

ESTUDO DE VIBRAÇÕES EM

ASSENTOS

DE EMPILHADEIRAS



Características Ergonômicas dos
Assentos BTConfort

BTCONFORT
ASSENTOS PARA
VEÍCULOS INDUSTRIAIS



DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO NO BRASIL
DOS PNEUS INDUSTRIAIS



SUMÁRIO

Introdução	3
O Comportamento oscilatório do corpo humano	5
Vibração e a coluna lombar	5
Reflexos Musculares	6
Normalização.....	6
Objetivos	7
Metodologia	7
Procedimento de Medição	8
Resultados.....	8
Conclusões	10
Características Ergonômicas dos Assentos BTConfort.....	11
Características Técnicas dos Assentos BTConfort.....	12
Imagens Técnicas.....	15
Bibliografia	17

1. Introdução

Em todo o mundo, a incidência dos distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT), mais conhecidos no Brasil como lesões por esforços repetitivos (LER), vêm crescendo nas últimas décadas. Apesar da subnotificação das doenças do trabalho em nosso país, os DORT/LER vêm apresentando um crescimento progressivo nas estatísticas oficiais nos serviços de atendimento à saúde dos trabalhadores. A partir de 1980, os DORT tornaram-se a causa mais freqüente de afastamento do trabalho no mundo, e representa atualmente, a doença do trabalho mais registrado junto à Previdência Social, acometendo trabalhadores do setor industrial e de serviços (FERREIRA JUNIOR, 2000).

Dentre os DORT a lombalgia apresenta grande destaque, para se ter uma idéia da sua importância clínicoepidemiológica, cerca de 80% das pessoas apresentam dores lombares ao longo da vida, e a lombalgia é a maior causa de incapacidade de curta e longa duração entre trabalhadores, sendo apontada como uma das principais causas de absenteísmo no trabalho.

Posturas prolongadas, principalmente, sob ação concomitante de movimentos vibratórios, também podem ocasionar dor lombar (FERREIRA JUNIOR, 2000). A relação entre a vibração e o corpo humano, principalmente à coluna vertebral, vem sendo estudada há algum tempo, e vários estudos tem demonstrado uma associação positiva entre vibração do corpo todo e o desenvolvimento de dor na coluna lombar entre motoristas, incluindo operadores de empilhadeira. Isso sugere que a vibração do corpo inteiro causa um aumento no desconforto, causando dor, prejudicando a tarefa do trabalhador e conseqüentemente levando a redução no desempenho do trabalho (HOY et al. 2003).

Sabe-se que a repetição diária das exposições à vibração no local de trabalho, pode levar a modificações doentias das partes do corpo atingidas. As vibrações que são transmitidas ao corpo humano podem ser classificadas em dois tipos, de acordo com a parte do corpo atingida: vibração transmitida ao corpo inteiro ou vibração localizada que atinge um segmento do corpo. As vibrações transmitidas ao corpo inteiro são de baixa freqüência e grande amplitude, situa-se na faixa de 1 a 80 Hz, mais especificamente de 1 a 20 Hz. As oscilações verticais, ou seja, no sentido longitudinal da coluna, penetram no corpo quando na posição sentado ou em pé sobre as bases vibratórias, levam muitas vezes a manifestações de desgaste da coluna vertebral.

Também são enquadradas como vibração do corpo inteiro os casos de enjôo que compreendem as freqüências na faixa de 0,1 a 0,63 Hz. Essas vibrações são mais críticas em atividades relacionadas aos meios de transporte e são tratadas na norma ISO 2631. As vibrações que atingem um segmento do corpo (localizada) são as mais estudadas, situam-se na faixa de freqüência de 6,3 a 1250 Hz. Ocorrem em ferramentas motorizadas e geram modificações doentias nas mãos e braços.

Foi observado que o efeito da vibração é muito dependente da freqüência das oscilações. O corpo humano é mais sensível na faixa de 4 a 8 Hz, que corresponde à freqüência de ressonância na direção vertical. A sensibilidade subjetiva relatada por voluntários, na posição sentada, em pesquisa realizada por Chaney (1964) também se encontra nessa mesma faixa de freqüência (de 4 a 8 Hz).

Os efeitos fisiológicos causados pela freqüência de vibração abrangem: em pequena intensidade, músculos, circulação e respiração e em grande intensidade, percepção visual e produção psicomotora.

Os efeitos da vibração no corpo humano não dependem somente da freqüência das oscilações, mas também da aceleração das oscilações, que é a responsável pela sobrecarga vibratória. A aceleração das oscilações também influencia nos efeitos fisiológicos, devendo levar-se em conta o tempo de duração a que o sujeito ficou exposto, pois os danos aumentam fortemente com o aumento na duração da exposição.

Outro fator importante é a direção do movimento, que é definida pelos eixos ortogonais, x (das costas para frente), y (da direita para a esquerda) e z (dos pés à cabeça). Já se sabe que os operadores de empilhadeira estão submetidos a altos níveis de vibração no eixo z, que é o eixo da coluna vertebral, além disso, eles trabalham por longos períodos e muitas vezes em posições inadequadas.

Com isso eles se tornam fortes candidatos a desenvolver lombalgia. Conforme pesquisa realizada por Brendstrup e Biering- Sorensen (1987), operadores de empilhadeira apresentam maiores problemas de coluna quando comparados com outros grupos de trabalhadores. Kitazaki e Griffin (1998) exploraram o movimento da coluna no plano sagital, para indivíduos sentados submetidos a uma vibração de banda larga (0,5 a 35 Hz), esses autores sugerem que os maiores riscos de problemas lombares e dorsais, provavelmente, se originam de deformação por flexão da coluna, quando submetida a uma vibração num intervalo de freqüência abaixo de 10 Hz.

Em estudo realizado com um grupo representativo (HOY et al., 2003) foi demonstrado que a dor na coluna lombar é mais predominante em operadores de empilhadeira do que entre não-operadores.

Observou-se também que quando esses mesmos operadores adotam posturas em que o tronco encontra-se torcido ou curvado para frente o risco aumenta ainda mais. Além disso, ficou claro que os níveis de vibração, na direção do eixo z, excederam os valores determinados na norma ISO2631, este fato não ocorreu nas outras direções x e y onde os valores foram considerados normais.

Uma das formas de se amenizar a vibração que é transmitida pelos pneus aos operadores de empilhadeira, e assim diminuir a incidência de lombalgia, é através de assentos projetados e fabricados dentro de conceitos ergonômicos e antropométricos. Existe no mercado mundial uma forte tendência em substituir o pneu inflável (pneumático) pelo pneu super elástico. Estima-se que 75% das empilhadeiras novas utilizadas no exterior são equipadas com pneus elásticos, enquanto que no Brasil os pneus elásticos representam apenas 15 a 20 % do mercado.

Uma das principais barreiras para a utilização desse tipo de pneu é o aspecto cultural, pois os operadores de empilhadeira alegam que o pneu super elástico agride a coluna e produz dor nas costas, isso devido a sua rigidez (VIEIRA et al., 2001), além do fato de que a empilhadeira não possui sistema de suspensão para absorver as irregularidades do piso.

Aspectos relacionados à vibração do corpo inteiro em operadores de empilhadeiras elétricas e com motor diesel foram avaliados por Cocheo et al. (1984), os resultados revelaram que o tipo de motor não influencia os níveis de vibração. Observaram que as características de vibração dependiam dos pneus empregados no equipamento.

1.1. O Comportamento oscilatório do corpo humano

O corpo humano sofre o efeito das oscilações não como uma massa simples com uma única frequência própria. Análises de Dupuis (1969), Coermann (1963) e outros mostraram que as frequências próprias de cada uma das partes do corpo são diferentes. Alguns dados de medições com oscilações verticais com a pessoa sentada mostram que em média tem-se: de 3 a 4 Hz: forte ressonância na coluna vertebral cervical; 4 Hz: pico de ressonância na coluna vertebral lombar; 5 Hz: ressonância muito forte na cintura escapular; de 20 a 30 Hz: ressonância entre a cabeça e o ombro; de 60 a 90 Hz: ressonância na pupila dos olhos; e de 100 a 200 Hz: ressonância no maxilar.

De forma geral as mais importantes frequências para oscilações verticais estão na faixa de 4 a 8 Hz, que é a faixa de frequência a que o corpo humano é mais sensível (LIDA, 1998).

1.2 Vibração e a coluna lombar

O freqüente surgimento de doenças da coluna vertebral de trabalhadores que estão expostos a altas oscilações verticais dão origem à suposição de que fortes e prolongadas vibrações provocam danos na coluna. Apesar das evidências existentes não serem conclusivas, uma revisão de estudos epidemiológicos e de laboratório realizada por Wilder & Pope (1996) indicou que há uma relação clara entre a vibração e os distúrbios lombares.

Frymoyer et al. (1980), em estudo realizado com motoristas de caminhão, trator e operadores de equipamentos pesados de construção, determinaram que distúrbios na coluna lombar são mais comuns em indivíduos submetidos à vibração.

Foi observado um aumento no risco de lombalgias entre motoristas de tratores (DUPUIS & CHRIST, 1972; BOVENZI & BETTA, 1994), caminhões (FRYMOYER et. al., 1980), equipamentos pesados (SPEAR; KELLER, 1976), ônibus (BOVENZI; ZADINI, 1992), trens (JOHANNING, 1991), pilotos de aeronaves (FITZGERALD; CROTTY, 1972), e helicópteros (BOWDEN, 1987). Esses estudos também sugerem que a lombalgia ocorre em idade mais jovem naqueles indivíduos expostos à vibração.

Estudos realizados por Boshuizen, Bongers e Hulshof (1990) sobre os efeitos da vibração de corpo inteiro na coluna de motoristas de trator e de empilhadeira, demonstraram que trabalhadores jovens (< 35 anos), trabalhando pouco tempo como motorista apresentaram um total de 68% de queixas de dor na coluna, contra 25% do grupo controle com trabalhadores da mesma idade.

Para alguns pesquisadores está bem claro que a coluna vertebral sofre fraturas (em compressão) quando submetida à vibração vertical elevada.

Por esta razão, têm se observado que vibrações em níveis mais baixos de aceleração sejam a causa de fadiga de diversos componentes da coluna; essas vibrações também interferem na nutrição do disco, predispondo a alterações degenerativas (CHAFFIN; ANDERSSON; MARTIN, 2001). Em estudo realizado por Dupuis e Zerlett (1987), sobre vibração e problemas na coluna, com um grupo de 352 trabalhadores expostos à vibração de corpo inteiro, comparado com um grupo de 215 pessoas não expostas à vibração. A porcentagem de 53 % dos trabalhadores que relataram problemas na coluna foi muito maior no grupo de trabalhadores exposto à vibração. Dentre estes trabalhadores 68,7% se queixaram de problemas na coluna lombar 6,8%, na coluna torácica, e 18,2% na coluna cervical.

1.3 Reflexos Musculares

A vibração parece disparar reflexos musculares que têm claramente uma função de defesa. Eles aparecem em cada vibração e encurtam a musculatura distendida pelas oscilações. Ao ser atenuada no corpo, a energia vibratória é absorvida por tecidos e órgãos. Os músculos, nesse caso, são estruturas importantes, pois a vibração leva a contrações voluntárias e involuntárias e pode causar fadiga localizada (CHAFFIN; ANDERSSON; MARTIN, 2001).

Segundo Hettinger (1970), os reflexos devem, após um prolongado período, diminuir ou desaparecer. A capacidade de reflexo da musculatura explica o aumento do consumo de energia, da frequência cardíaca e da respiração, muitas vezes observado na exposição a fortes vibrações.

1.4 Normalização

Em nível mundial, a norma que serve como referência para exposição à vibração de corpo inteiro é a ISO 2631. Esta norma estabelece limites de exposição à vibração com respeito ao conforto, a saúde e a segurança do trabalhador. Esta norma cobre a faixa de frequência compreendida entre 1 e 80 Hz.

A medida e a análise da vibração significam a conversão de um movimento oscilatório em um conjunto de valores numéricos de acordo com algumas regras definidas. A vibração deve ser medida através de um acelerômetro de assento. Na fig.1 pode-se observar o gráfico utilizado para estabelecer o tempo de exposição de acordo com o valor da aceleração.

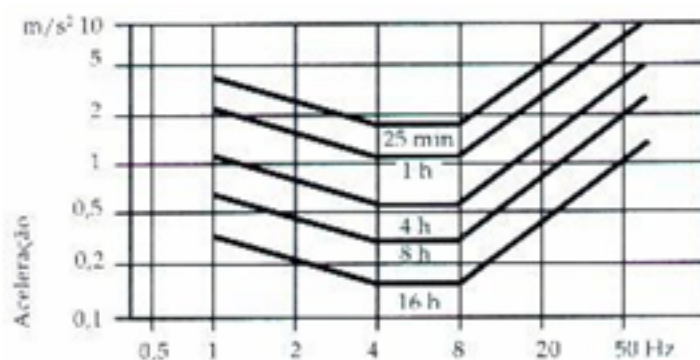


Fig. 1. Valores limite para oscilações verticais (GRANDJEAN, 1998).

2. Objetivos

Esta pesquisa tem os seguintes objetivos: medir os níveis de vibração a que os operadores de empilhadeira estão expostos no domínio do tempo; comparar a amplitude da vibração transmitida aos operadores de empilhadeira na direção longitudinal (eixo z), ao longo da coluna lombar, com pneus super elásticos e infláveis.

3. Metodologia

Para coleta de dados de aceleração foi utilizado um acelerômetro piezoelétrico triaxial. Foram utilizados também uma empilhadeira e dois tipos de pneus diferentes para realização das medições. Neste estudo foi o acelerômetro triaxial de assento da Robotron KB 1035, sendo que apenas o eixo z foi analisado, para a medição da vibração no sentido longitudinal da coluna vertebral, a sensibilidade do acelerômetro neste eixo é de 22,46 [mV/g].

A aceleração foi medida na interface do assento com o operador, de tal modo que não afetasse a postura. As medidas executadas sobre assentos devem ser realizadas com o operador sentado, uma vez que a impedância do corpo afeta a transmissão da vibração através do assento.

O procedimento de avaliação foi executado em condições normais de trabalho conforme recomenda a norma ISO 2631. A figura 2 apresenta a foto do acelerômetro fixado no banco da empilhadeira.

Os sinais advindos do acelerômetro, do eixo ortogonal z, passaram por um condicionador de sinais Robotron M1300, que por sua vez foi ligado ao equipamento de aquisição de dados da EMG System, o qual estava conectado a um notebook onde os dados puderam ser lidos e armazenados.

Empilhadeira

As características da empilhadeira utilizada neste trabalho são: Modelo: HYSTER H55XM; Capacidade: 2,5T; Motor: Mazda M4-2.0 G; Combustível: gasolina ou GLP; Transmissão: powershift de uma só velocidade. O pedal Monotrol que controla o funcionamento para frente e para trás, de transmissão powershift e a velocidade da máquina.

Pneus

Inflável (Pneumático)	Super Elástico
Especificação 28 X 9 X 15 (815 X 15) - Tração Dianteira	Especificação 28 X 9 X 15 (815 X 15) - Tração Dianteira
Especificação 6.50 X 10 - Direcional Traseiro	Especificação 6.50 X 10 (5.00) - Direcional Traseiro
Pressão de Inflação: 130 psi	Não há necessidade

3.1 Procedimento de Medição

A primeira etapa a ser realizada para o início das medições foi a de estabelecer os pisos onde elas seriam realizadas. Foram escolhidos três percursos com três pisos diferentes, sendo o piso do percurso 1 de bloquete, o piso do percurso 2 cimentado de boa qualidade e piso 3 de terra.

Cada percurso foi realizado com o pneu elástico e com o pneumático e com as opções de estar carregando uma carga de 1024 kg ou sem carga nenhuma. Foi adotada uma sigla para cada percurso, levando em consideração o percurso escolhido, a opção de estar com ou sem carga, o operador a conduzir a empilhadeira, o tipo de pneu utilizado e a postura adotada pelo operador de empilhadeira.

Para realização das coletas foi estabelecido uma nomenclatura com cinco caracteres, onde cada um deles apresenta um significado: 1- percurso escolhido: pode ser 1, 2 ou 3; C - carga: pode ser C (com carga) ou S (sem carga); A - operador: pode ser A ou W; I - tipo de pneu: pode ser I (inflável) ou E (elástico); N - postura normal.

Dois operadores de empilhadeira foram selecionados para participar deste estudo, as características de cada um deles encontram-se na tabela 1.

	Operador A	Operador W
Idade (anos)	26	22
Peso (Kg)	80	65
Altura (m)	1,70	1,75
IMC* (kg/m ²)	27,68	21,28

As medições foram realizadas de forma a reproduzir a realidade do trabalho, portanto a forma de dirigir e a postura adotada foram as realizadas por eles no dia-a-dia de trabalho.

A coleta foi realizada com um tempo total de aquisição de 60 s, entretanto no momento da análise dos dados, os 10 s iniciais e os 10 s finais foram excluídos, isso porque no início e no final da coleta foram necessários alguns segundos para ajuste do equipamento e início do movimento da empilhadeira. Portanto os dados analisados são resultado de 40 s de coleta. A frequência aquisição foi de 1200 Hz.

4. Resultados

A seguir são apresentados os resultados no domínio do tempo e da frequência apenas para o Percurso 1 e para o operador. Os outros resultados não são apresentados para otimização de espaço. A figura 3 mostra as acelerações no domínio do tempo e enquanto que as figuras 4 e 5 apresentam os espectros de aceleração para o operador com pneu elástico e pneu inflável, com e sem carga Hz.

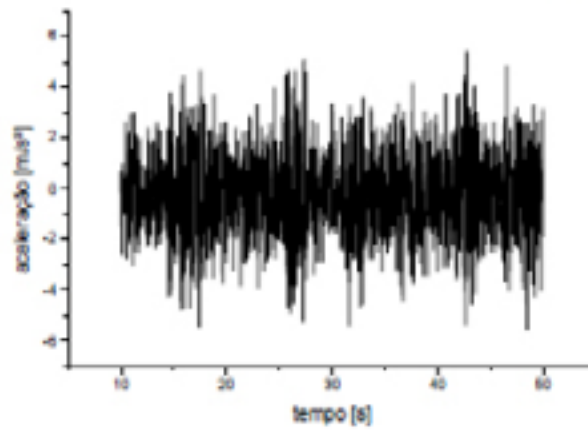


Fig. 3. Gráfico da aceleração no tempo de 10-50 s.

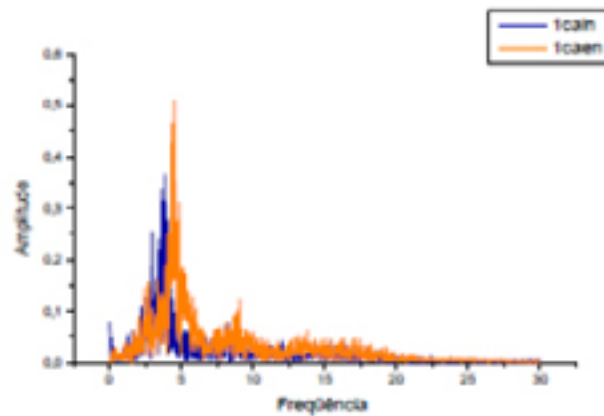


Fig. 4. Exemplo de espectros de frequência comparando os dois tipos de pneus em empilhadeira sem carga.

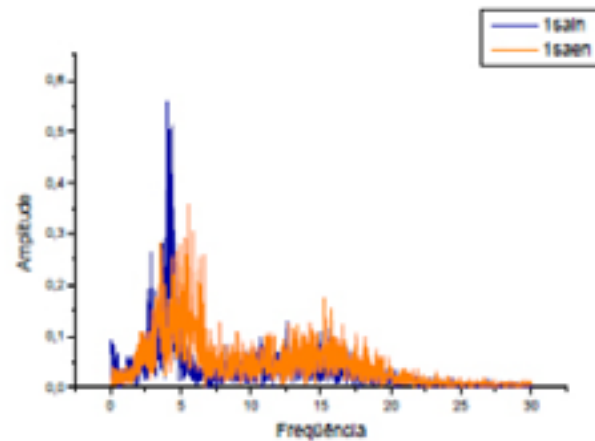


Fig. 5. Exemplo de espectros de frequência comparando os dois tipos de pneus em empilhadeira com carga.

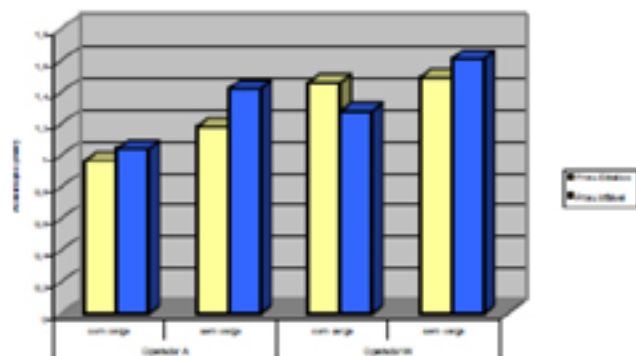


Fig. 5. Exemplo de espectros de frequência comparando os dois tipos de pneus em empilhadeira com carga.

Com relação aos resultados no domínio do tempo foi efetuada a comparação da média da aceleração utilizada na medição. Verifica-se pela figura 6, comparando os operadores, com e sem carga, que apenas na condição do operador W com carga, a média da aceleração foi maior para o pneu elástico, sendo que nas outras três condições o pneu super elástico apresentou uma amplitude de aceleração menor.

5. Conclusões

Da análise dos resultados obtidos chegou-se as seguintes conclusões: a primeira é que os operadores de empilhadeira estão submetidos a valores de vibração maiores do que os recomendados pela Norma ISO 2631 para uma jornada de trabalho de 6-8 h (de acordo com os gráficos da aceleração no tempo); segunda conclusão que se pode tirar é os pneus do tipo super elástico apresentaram valores menores, pode-se perceber isto principalmente na frequência de 4 Hz que é a frequência de ressonância na coluna lombar com a pessoa sentada, onde o pneu elástico obteve valores menores. O pneu elástico além de apresentar valores menores de aceleração, mostrou que transmite um valor menor de aceleração ao operador de empilhadeira; desta forma a atividade muscular no eretor da espinha também é menor. O pneu elástico, possui uma série de outras vantagens em relação ao inflável. Como vantagens pode-se citar o fato do pneu elástico manter constante a sua “calibração”, o pneu inflável precisa ser calibrado constantemente; além disso, o pneu elástico ser mais resistente, apresentando um risco menor de se danificar em relação ao inflável que pode furar facilmente; além do risco que o pneu inflável oferece de explodir ao ser calibrado.

Diante do exposto no presente estudo, vemos que o único item capaz de absorver as vibrações transmitidas ao operador é o assento, desde que este seja projetado e construído de acordo com normas e conceitos de ergonomia. Um bom assento também deve proporcionar conforto e segurança ao operador.

Os efeitos da vibração no corpo do operador, além dos problemas físicos já mencionados, provocam fadiga e falta de concentração que somados à preocupação com segurança e à pressão do trabalho, conduzem a um alto nível de stress que aumenta substancialmente o risco de acidentes.

6. Características ergonômicas dos assentos BTCONFORT

Os assentos BTConfort são projetados de acordo com normas ergonômicas e estudos anatômicos e, são fabricados com matérias-primas que atendem estes quesitos, oferecendo conforto e segurança ao operador.

Estrutura: Construída com perfis metálicos que oferecem a rigidez necessária para evitar deformações e proporcionar fixação perfeita e segura do assento na empilhadeira.

Enchimento: Em espuma injetada com densidade apropriada para oferecer absorção de impactos e vibrações de intensidade mais fraca e moldada anatomicamente para acomodar o operador com conforto e segurança.

Revestimento: em vinil texturizado e impermeável, com sulcos no assento e encosto para evitar escorregamento.

Suspensão: Mecânica pantográfica com molas para absorver impactos e vibrações mais fortes.

Cinto de Segurança: De dois pontos, com regulagem e de fácil abertura (um clique).

Sensor de Presença do Operador: Simples ou com regulagem por peso, ligado na ignição impede a partida do motor sem a presença do operador ou corta a ignição caso o operador saia do assento com a empilhadeira em funcionamento.

Ajustes: De distância do assento e inclinação do encosto, com fácil acesso e manuseio dos comandos, para perfeito ajuste antropométrico.

Montagem: Universal.

7. Características técnicas dos assentos BTCONFORT

BF1-3



DE SÉRIE

1. Encosto ajustável em até 8 graus
2. Assento ajustável em distância de até 150mm
3. Assento de fácil reposição
4. Amortecedor mecânico para absorção de impacto montado no encosto
5. Montagem: (228 - 230mm) X (280-290mm) ou (328 - 330mm) X (280 - 290mm)

OPCIONAIS



Cinto de Segurança



Apoio para os Braços



Sensor de Presença Operador

BF2-1



DE SÉRIE

1. Assento ajustável em distância de até 150mm
2. Cinto de segurança retrátil
3. Porta documentos
4. Montagem: (228 - 230mm) X (280-290mm) ou (328 - 330mm) X (280 - 290mm)

BF2-3



DE SÉRIE

1. Encosto ajustável em até 45 graus (para frente e para trás)
2. Assento ajustável em distância de até 150mm
3. Suspensão mecânica
4. Cinto de segurança retrátil
5. Porta documentos
6. Montagem: (228 - 230mm) X (280-290mm) ou (328 - 330mm) X (280 - 290mm)

OPCIONAIS BF2-1 E BF2-3



Coifa (apenas para BF2-3)



Sensor de presença



Sensor de presença com ajuste de peso

BF5-2



DE SÉRIE

1. Encosto ajustável em até 60 graus (para frente e para trás)
2. Assento ajustável em distância de até 150mm
3. Cinto de segurança retrátil
5. Porta documentos
6. Placa para montagem universal

BF5-3



DE SÉRIE

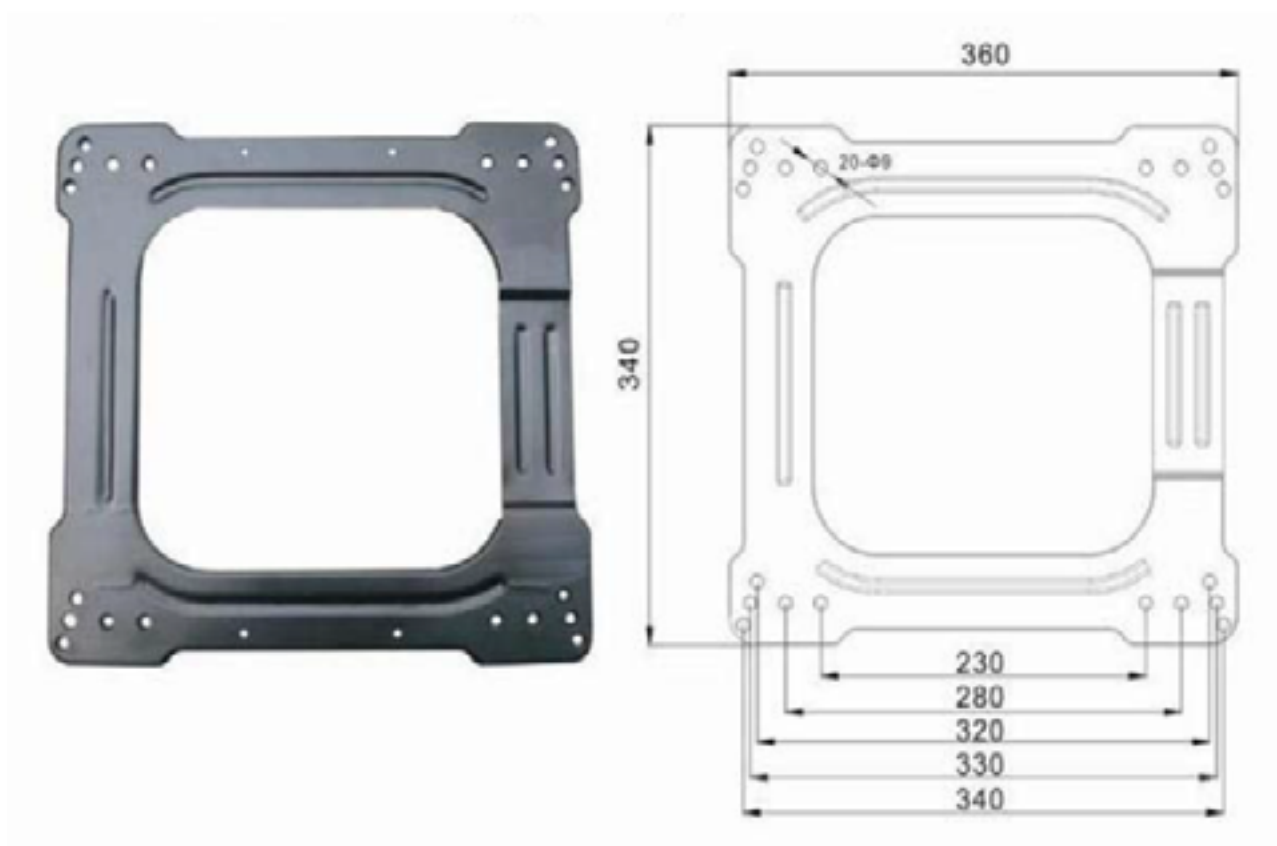
1. Encosto ajustável em até 60 graus (para frente e para trás)
2. Assento ajustável em distância de até 150mm
3. Suspensão mecânica
4. Cinto de segurança retrátil
5. Porta documentos
6. Placa para montagem universal

OPCIONAIS BF5-2 E BF5-3

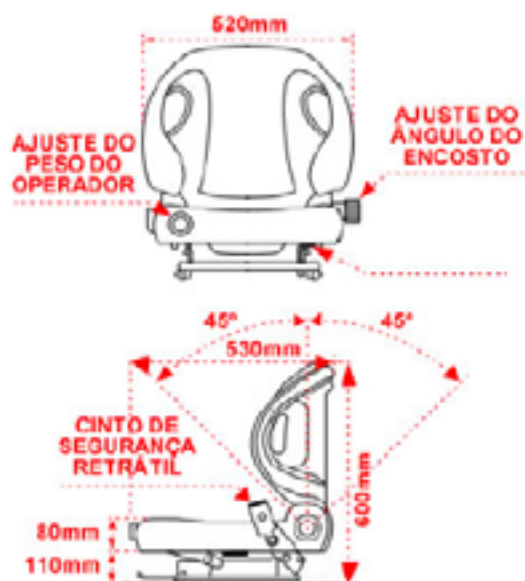


8. Imagens Técnicas

Placa para montagem universal



Medidas BF2-3



BF1-3 Completo



BF1-3 Porta Documentos





9. Bibliografia

Brandão, J.G.T., Tomazini, J.E., Amann B. O. - Análise de Vibrações em Assentos de Empilhadeiras - 7th Brazilian Conference on Dynamics, Control and Applications - FE-UNESP, Guaratinguetá, Brasil.



(12) 3939-2110
São José dos Campos - SP
vendasvale@braziltrucks.com.br

ESTUDO DE VIBRAÇÕES EM

ASSENTOS

DE EMPILHADEIRAS



Características Ergonômicas dos
Assentos BTConfort

BTCONFORT
ASSENTOS PARA
VEÍCULOS INDUSTRIAIS



DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO NO BRASIL
DOS PNEUS INDUSTRIAIS

