado-arte.pdf>>. Acesso em: 24 jan. 2009.

YANAI, K.; SILVEIRA, G.M.; LANÇAS, K.P.; CORRÊA. I.M.; MAZIERO, J.V.G. *Desempenho operacional de trator com e sem acionamento da tração dianteira auxiliar.* *Pesquisa Agropecuária. Brasileira*, Brasília, v.34, n.8, p.1427-34, 1999.

ANEXO I

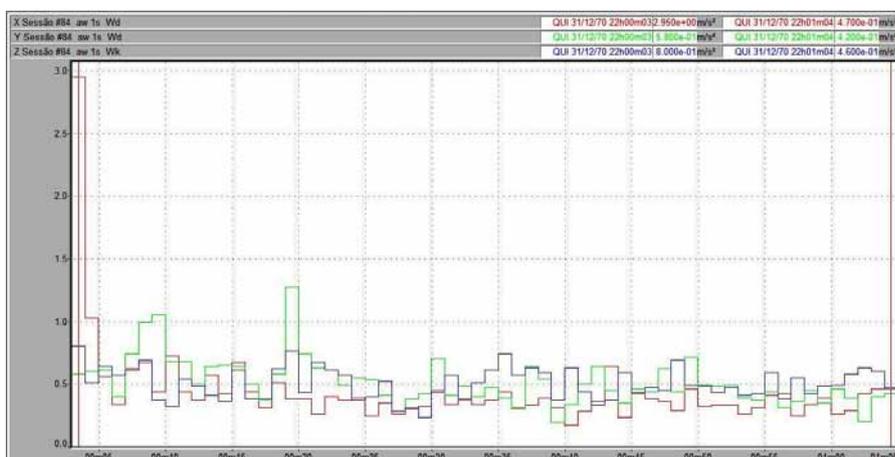


Figura 19 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-2.

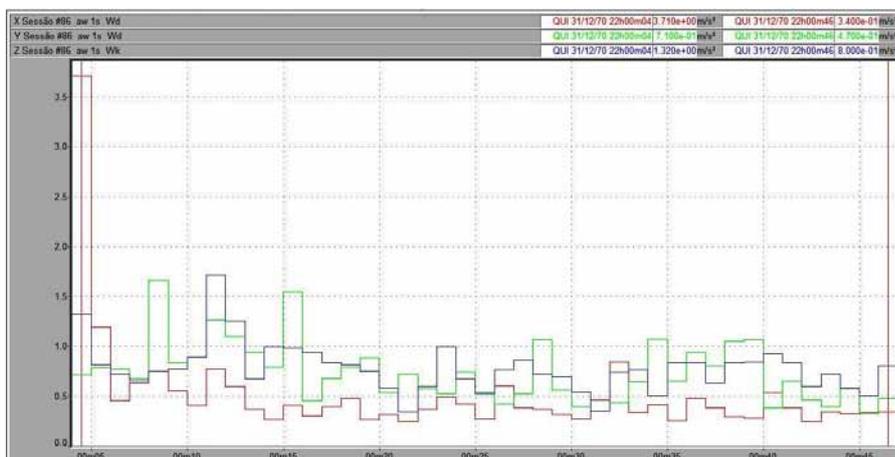


Figura 20 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-3.



Figura 21 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-4.

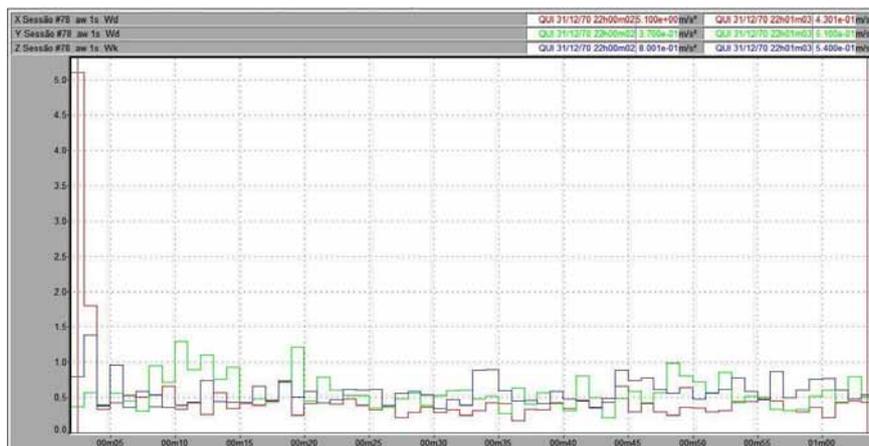


Figura 22 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-2.



Figura 23 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-3.

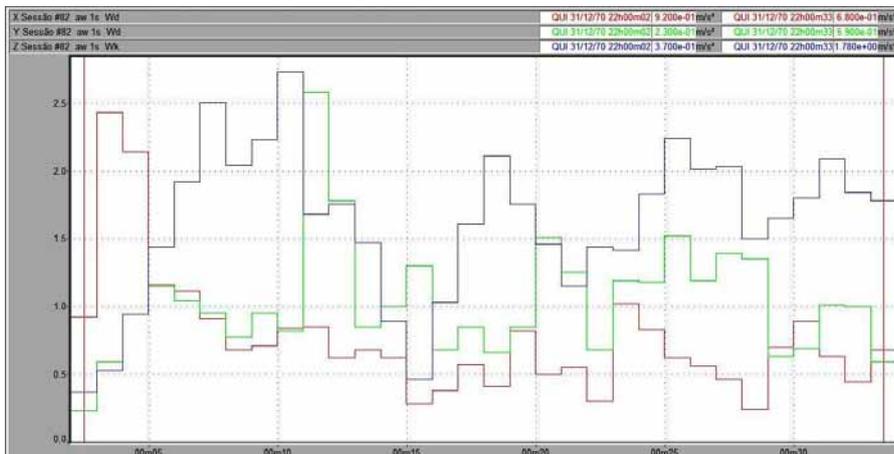


Figura 24 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-4.



Figura 25 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-2.



Figura 26 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-3.

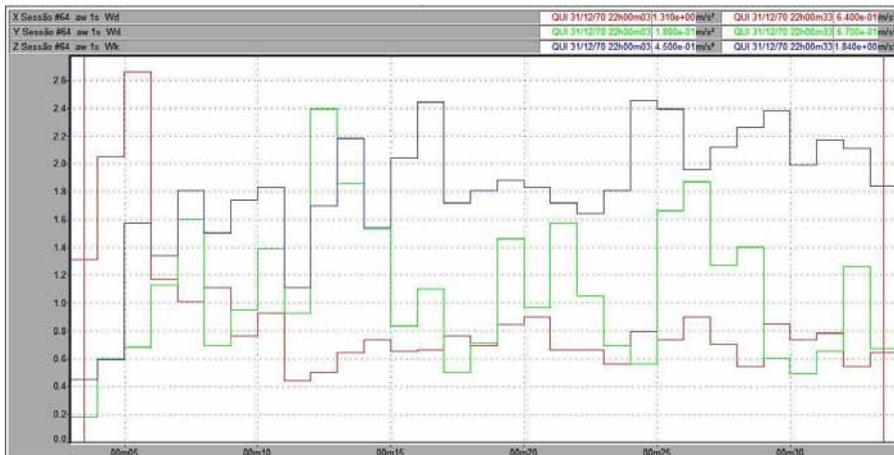


Figura 27 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-4.



Figura 28 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-2.

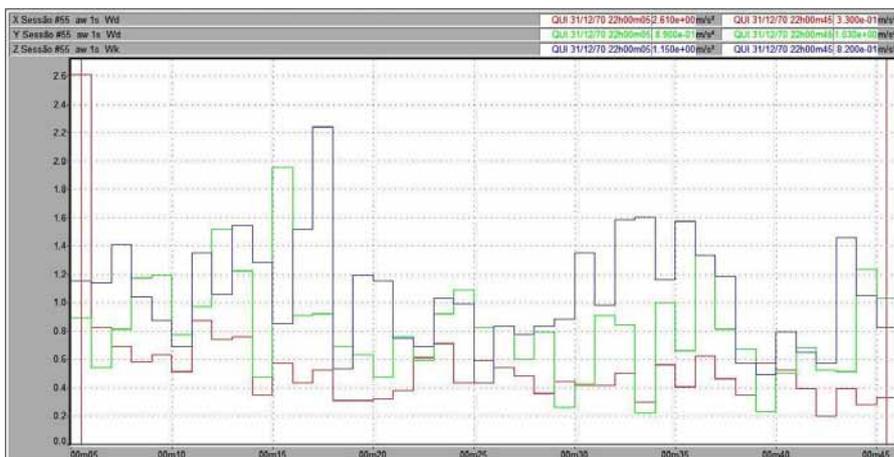


Figura 29 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-3.

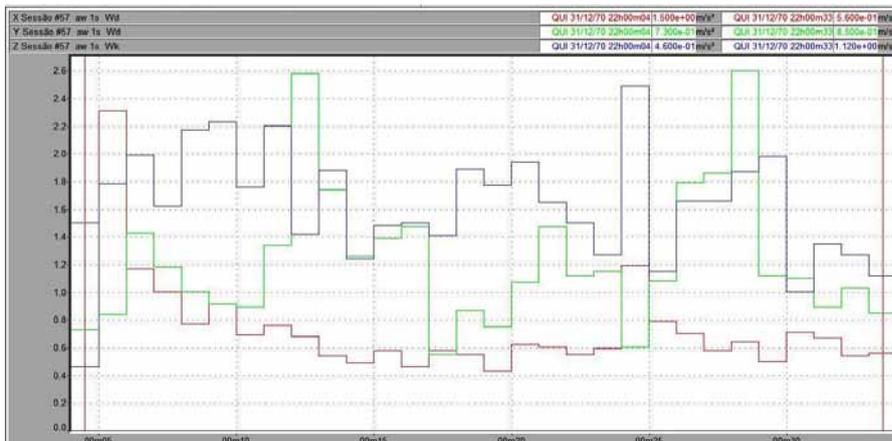


Figura 30 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-4.

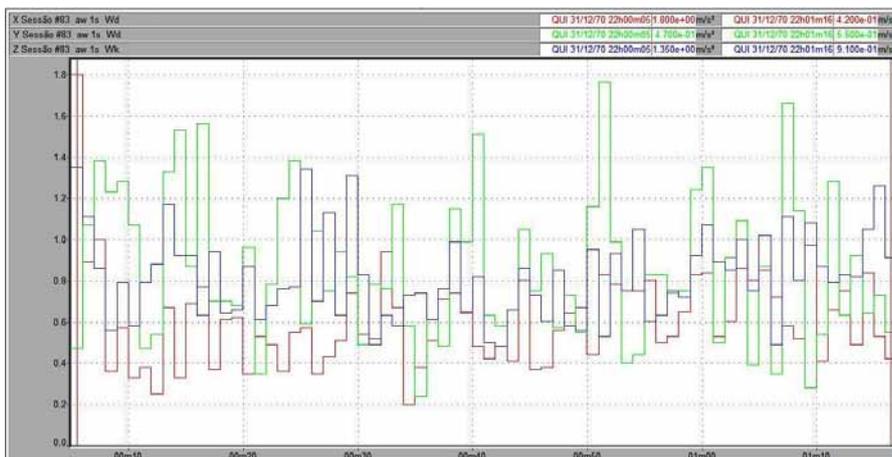


Figura 31 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-2.



Figura 32 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-3.

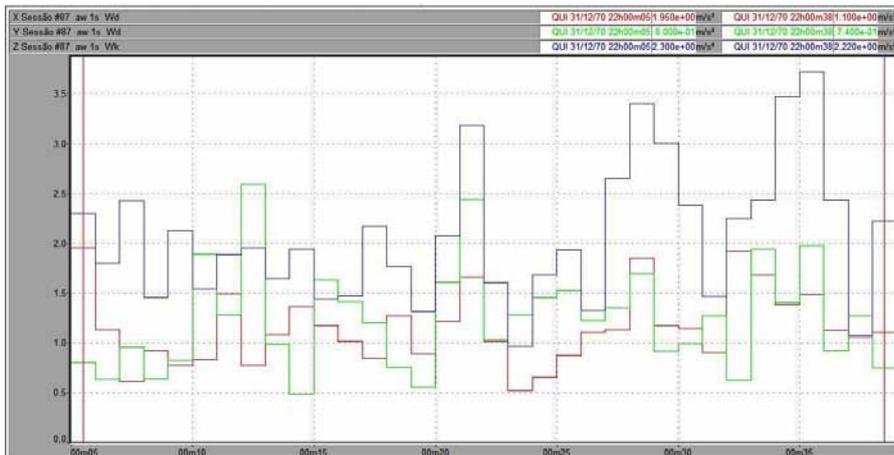


Figura 33 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-4.



Figura 34 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-2.



Figura 35 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-3.

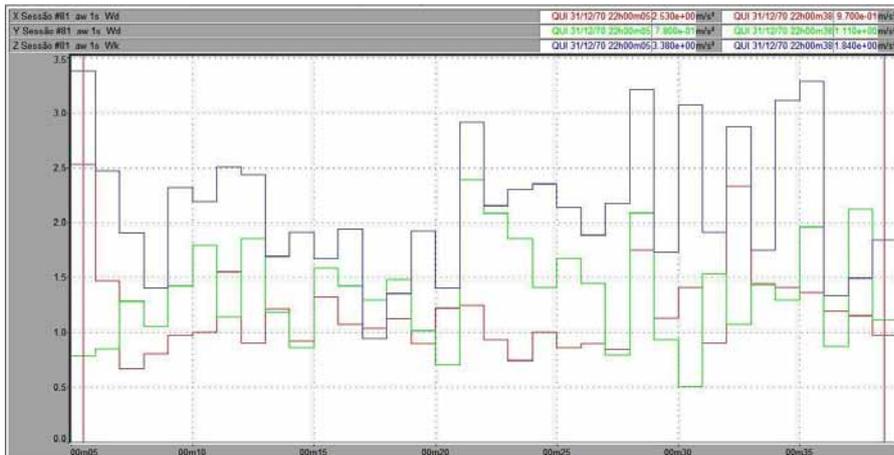


Figura 36 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-4.

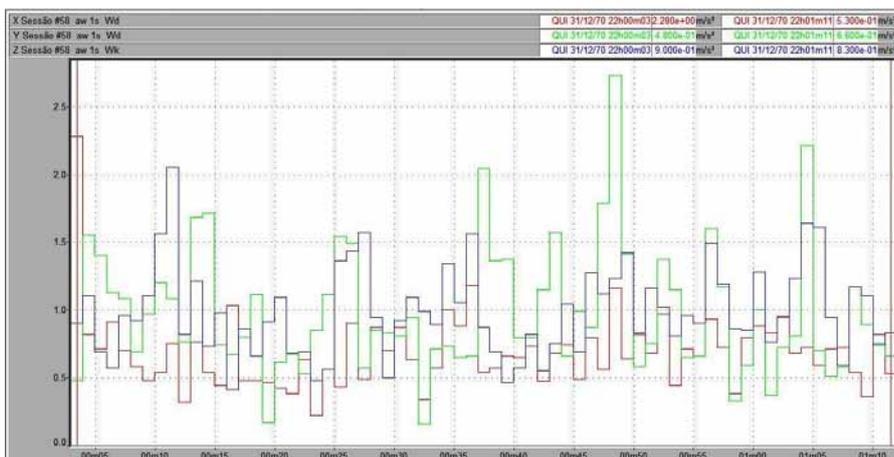


Figura 37 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-2.



Figura 38 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-3.

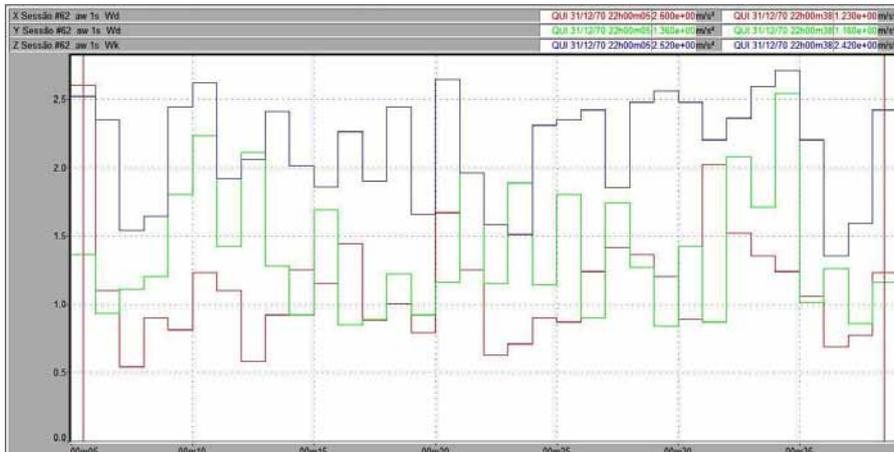


Figura 39 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-4.

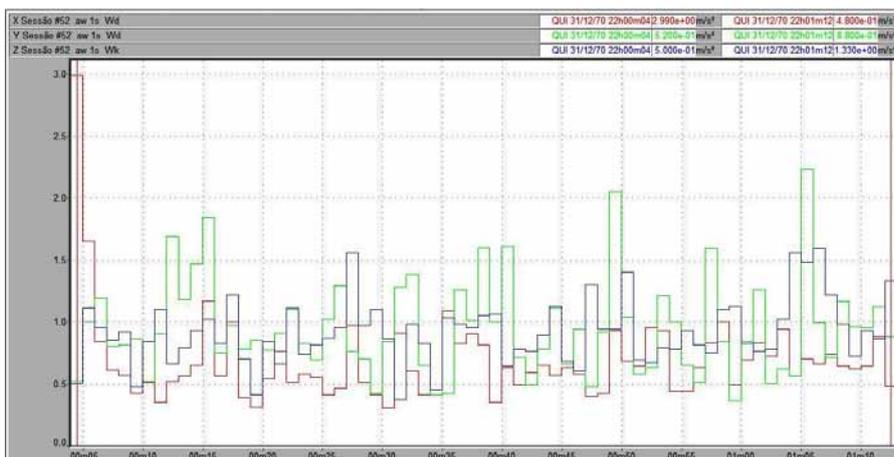


Figura 40 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-2.



Figura 41 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-3.

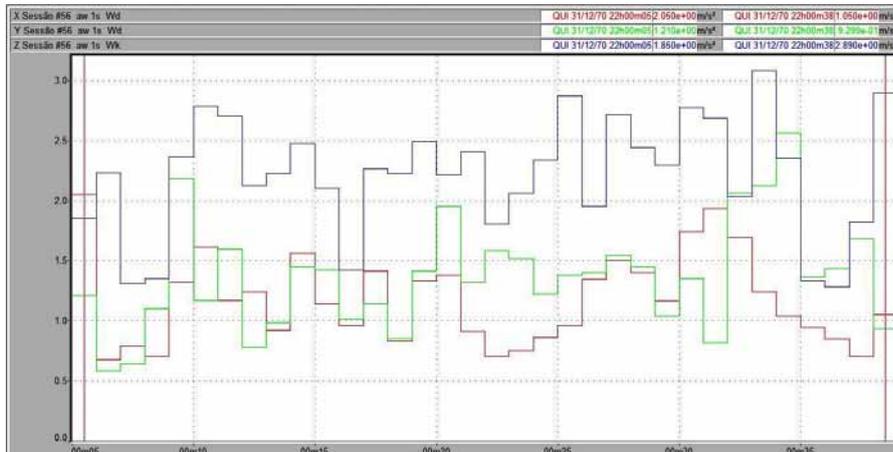


Figura 42 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-4.

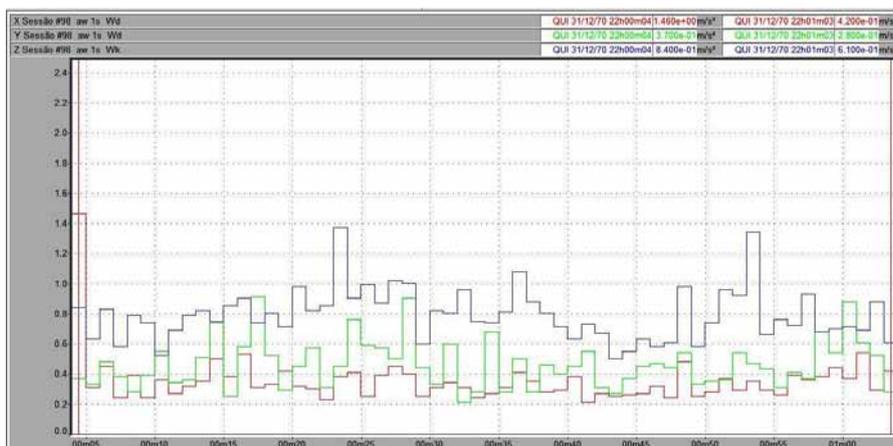


Figura 43 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-2.

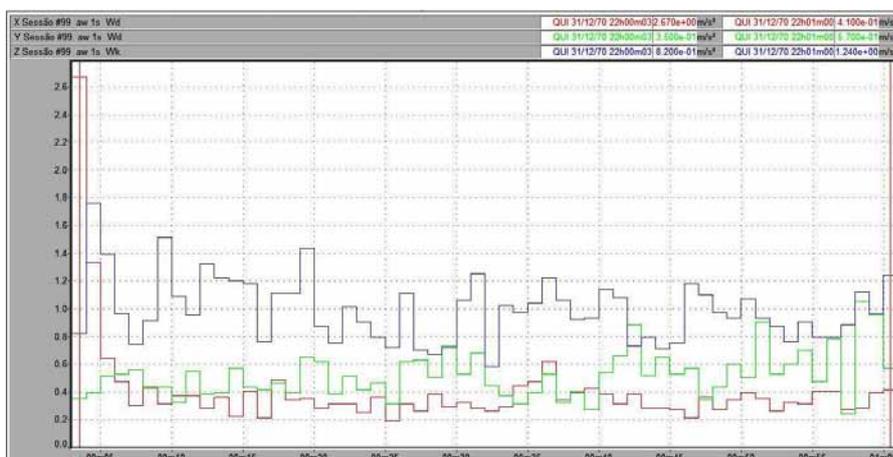


Figura 44 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-3.

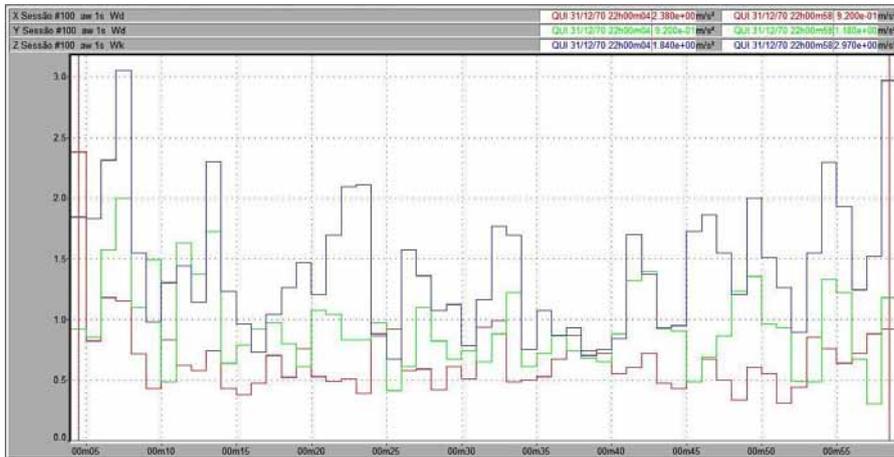


Figura 45 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-4.

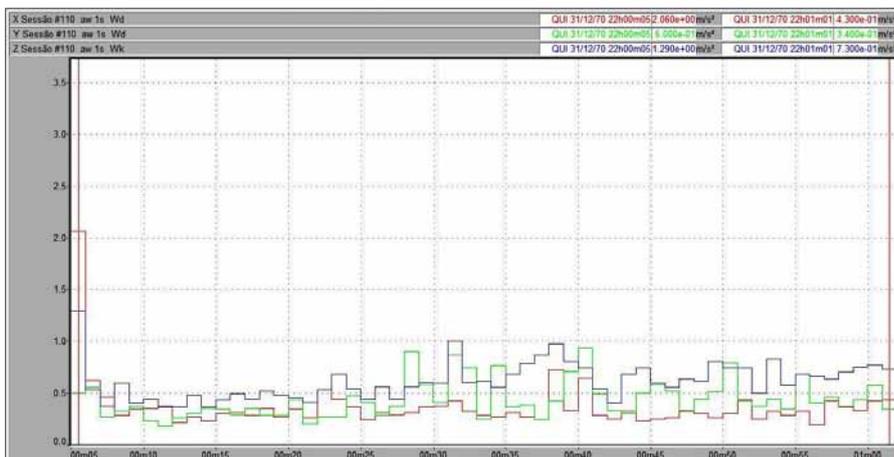


Figura 46 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-2.

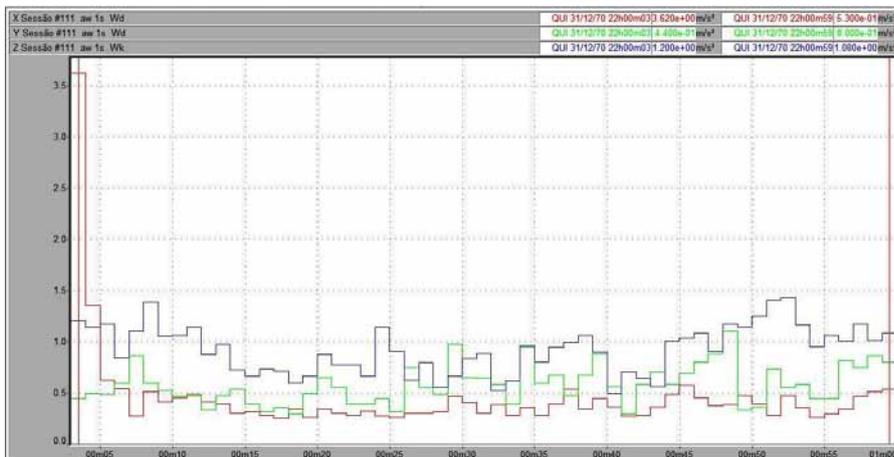


Figura 47 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-3.

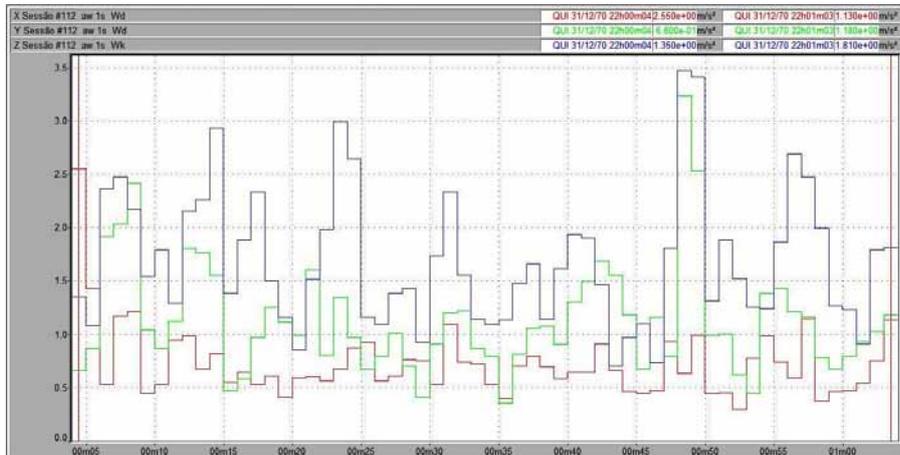


Figura 48- Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-4.

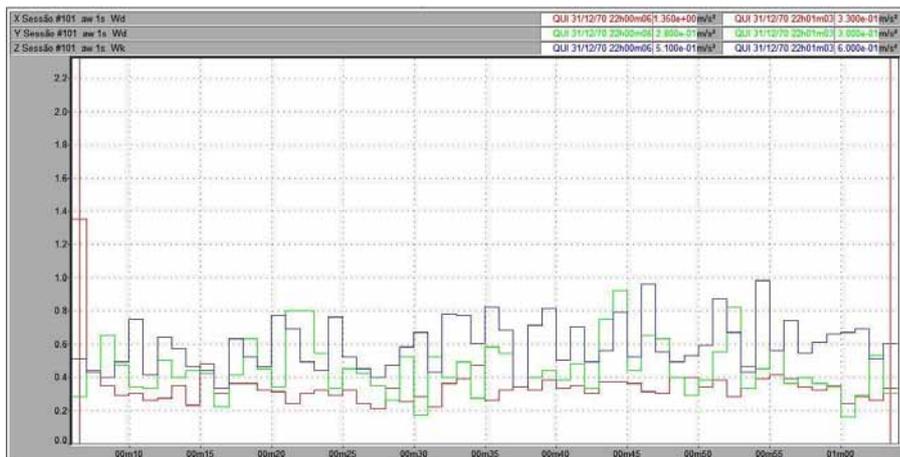


Figura 49 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-2.

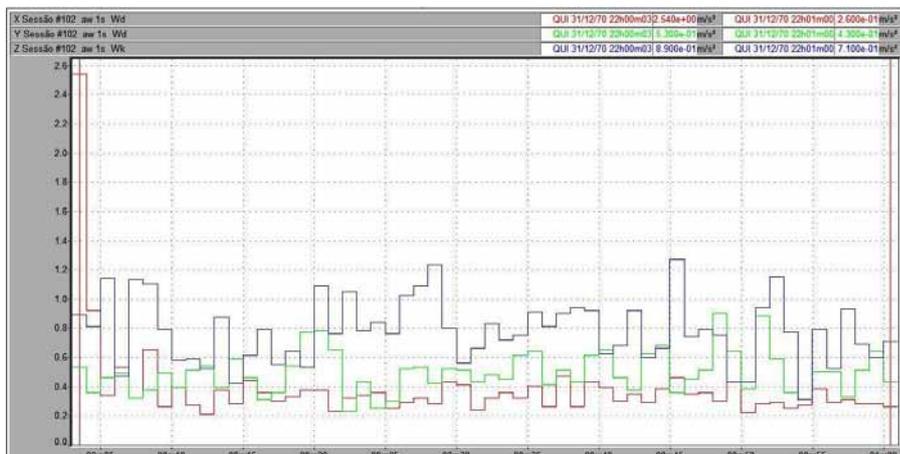


Figura 50 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-3.

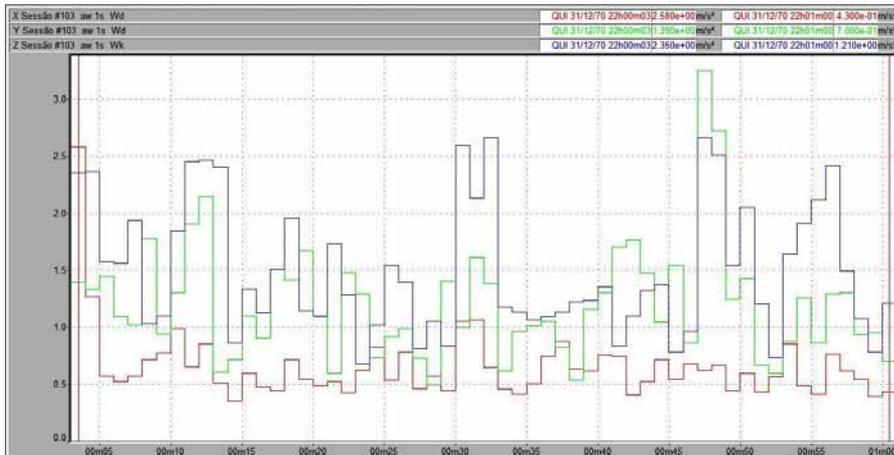


Figura 51 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-4.

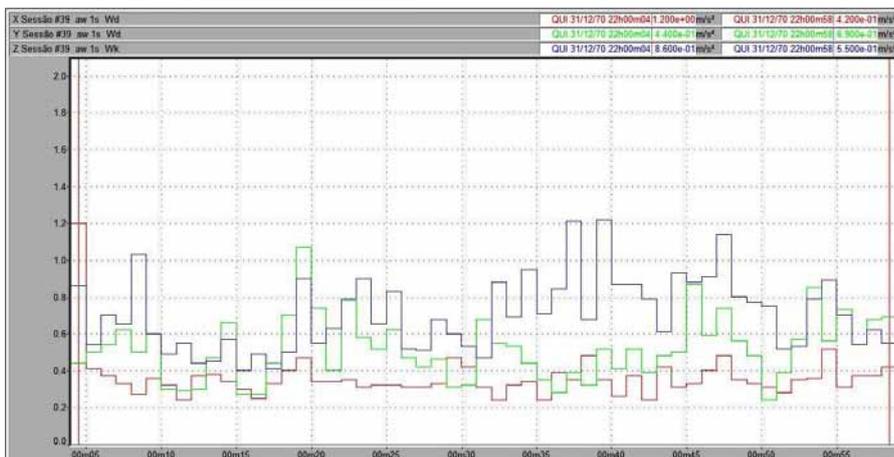


Figura 52 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-2.



Figura 53 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-3.

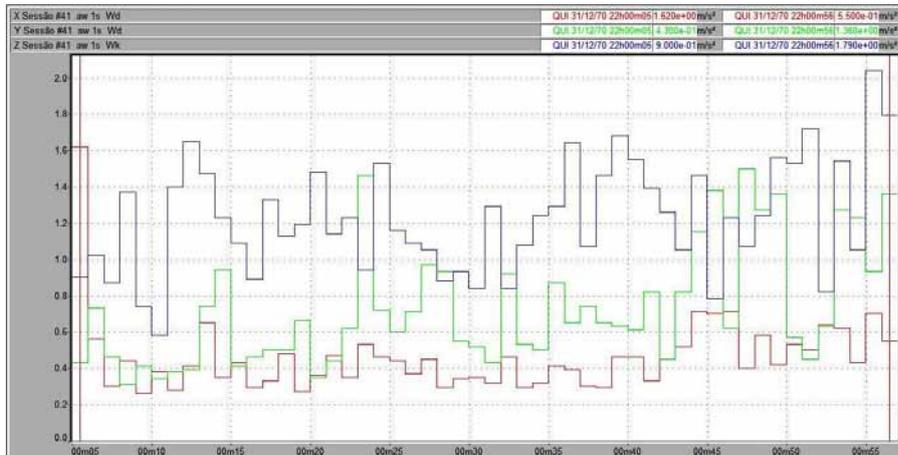


Figura 54 – Vibração no trator New Holland TL 75E no corpo inteiro, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-4.



Figura 55 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-2.



Figura 56 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-3.



Figura 57 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-4.



Figura 58 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-2.



Figura 59 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-3.



Figura 60 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-4.



Figura 61 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-2.



Figura 62 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-3.



Figura 63 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-4.



Figura 64 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-2.



Figura 65 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-3.

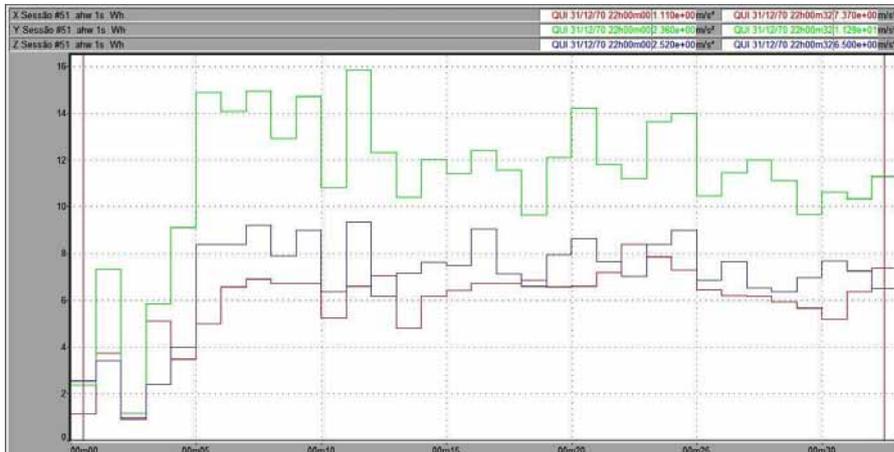


Figura 66 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-4.

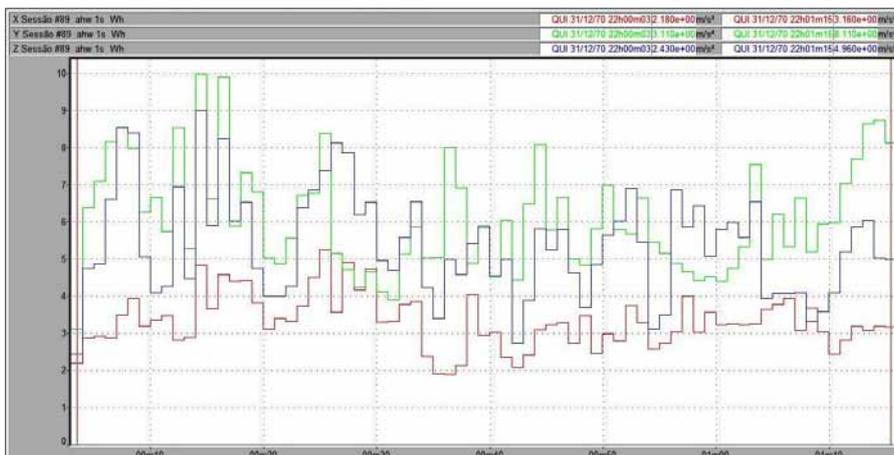


Figura 67 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-2.

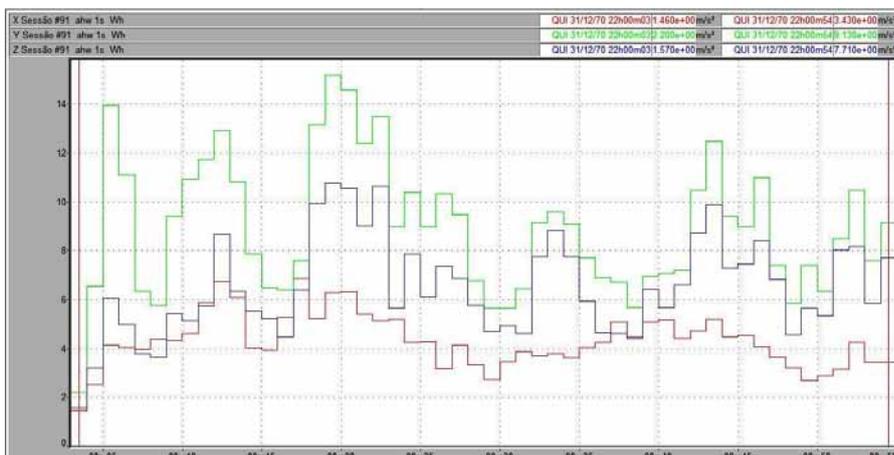


Figura 68 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-3.

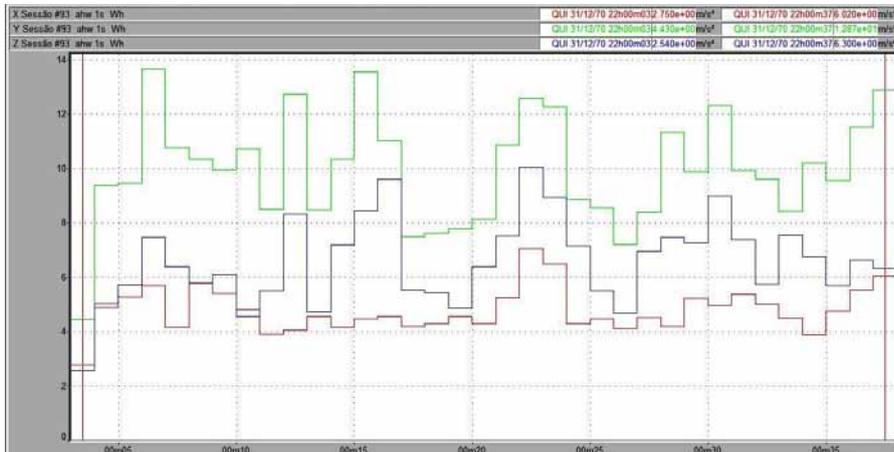


Figura 69 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-4.

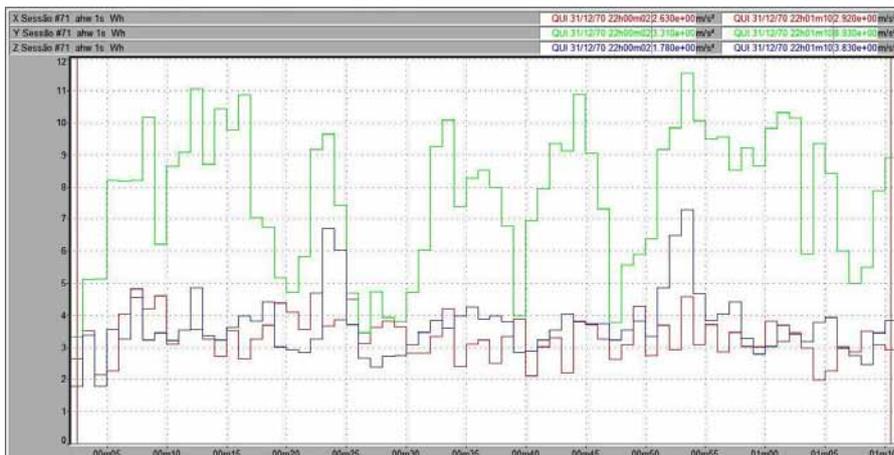


Figura 70 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-2.

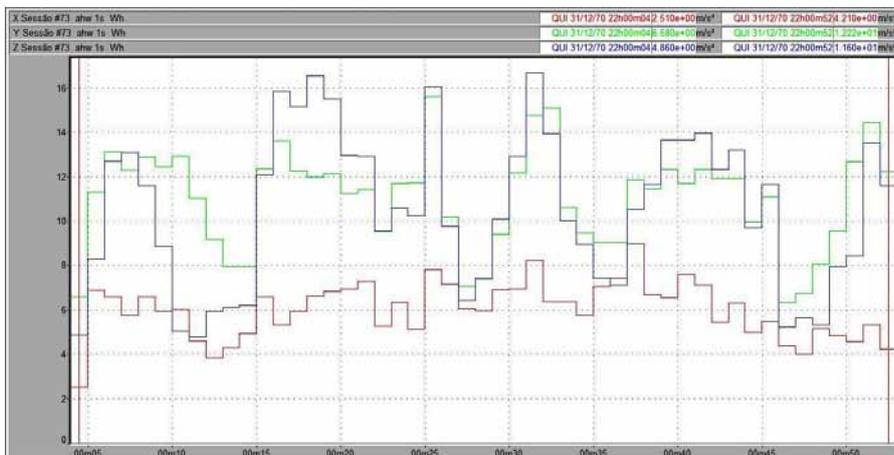


Figura 71 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-3.



Figura 72 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-4.

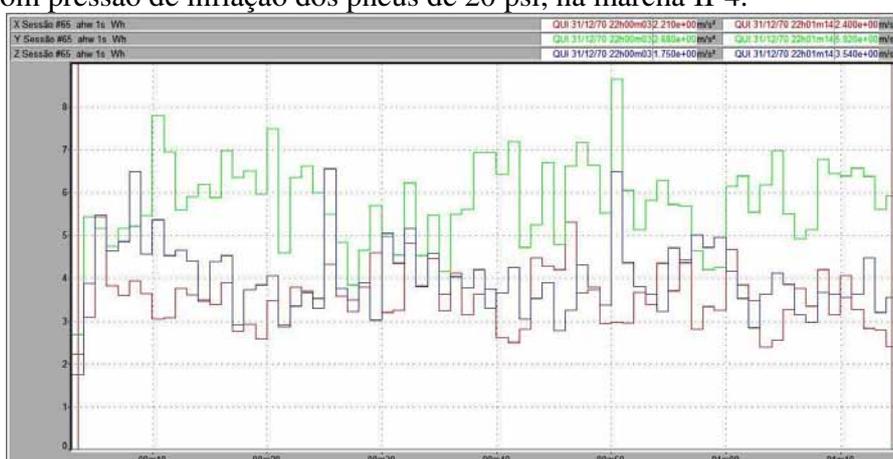


Figura 73 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-2.



Figura 74 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-3.



Figura 75 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-4.

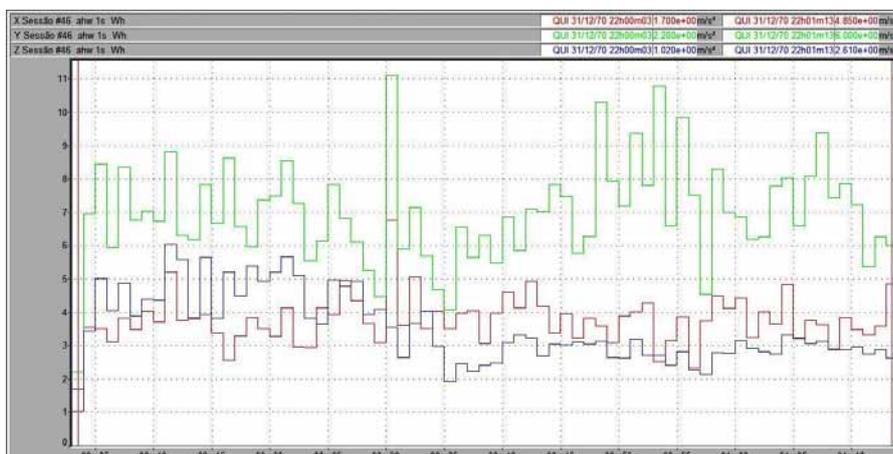


Figura 76 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-2.

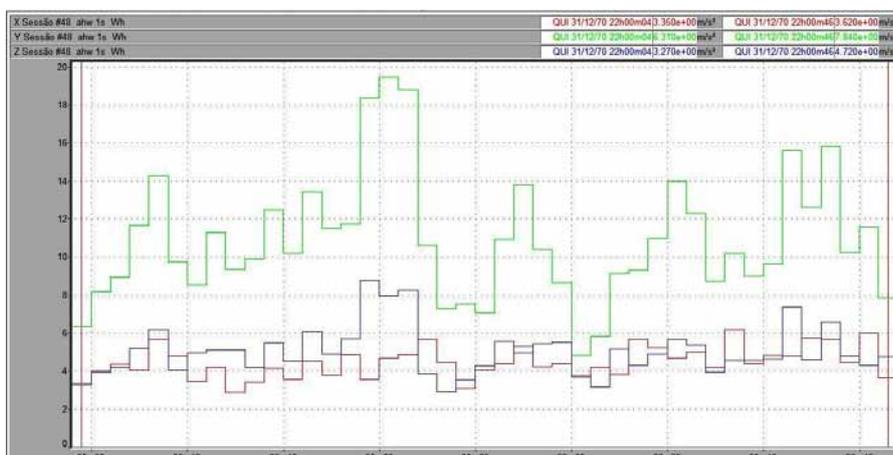


Figura 77 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-3.



Figura 78 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-4.



Figura 79 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-2.



Figura 80 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-3.

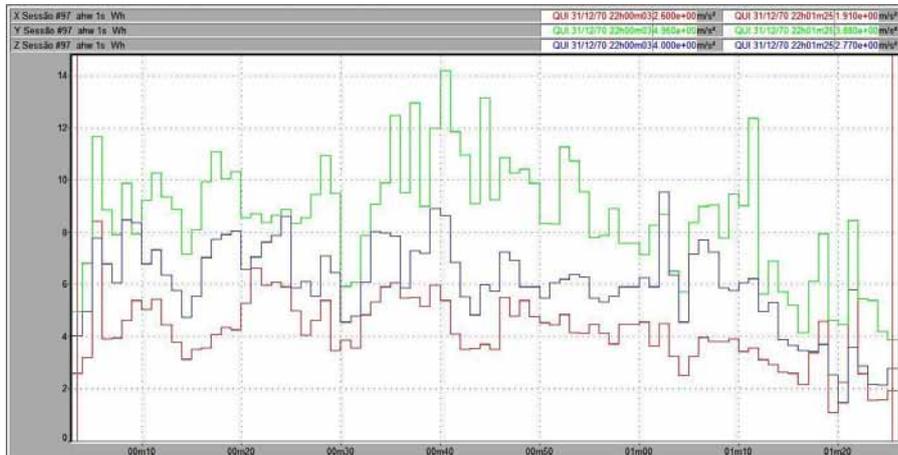


Figura 81 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-4.



Figura 82 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-2.



Figura 83 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-3.



Figura 84 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-4.



Figura 85 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-2.

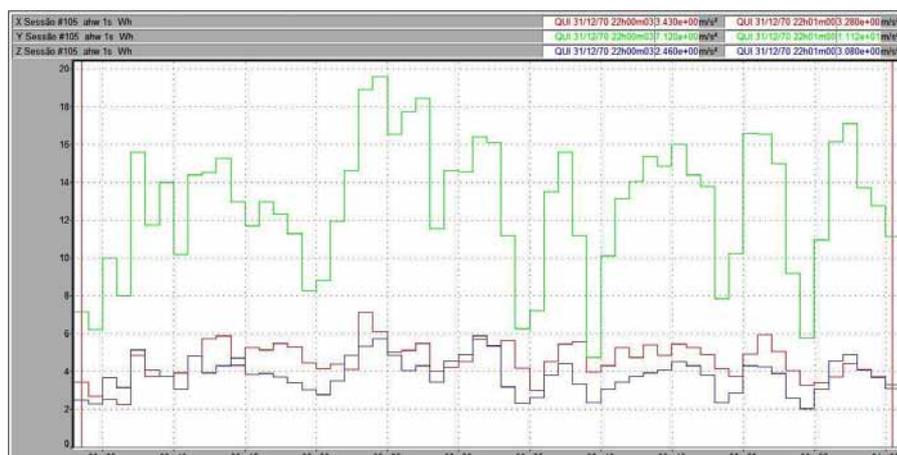


Figura 86 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-3.



Figura 87 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-4.



Figura 88 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-2.



Figura 89 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-3.

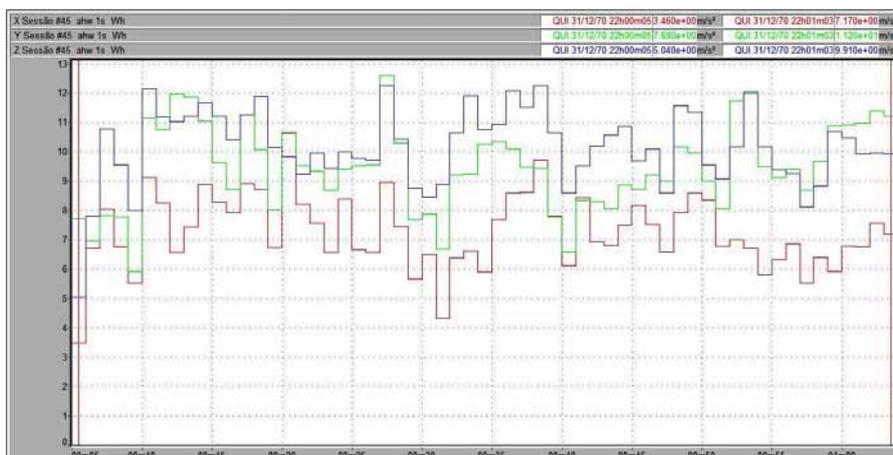


Figura 90 – Vibração no trator New Holland TL 75E no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-4.



Figura 91 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-2.



Figura 92 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-3.

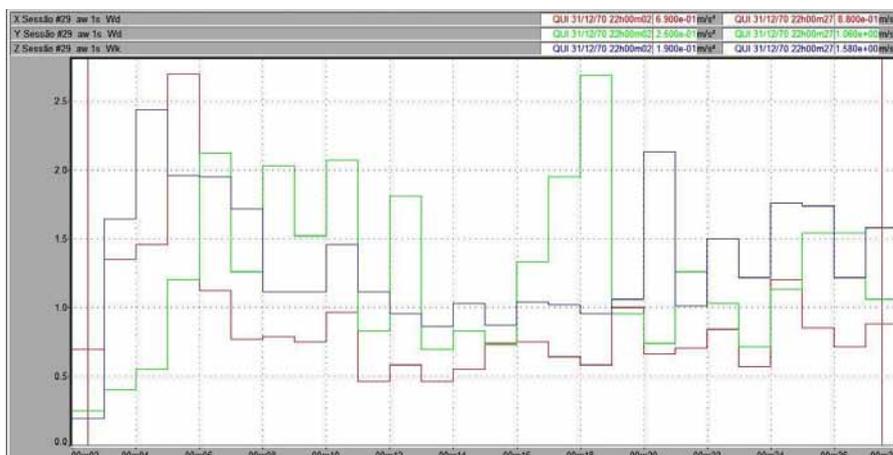


Figura 93 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-4.



Figura 94 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-2.



Figura 95 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-3.

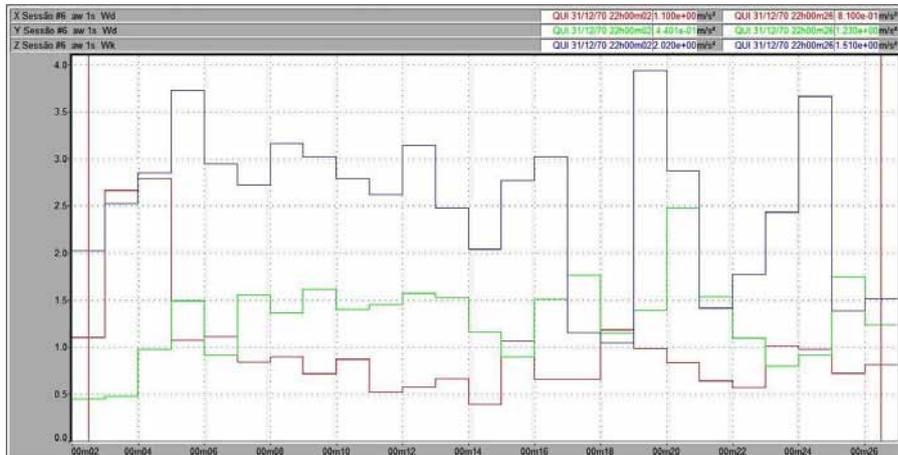


Figura 96 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-4.

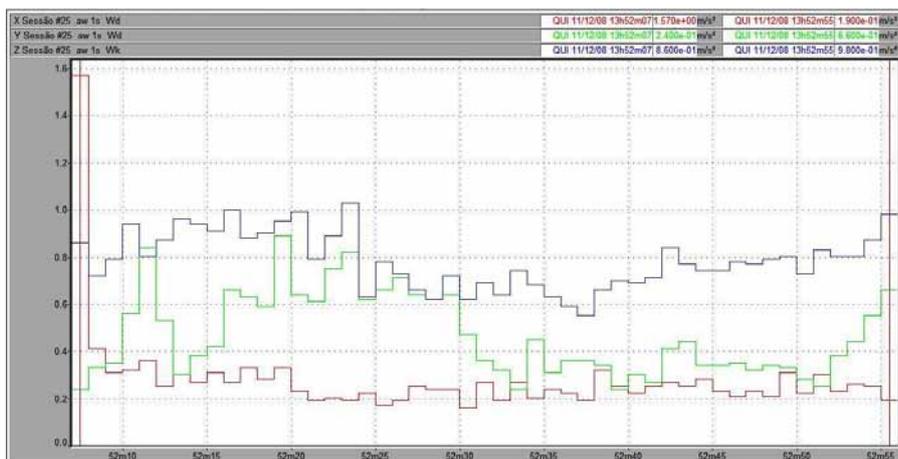


Figura 97 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-2.

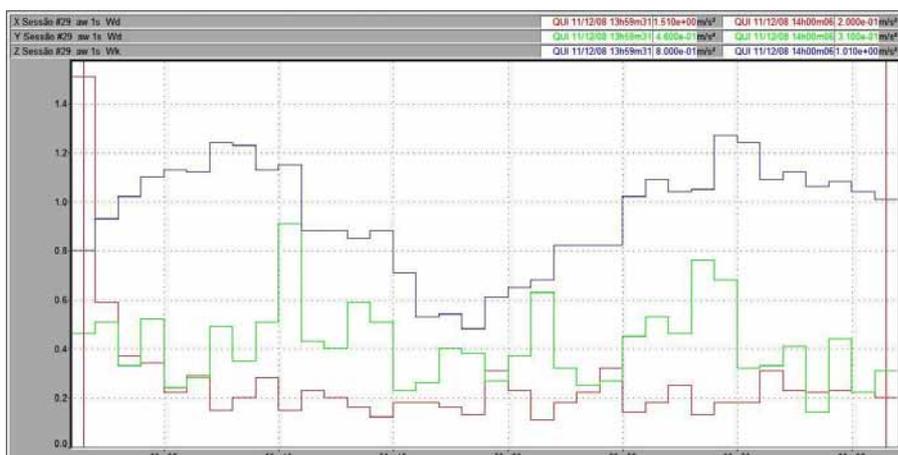


Figura 98 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-3.

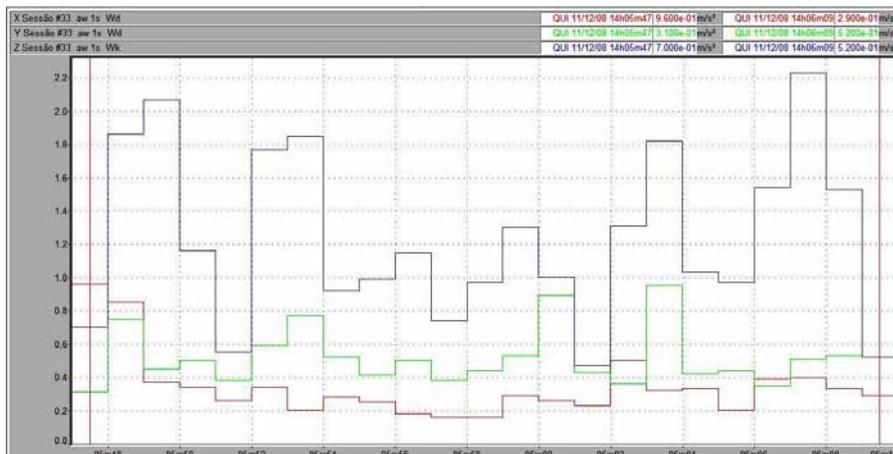


Figura 99 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-4.



Figura 100 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-2.

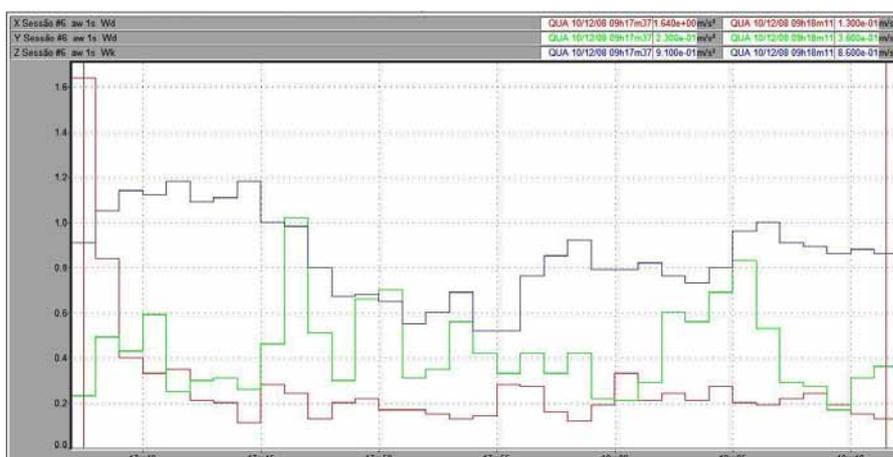


Figura 101 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-3.

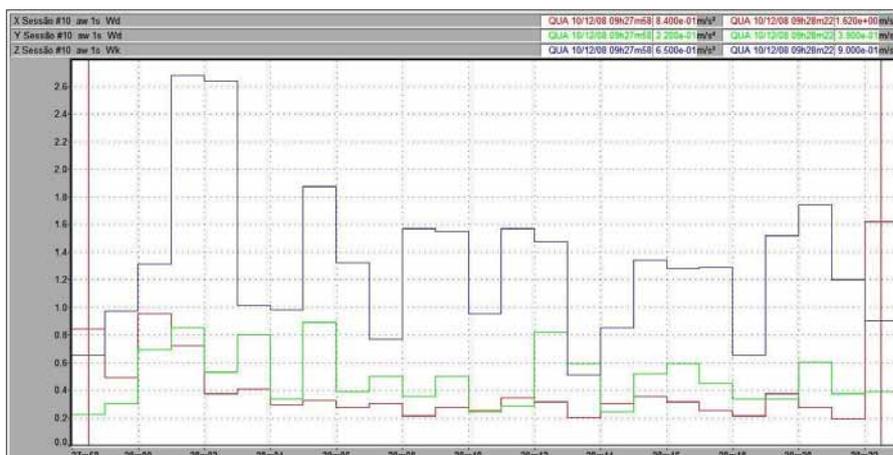


Figura 102 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-4.

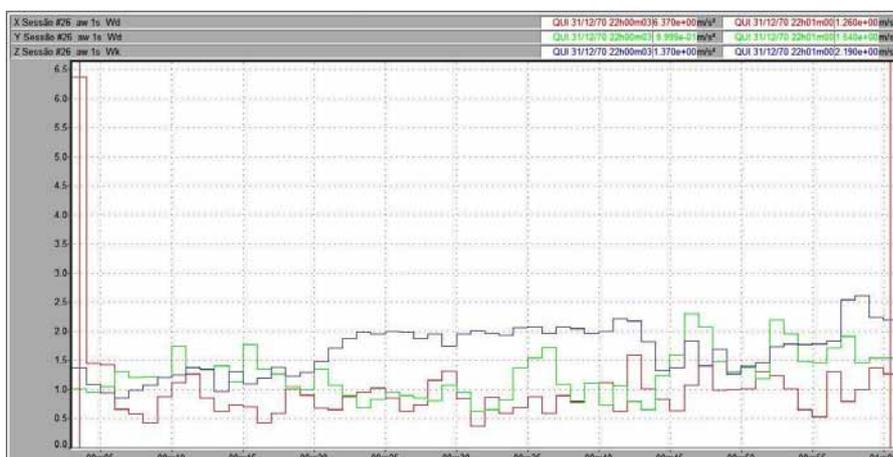


Figura 103 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-2.

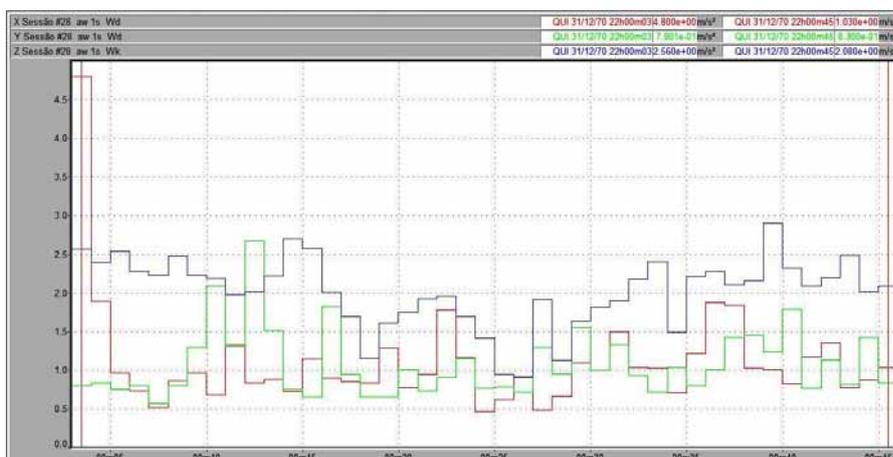


Figura 104 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-3.



Figura 105 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-4.

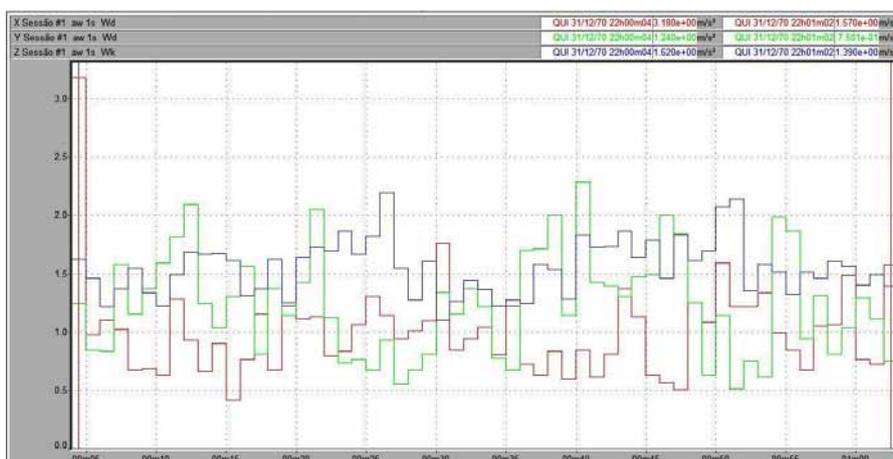


Figura 106 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-2.

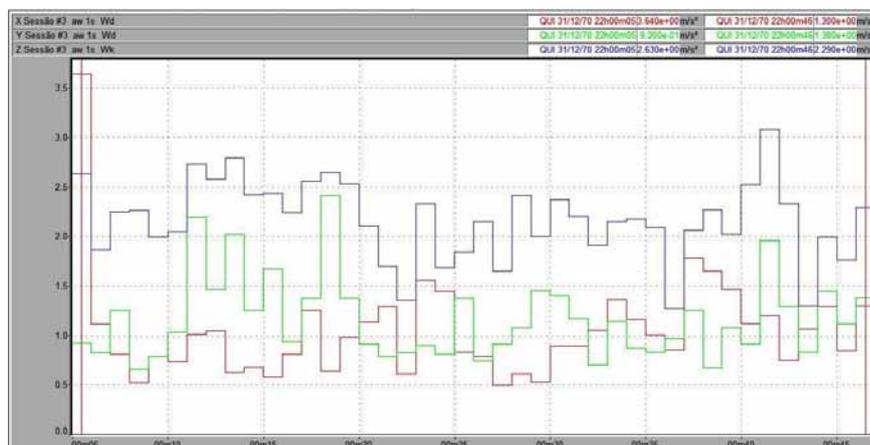


Figura 107 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-3.

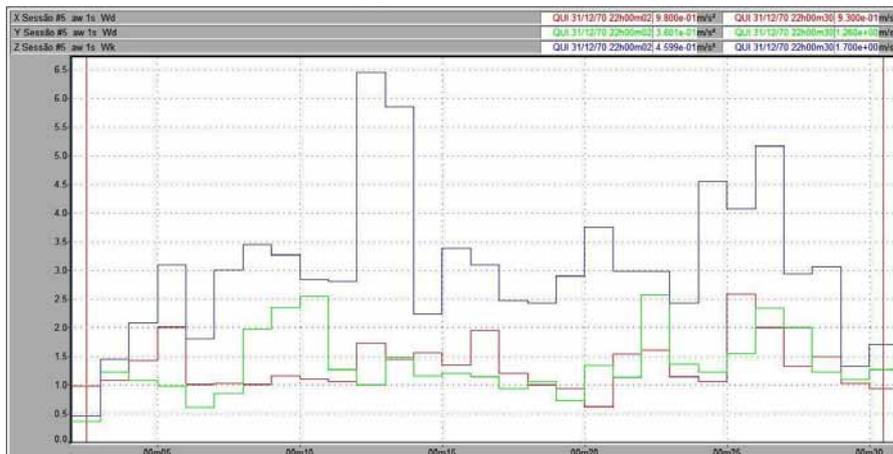


Figura 108 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-4.

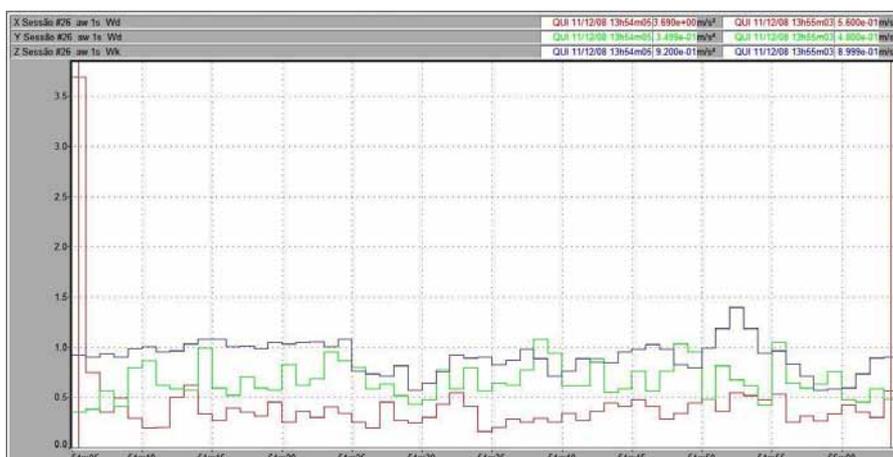


Figura 109 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-2.

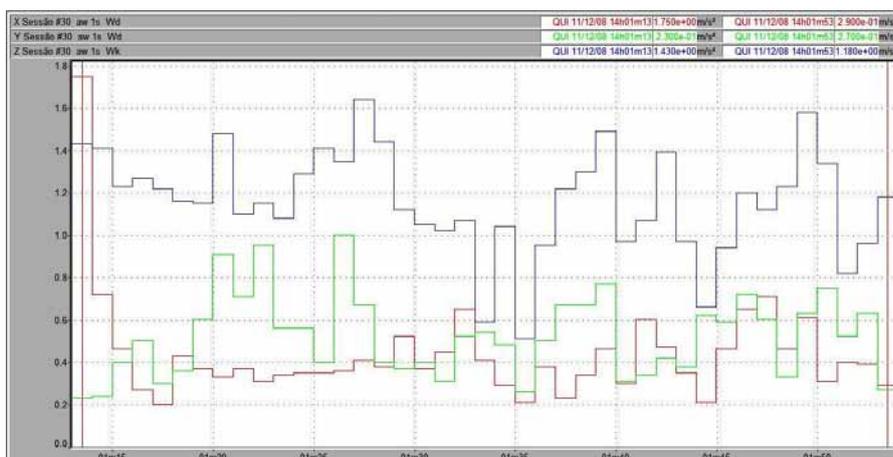


Figura 110 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-3.



Figura 111 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-4.

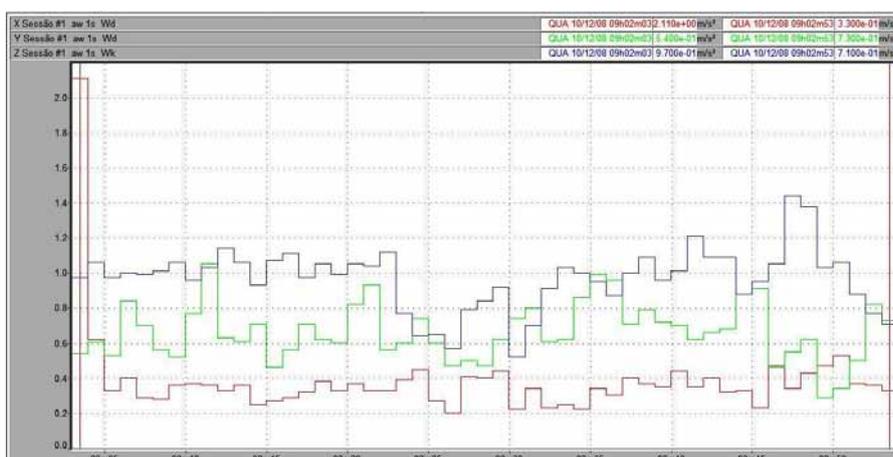


Figura 112 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-2.

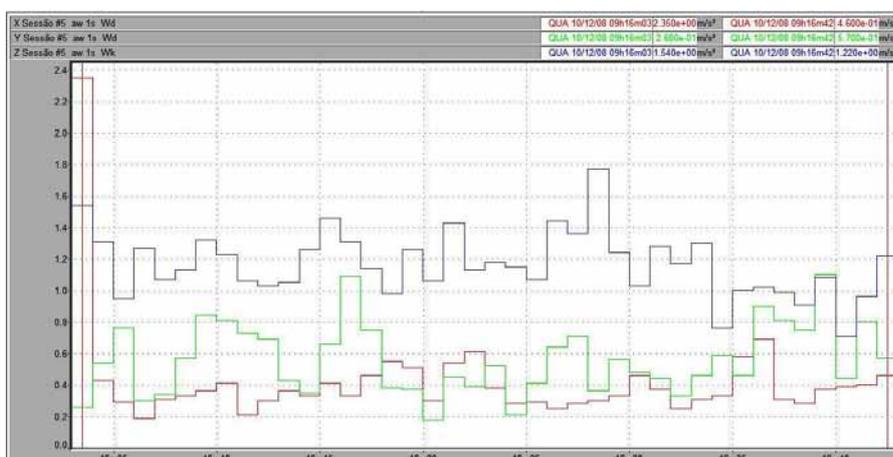


Figura 113 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-3.

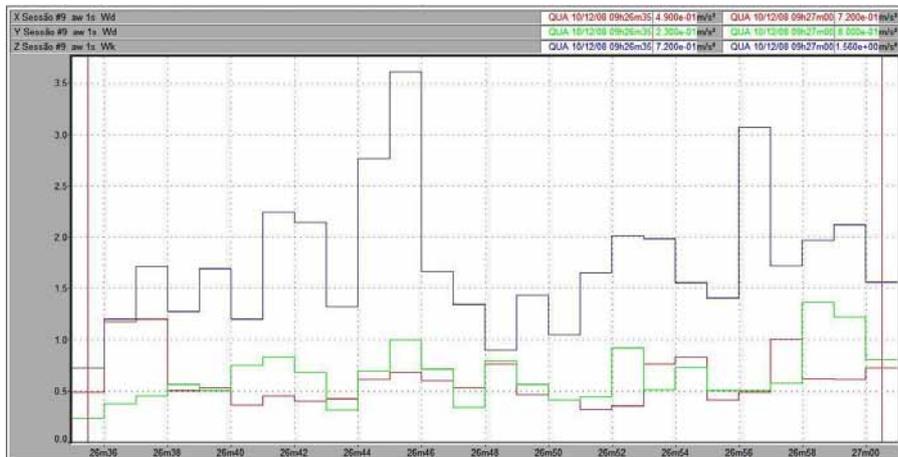


Figura 114 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-4.



Figura 115 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de solo batido, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-2.



Figura 116 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de solo batido, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-3.



Figura 117 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de solo batido, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-4.



Figura 118 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de solo batido, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-2.



Figura 119 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de solo batido, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-3.



Figura 120 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de solo batido, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-4.



Figura 121 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de solo batido, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-2.

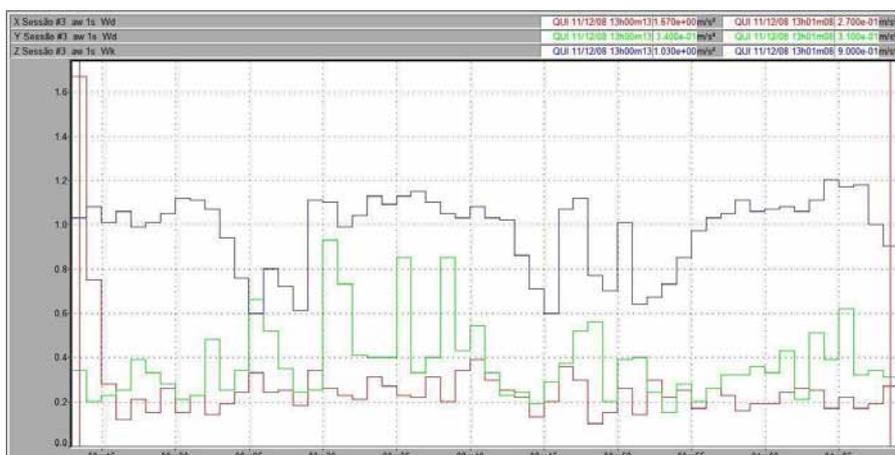


Figura 122 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de solo batido, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-3.

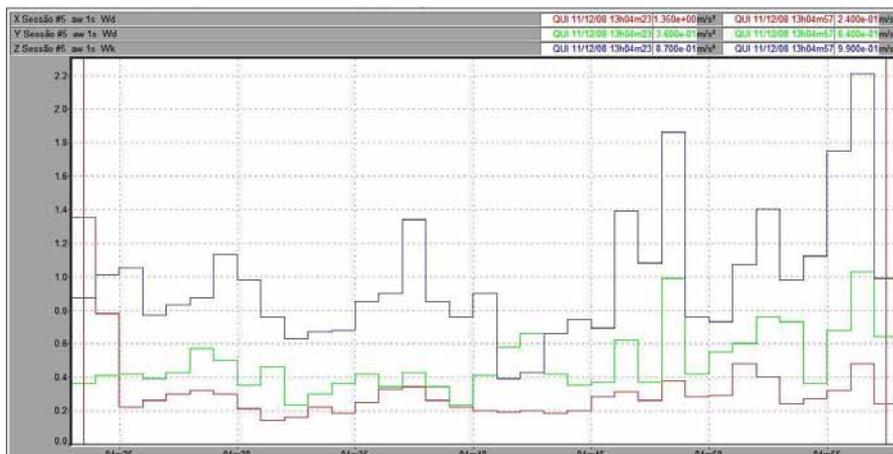


Figura 123 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de solo batido, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-4.



Figura 124 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de solo batido, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-2.

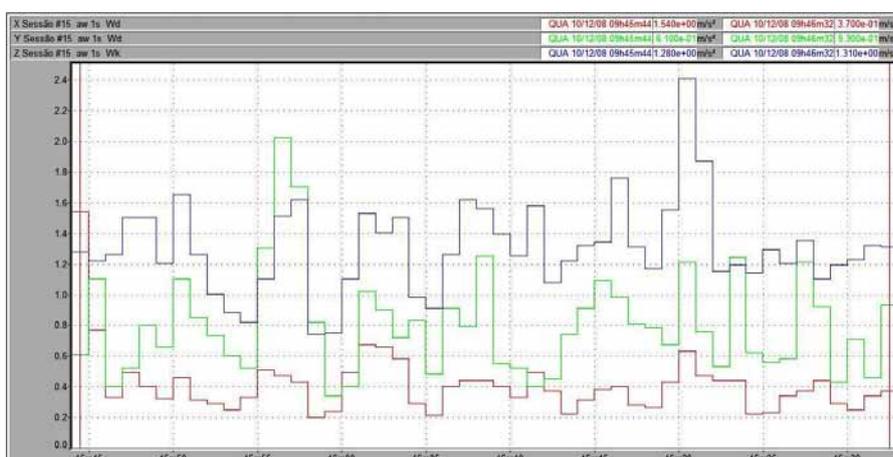


Figura 125 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de solo batido, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-3.

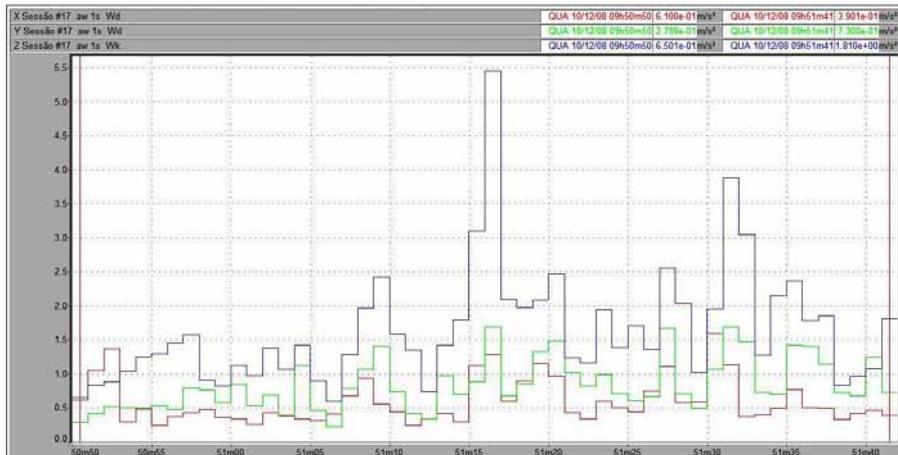


Figura 126 – Vibração no trator New Holland TS 110 no corpo inteiro, em pista de solo batido, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-4.



Figura 127 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-2.



Figura 128 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-3.

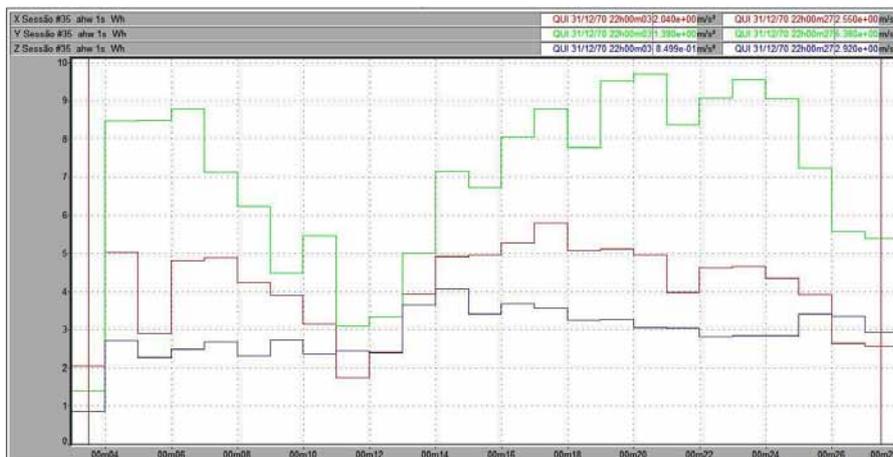


Figura 129 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-4.



Figura 130 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-2.



Figura 131 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-3.



Figura 132 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-4.



Figura 133 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-2.



Figura 134 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-3.

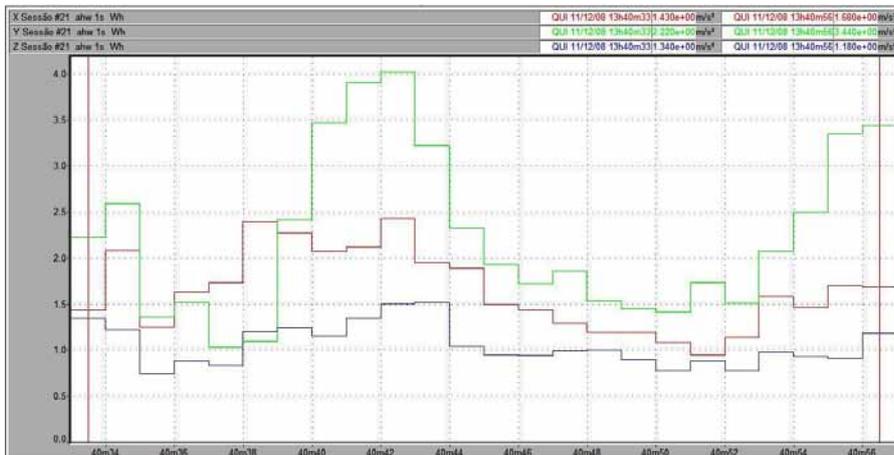


Figura 135 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-4.



Figura 136 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-2.



Figura 137 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-3.



Figura 138 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de asfalto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-4.



Figura 139 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-2.

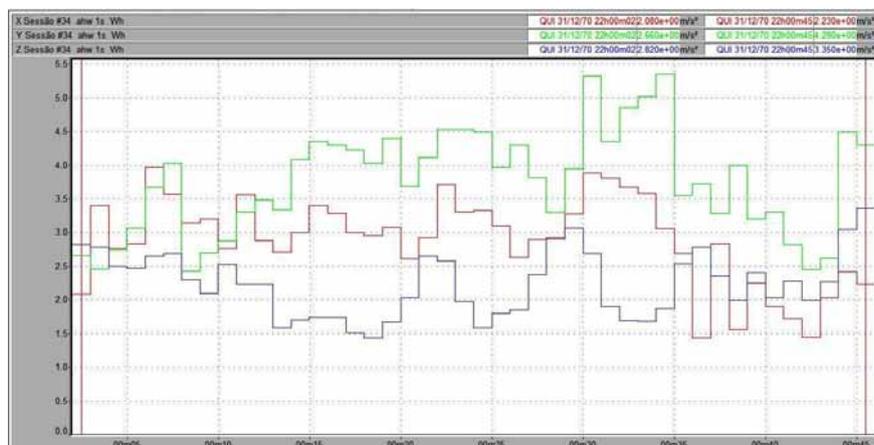


Figura 140 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-3.

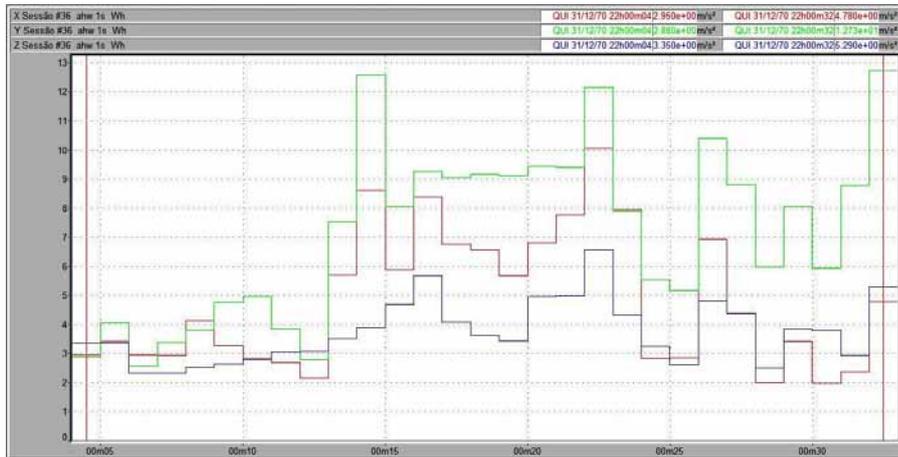


Figura 141 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-4.



Figura 142 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-2.



Figura 143 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-3.

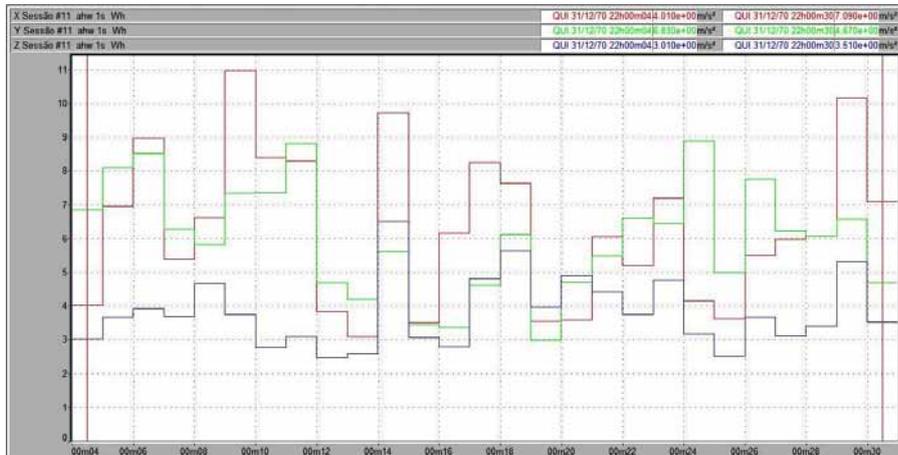


Figura 144 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-4.

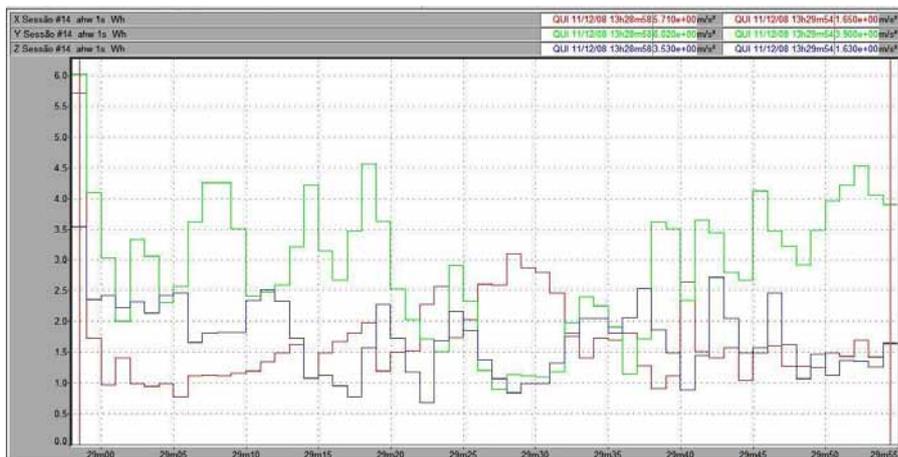


Figura 145 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-2.



Figura 146 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-3.

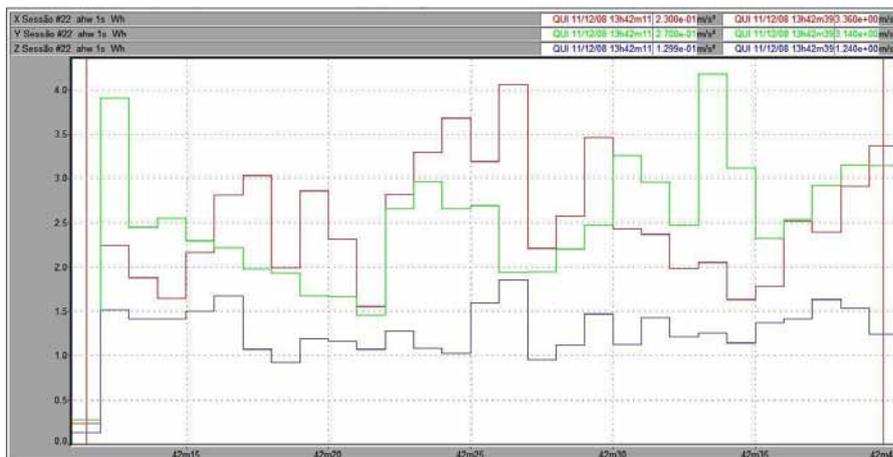


Figura 147 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-4.



Figura 148 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-2.



Figura 149 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-3.



Figura 150 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de concreto, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-4.

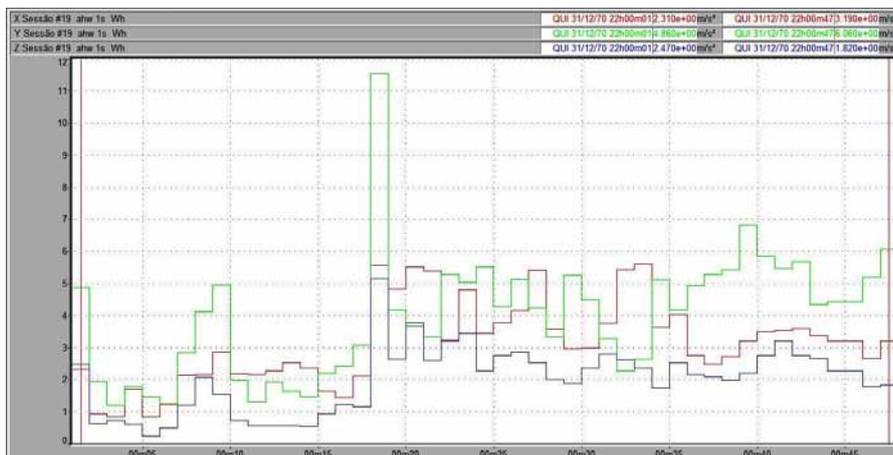


Figura 151 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-2.



Figura 152 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-3.

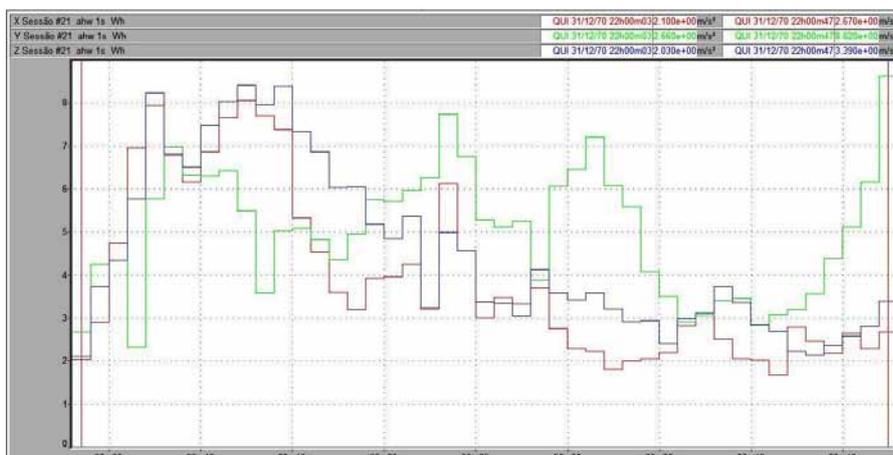


Figura 153 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 15 psi, na marcha II-4.



Figura 154 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-2.



Figura 155 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-3.



Figura 156 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 20 psi, na marcha II-4.

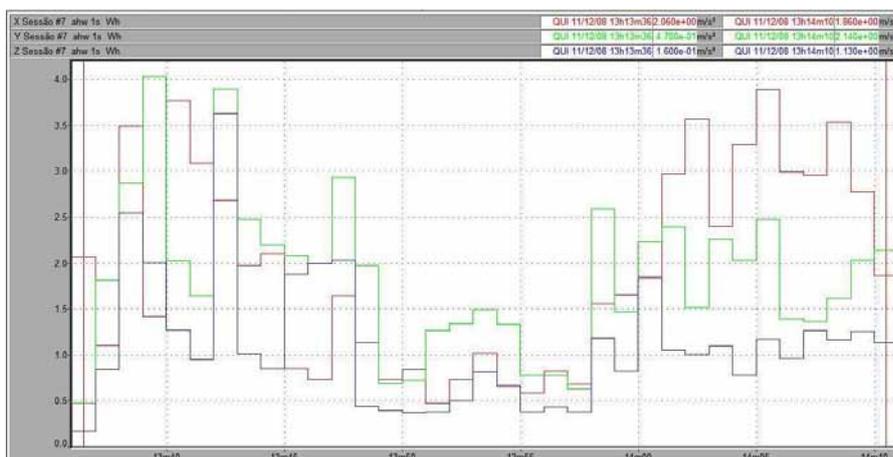


Figura 157 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-2.

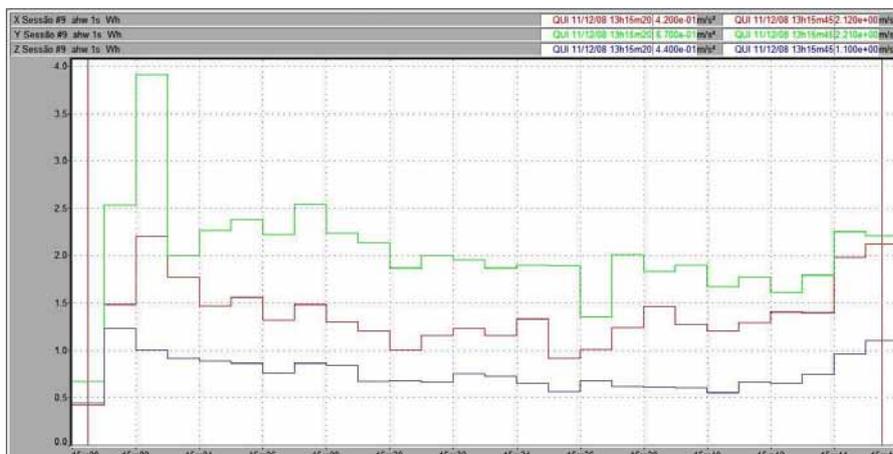


Figura 158 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 125 psi, na marcha II-3.



Figura 159 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 25 psi, na marcha II-4.



Figura 160 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-2.



Figura 161 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-3.



Figura 162 – Vibração no trator New Holland TS 110 no membro superior, em pista de solo firme, com pressão de inflação dos pneus de 30 psi, na marcha II-4.

ANEXO II

Tabela 18 – Especificações do Maestro da 01dB

ESPECIFICAÇÕES	
Precisão	Classe 1, norma ISO 8041
ACELERÔMETRO TRI-AXIAL	
Sensibilidade	10mV/g
Frequência de resposta a 10%	0,5 a 6000 Hz
Valor máximo	500g
Peso	10,5 g (15,9 g com o dispositivo hand-arm)
ACELERÔMETRO MONO-AXIAL	
Sensibilidade	10mV/g
Frequência de corte a 10%	0,1Hz
Valor máximo	500g
Peso	18 g
RANGE DE MEDIÇÃO	
3 Ajustes de medição para acelerômetro de 10mV/g	0-5000 m/s ² , 0-1000 m/s ² , 0-100 m/s ²
Linearidade para aceleração pico	de 2 a 5000 m/s ²
Linearidade para aceleração efetiva	de 0,2 a 600 m/s ²
Possibilidade de conectar diferentes acelerômetros	100 mV/g (range 0-500 m/s ² , 0-100 m/s ² , 0-10 m/s ²)
Tempo de estabilização da medição	35 s
Range de referência	0 – 5000 m/s ²
RESOLUÇÃO DO DISPLAY	
Aceleração RMS	0,01 m/s ²
Aceleração pico	0,1 m/s ²
Dose de vibração	0,01 m/s ²
Valor máximo de transiente de vibração	0,1 m/s ²
Valor máximo da aceleração pico	6553 m/s ²
Valor máximo da aceleração RMS	655,3 m/s ²
Valor máximo de VDV	655,3 m/s ²
Valor máximo de MTVV	6553 m/s ²
WHOLE BODY (CORPO INTEIRO)	
Opção de medição SEAT (Seat Effective Acceleration Transmissibility ou Transmissibilidade de Aceleração Efetiva de Assento):	Mostra a aceleração z ponderada pico e efetiva (no canal auxiliar): Taxa entre o nível de aceleração z mensurada no assento e a aceleração mensurada no piso do veículo.
Cálculo e exibição das acelerações ponderada pico e efetiva nos 3 eixos	De acordo com o filtro whole body ISO8041 / A1: 1998
Mostra a aceleração multiaxial de acordo com duas fórmulas:	$A_{eq} = \sqrt{1.4^2 a_{wx}^2 + 1.4^2 a_{wy}^2 + a_{wz}^2}$ $A_{eq} = \max(\sqrt{1.4^2 a_{wx}^2}, \sqrt{1.4^2 a_{wy}^2}, \sqrt{a_{wz}^2})$
VIBRAÇÃO HAND-ARM (MEMBROS SUPERIORES)	
Aceleração pico e efetiva nos três eixos filtrada com banda passante (4 eixos se usado o Aux)	6,3-1250 Hz
Aceleração ponderada efetiva nos 3 eixos (4 eixos se usado o Aux)	De acordo com o filtro hand-arm da norma ISO 8041/A1: 1998
Cálculo e exibição dos seguintes valores: aceleração multiaxial equivalente nos canais ponderado de acordo com a fórmula:	$A_{eq} = \sqrt{a_{wx}^2 + a_{wy}^2 + a_{wz}^2}$

ANEXO III



INSTRUTEMP

Instrumentos de Medição Ltda.

Pg.1/1

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 12431/08

Cliente: RICARDO CARVALHO TOSIN.

Detalhes do Aparelho

Detalhes do Instrumento: Decibelímetro Digital
 Modelo: DL-4200
 Nº de Série: 08017609
 Fabricante: INSTRUTEMP

Procedimentos

Procedimento aplicado na calibração: INST-NS-3000 rev.07

Resultados das Medições

Nível Sonoro – F: 1000Hz							
Unidade	Padrão	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média	Desvio	Incerteza (U95)
SI							
dB	94,0	93,9	93,9	93,9	93,9	-0,1	0,23
dB	114,0	114,1	114,1	114,0	114,07	0,07	0,23

Notas:
 *SI (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES).
 *Calibrado em tempo de Resposta lenta (Slow)
 *Incerteza Expandida declarada como incerteza padrão da medição multiplicada pelo o fator de abrangência "k", com probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%
 *Condições Ambientais: 20°C / 65% UR
 *Os resultados validos para o estado atual do instrumento em condições de ensaio e referem-se exclusivamente ao instrumento submetido a calibração nas condições específicas, não sendo extensivo a quaisquer lotes. O certificado de calibração não deve ser parcialmente reproduzido sem prévia autorização

Padrão Utilizado

Instrumento	Fabricante	Nº de serie	Nº do certif.	Laboratório	Rastreabilidade	Validade
Calibrador	Instrutemp	N284406	21.467	CHROMPACK	RBC/INMETRO	14/05/10

Ass: 

Tecnico: Tiago P. dos Anjos	Data da Calibração: 31/10/2008
-----------------------------	--------------------------------

Rua Fernandes Vieira, 156 - Belenzinho - São Paulo - SP - CEP: 03059-023
 PABX:(++5511) 6096-8400 - www.instrutemp.com.br - vendas@instrutemp.com.br

Figura 163 – Certificado de calibração do medidor de pressão sonora DI-4200, folha 1 de 3.



CHROMPACK
Instrumentos Científicos Ltda.

Laboratório de calibração acreditado pela Cegre/Inmetro
de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025 sob o número 256



Calibração
NBR ISO/IEC
17025
CAL 0256

Certificado N°: 21.467

Páginas 1 de 2

"Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela Cegre / INMETRO, o qual avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida ou ao Sistema Internacional de Unidades SI".

Dados do Cliente:

Nome: Instrutemp Instrumentos de Medição Ltda.
 Endereço: R. Fernandes Viera, 156
 Cidade: São Paulo
 Estado: SP
 CEP: 03059-023

Dados do Instrumento Calibrado:

Nome: Calibrador de Nivel Sonoro Tipo: 1
 Marca: Instrutemp
 Modelo: Cal-3000
 N° de Série: N284406
 N° de Processo: 9896
 Data da Calibração: 14-mai-08



Garantido Garantia
Instrumentos Científicos Ltda.
Desde 1956

Procedimento Utilizado:

O procedimento operacional de calibração PRO – CNS – 1300 rev.07

Norma de Referência: IEC 60942: 1997

Padrões Utilizados:

Nome	N° Certificado	Certificador	Data de Expiração
Contador Universal	4060.07	RBC	20 / 09 / 08
Analisador de áudio	80464-101	IPT	13 / 07 / 08
Fonte	96720	RBC	07 / 11 / 08
Fonte	3964.07	INMETRO	13 / 12 / 08
Calibrador de Nivel Sonoro	19.079	Chrompack	04 / 09 / 08
Barômetro Digital	PS-06.038.07	RBC	15 / 06 / 08
Termo-Higrômetro	IV 20450/07	RBC	26 / 10 / 08
Microfone	0400.08	INMETRO	12 / 03 / 09

Resultados Obtidos:

Os resultados foram obtidos através leitura extraída do microfone padrão acoplado a cavidade do calibrador em teste em volts e posteriormente convertidos em dB e a frequência lida no contador universal e comparados aos parâmetros (tolerâncias) da norma IEC 60942 de acordo com sua classe

Avenida Eng° Saraiva de Oliveira, 465 - CEP 05741-200 - Jd. Taboão - São Paulo - SP
 Fones: (11) 5844-9864 / 5844-1823 - Fax: (11) 5845-3245

Figura 164 – Certificado de calibração do medidor de pressão sonora DI-4200, folha 2 de 3.

CHROMPACK
Instrumentos Científicos Ltda.

Certificado N^o: 21.467 Páginas 2 de 2

Laboratório de Calibração acreditado pela CGCRE INMETRO de acordo com ABNT NBR ISO IEC 17025, sob o N^o256.

Condições Ambientais:

Temperatura: 22,6 °C Umidade Relativa: 63,0 % Pressão Atmosférica: 933 mbar

Dados Obtidos

ANTES DO AJUSTE / REPARO		DEPOIS DO AJUSTE / REPARO	
Nível Sonoro (dB)	Frequência (Hz)	Nível Sonoro (dB)	Frequência (Hz)
RM (VVC)	RM (VVC)	RM (VVC)	RM (VVC)
93,5	1000,0	94,2	1000,0
113,3	1000,0	114,0	1000,0
IM: ±0,11 dB			

Especificações da norma IEC 60942:
Nível de Pressão Sonora para classe 1: ±0,3 dB
Frequência: ± 2%

Legendas:

RM: Resultado da medição obtida da média aritmética das medições realizadas nas unidades representadas
IM: Incerteza da medição indicando o intervalo no qual encontra-se o valor verdadeiro da grandeza medida.
VVC: Valor Verdadeiro Convencional

Observações:

- O Inmetro é signatário do Acordo de Reconhecimento Mútuo da ILAC (International Laboratory of Accreditation Cooperation).
- Estes dados obtidos através da calibração referem-se somente ao objeto descrito e não se estende a outros instrumentos mesmo que seja de mesmo lote de fabricação, marca ou modelo.
- Não é autorizada a reprodução parcial deste documento sem prévia autorização da CHROMPACK.
- A incerteza de medição não excede a ± 0,11 dB.
- Os resultados obtidos satisfazem a norma IEC 60942 classe 1.
- As incertezas estimadas das medidas são para um nível de confiança de 95 %. Este cálculo da incerteza é baseado em fator de abrangência k=2,07 obtidos através do cálculo dos graus de liberdade efetivo e tabela t-student.
- A manutenção ou ajuste não faz parte do escopo da acreditação.
- Certificado Assinado Eletronicamente.

<p><u>Calibrado por:</u></p> <div style="text-align: center;">  Téc. Jonhny Luis da Silva Nobre </div>	<p><u>Responsável Técnico pela calibração:</u></p> <div style="text-align: center;">  Eng^o Alexandre Fuscina da Silva CREA N^o 5062014792 Signatário autorizado pelo INMETRO. </div>
--	---

Avenida Eng^o Saraiva de Oliveira, 465 - CEP 05741-200 - Jd. Taboão - São Paulo - SP
Fones: (11) 5844-9864 / 5844-1823 - Fax: (11) 5845-3245

Figura 165 – Certificado de calibração do medidor de pressão sonora DI-4200, folha 3 de 3.



Almont do Brasil Importação, Comércio e Representação Ltda
 Rua Horácio de Castilho, 284 - Vila Maria Alta
 CEP: 02125-030
 São Paulo - SP

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

Certificado n.º 2261-2008

Solicitante do Serviço:

Nome: *Ambiental Qualidade de Vida no Trabalho Ltda.*

Endereço: *Rua Edy Euripedes Coneglian, 38*

Bairro: *Centro*

Cidade: *Lençóis Paulista*

UF: *SP*

CEP: *18682-005*

Instrumento Calibrado:

Descrição: *Calibrador Acústico*

Fabricante: *Instrutherm*

Modelo: *CAL-1000*

Classe: *2*

N.º de série: *40903723*

Identificação: *Não Informado*

B.P.: *Não Informado*

Data da Calibração: *19-ago-08*

N.º do Processo: *1038-2008*

Item: *1*

Procedimento de Calibração:

Procedimento: *S056-981 Sound Calibrator*

Condição de Teste:

Temperatura:

22,2 °C (±0,5 °C)

Umidade Relativa:

71 % (±5%)

Pressão Atmosférica:

937 mbar (±3 mbar)

Padrões Utilizados:

Nome:	Certificado n.º:	Rastreabilidade:	Validade:
<i>Calibrador de Nivel Sonoro - AC-003</i>	<i>1372008</i>	<i>INMETRO/RBC</i>	<i>abr-09</i>

Figura 166 – Certificado de calibração do calibrador acústico, folha 1 de 2.



Almont do Brasil Importação, Comércio e Representação Ltda
 Rua Horácio de Castilho, 284 - Vila Maria Alta
 CEP: 02125-030
 São Paulo - SP

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

Certificado n.º 2261-2008

Resultado da Calibração:

Os resultados foram obtidos através de leitura extraída do microfone auxiliar acoplada a cavidade do calibrador em teste e comparado ao calibrador de nível sonoro padrão.

Amplitude Nominal	Amplitude Medida	Erro	± U
94,0 dB	94,0 dB	0,00 dB	0,13 dB
114,0 dB	114,0 dB	0,00 dB	0,13 dB

Legendas:

Amplitude Nominal = Valor verdadeiro convencional extraída do padrão.

Amplitude Medida = Valor medido no instrumento sob calibração.

Erro = Amplitude Medida - Amplitude Nominal

U = Incerteza da medição

Observações:

- Este certificado de calibração é válido somente para o instrumento especificado, não sendo extensivo a quaisquer outros instrumentos de medição, ainda que similares.
- Não é autorizada a reprodução parcial deste documento sem autorização da ALMONT DO BRASIL.
- A incerteza estimada da medição são para um nível de confiança de 95% (k=2).

Calibrado por:	Responsável Técnico:
	
Eduardo V. Andreoli - CREA-SP 5062492705 Técnico Instrumentista	Ailson Ricardo Vichino Gerente Técnico do Laboratório

Fim do certificado de Calibração

Figura 167 – Certificado de calibração do calibrador acústico, folha 2 de 2.



Figura 168– Certificado de calibração do acelerômetro para membros superiores.

Accelerometer Calibration-Chart

AP2083

Serial number: 7065
Date: 04-2008

Signature:

Technical data accelerometer AP2083

Axial sensitivity (mV/g):	X: 10.1 Y: 11.0 Z: 9.5
Relative transverse sensitivity (%):	X: <1.0 Y: <1.8 Z: <2.2
Noise level (g):	<0.0005
Supply voltage (V):	+15 to 30
Supply current (mA):	2 to 20
Output bias voltage (V):	8 to 11
Output impedance (Ω):	<500
Amplitude range (g peak):	500
Resonant frequency (kHz):	>25
Frequency range (Hz) +/- 1dB:	0.5 to 8,000
Temperature range ($^{\circ}$ C):	-40 to +125
Weight without cable (gram):	34
Housing material:	Titanium alloy

Note on Constant Current devices:
 Due to high impedance circuitry in these devices, a 10-20 sec. settling time must be allowed after connection to power supply.
 Do not touch the connector-pins directly unless all static electricity has been removed.

AP Technology International B.V.
 PO box 427
 4900 AK Oosterhout
 The Netherlands
 tel: +31 (0)162 46 27 93
 fax: +31 (0)162 46 17 81
 email: info@aptechnology.nl
 website www.aptechnology.nl

Figura 169 – Certificado de calibração do acelerômetro para corpo inteiro.