

NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR
ISO
11228-2

Primeira edição
29.06.2017

Ergonomia — Movimentação manual
Parte 2: Empurrar e puxar

Ergonomics — Manual handling
Part 2: Pushing and pulling

ICS 13.180

ISBN 978-85-07-07035-1



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR ISO 11228-2:2017
63 páginas

© ISO 2007 - © ABNT 2017

ABNT NBR ISO 11228-2:2017



© ISO 2007

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da ABNT, único representante da ISO no território brasileiro.

© ABNT 2017

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da ABNT.

ABNT

Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
20031-901 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: + 55 21 3974-2300
Fax: + 55 21 3974-2346
abnt@abnt.org.br
www.abnt.org.br

Sumário

Página

Prefácio Nacional	vii
Introdução	ix
1 Escopo	1
2 Termos e definições	1
3 Recomendações	2
3.1 Evitar tarefas perigosas de movimentação manual.....	2
3.2 Avaliação de risco	2
3.2.1 Identificação de perigo	3
3.2.2 Estimativa de risco e avaliação de risco.....	5
3.2.3 Redução de risco	10
Anexo A (informativo) Método 1 – Empurrar e puxar: lista de verificação da avaliação geral	11
A.1 Passo 1	11
A.2 Passo 2 – Avaliação dos fatores de risco potenciais	11
A.2.1 Lista de verificação	11
A.2.2 Determinação das forças iniciais e sustentadas	14
A.3 Passo 3.....	14
A.4 Passo 4.....	14
A.5 Forças máximas aceitáveis	15
Anexo B (informativo) Método 2 – Estimativa de risco especializada e avaliação de risco	19
B.1 Parte A – Determinação dos limites da força com base na força do músculo.....	19
B.1.1 Passo 1 – Calculo dos limites básicos da força.....	19
B.1.1.1 Resumo do procedimento	19
B.1.1.2 Coleta de dados de força.....	19
B.1.1.3 Adaptar as forças à idade e gênero dos usuários-alvo	21
B.1.1.4 Adaptar a força para distribuições de estatura	22
B.1.1.5 Determinação limites de força	24
B.1.1.6 Exemplo demonstrando os efeitos dos limites de força muscular	24
B.1.2 Limites de força pré-calculados	26
B.1.3 Passo 2 – Ajustando limites de força básica.....	32
B.1.3.1 Geral	32
B.1.3.2 Multiplicador, \bar{m} , para populações mistas	33
B.2 Parte B – Forças limites baseado na força esquelética	34
B.2.1 Geral	34
B.2.2 Passo 1 – Estimar limites de força baseados em força compressora	34
B.2.3 Passo 2 – Determinação limites de força de ação	36
Anexo C (informativo) Métodos de redução de risco	39
C.1 Introdução.....	39
C.2 Movimentação repetitiva	39
C.3 Projeto do trabalho – Tarefa, local e organização do trabalho	39
C.3.1 Tarefa.....	39
C.3.1.1 Geral	39

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

C.3.1.2	Impacto da postura e direção da força sobre as forças máximas de empurrar e puxar.....	40
C.3.2	Local de trabalho.....	40
C.3.3	Organização do trabalho	40
C.4	Projeto do objeto, ferramenta ou material manuseado	41
C.4.1	Acoplamento e suportes para as mãos	41
C.4.2	Rodas e rodízios.....	41
C.4.3	Movimentação por duas ou mais pessoas	42
C.5	Projeto do ambiente de trabalho	42
C.6	Capacidades do trabalhador	42
Anexo D	(informativo) Abordagem sugerida para medir forças de empurrar/puxar	43
Anexo E	(informativo) Exemplos de aplicação para os métodos 1 e 2.....	45
E.1	Exemplo 1	45
E.1.1	Método 1.....	45
E.1.1.1	Dados de entrada	45
E.1.1.2	Aplicação	46
E.1.2	Método 2.....	46
E.1.2.1	Dados de entrada	46
E.1.2.2	Procedimento	47
E.2	Exemplo 2 – Aplicações padrão e avançada – Método 2	48
E.2.1	Geral	48
E.2.2	Dados de entrada	49
E.2.3	Aplicação do Método 2 usando a força das tabelas pré-calculadas.....	49
E.2.4	Aplicação do Método 2 usando a força das medidas específicas de força	51
Anexo F	(informativo) Método para determinar a distribuição de força combinada para um determinado grupo de referência	55
F.1	Parâmetros de entrada	55
F.1.1	Força.....	55
F.1.2	Demografia dos usuários	57
F.2	Procedimento	57
F.2.1	Parâmetros de distribuição sintética de subgrupos.....	58
F.2.2	Distribuições logarítmicas	59
F.2.3	Geração de novas funções de distribuição de subgrupos de homens e mulheres ..	59
F.2.4	Peso e combinação de todas as distribuições de subgrupo.....	60
F.3	Resultados	61
Bibliografia.....		62
Figuras		
Figura 1	– Modelo de avaliação de risco.....	3
Figura 2	– Procedimento da estimativa e avaliação do risco generalizado — Método 1	7
Figura 3	– Avaliação especializada de estimativa e avaliação – Método 2.....	8
Figura B.1	– Percentis de força dependendo das alturas relativas de trabalho (ver Referência [7])	21

Figura B.2 – Limites de força muscular adaptadores variando em uma população de usuários e entre duas populações de usuários diferentes.....	25
Figura B.3 – Força compressora da coluna lombar (incluindo regressões e parâmetros de distribuição de classes de idades).....	35
Figura E.1 – Movimento de empurrar uma gaiola de quatro rodas acima de 10 m de distância simetricamente com duas mãos.....	45
Figura E.2 – Distribuição de idade e gênero dentro de duas empresas de aviação e um grupo de pessoas de teste	52
Figura E.3 – Frequência sintética cumulativa de forças de ação máxima de duas empresas de aviação	53
Figura F.1 – Exemplo de parâmetros de distribuição	56
Figura F.2 – Exemplo de análise da população usuária alvo	57
Figura F.3 – Exemplo de geração de novas funções de distribuição.....	60
Figura F.4 – Exemplo de geração de novas funções de distribuição.....	61
Figura F.5 – Exemplo de resultado	61
Tabelas	
Tabela A.1	11
Tabela A.2.....	11
Tabela A.3.....	12
Tabela A.4.....	14
Tabela A.5.....	15
Tabela A.6.....	16
Tabela A.7	17
Tabela A.8.....	18
Tabela B.1.....	20
Tabela B.2 – Ajustando a força à idade e gênero	22
Tabela B.3 – Adaptando a força à distribuição de estatura.....	23
Tabela B.4 – Determinação dos limites de força básica, F_B.....	24
Tabela B.5 – Perfis de subgrupo de população variando em idade e gênero e refletindo todas as idades de uma população trabalhadora adulta	27
Tabela B.6 – Perfis de subgrupo de população variando em idade e gênero e refletindo população idosa (50-64 anos).....	28
Tabela B.7 – Limites de força básica, F_B, ao EMPURRAR, considerando a altura absoluta de trabalho, h_W, e subgrupo de população – População trabalhadora da Europa Central, usuários PROFISSIONAIS	29
Tabela B.8 – Limites de força básica, F_B, ao PUXAR, considerando a altura absoluta de trabalho, h_W, e subgrupo de população – População trabalhadora da Europa Central, usuários PROFISSIONAIS	30
Tabela B.9 – Limites de força básica, F_B, ao EMPURRAR, considerando a altura absoluta de trabalho, h_W, e subgrupo de população – População trabalhadora da Europa Central, usuários DOMÉSTICOS	31

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

Tabela B.10 – Limites de força básica, F_B, ao PUXAR, considerando a altura básica de trabalho, h_w, e subgrupo de população – População trabalhadora da Europa Central, usuários DOMÉSTICOS	32
Tabela B.11 – Multiplicadores para distância do caminho de percurso < 5m (uso para avaliação de forças iniciais).....	33
Tabela B.12 – Multiplicadores para distância de percurso \geq 5 m (use para avaliação de forças sustentadas)	34
Tabela B.13 – Limites de força compressora pré-calculados variando com populações de usuários selecionados.....	36
Tabela B.14 – Procedimento para determinar os limites de força de ação.....	36
Figura B.4 – Forças compressoras da coluna lombar dependendo das forças da ação em atividades selecionadas de empurrar e puxar	38
Tabela F.1 – Parâmetros de distribuição de força máxima para mulheres jovens (alemãs) entre 20-30 anos	56
Tabela F.2 – Exemplo de médias de determinação de médias de força e desvios-padrão	58
Tabela F.3 – Multiplicadores de subgrupo sintetizando distribuições de força de subgrupo ...	59

Prefácio Nacional

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização.

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da ABNT Diretiva 2.

A ABNT chama a atenção para que, apesar de ter sido solicitada manifestação sobre eventuais direitos de patentes durante a Consulta Nacional, estes podem ocorrer e devem ser comunicados à ABNT a qualquer momento (Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996).

Ressalta-se que Normas Brasileiras podem ser objeto de citação em Regulamentos Técnicos. Nestes casos, os Órgãos responsáveis pelos Regulamentos Técnicos podem determinar outras datas para exigência dos requisitos desta Norma.

A ABNT NBR ISO 11228-2 foi elaborada pela Comissão de Estudo Especial de Ergonomia – Antropometria e biomecânica (ABNT/CEE-136). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 05, de 09.05.2017 a 07.06.2017.

Esta Norma é uma adoção idêntica, em conteúdo técnico, estrutura e redação, à ISO 11228-2:2007, que foi elaborada pelo *Technical Committee Ergonomics* (ISO/TC 159), conforme ISO/IEC Guide 21-1:2005.

A ABNT NBR ISO 11228, sob o título geral “*Ergonomia – Movimentação manual*”, tem previsão de conter as seguintes partes:

- Parte 1: Levantamento e transporte de cargas
- Parte 2: Empurrar e puxar
- Parte 3: Manipulação de cargas leve em alta frequência de repetição

O Escopo em inglês desta Norma Brasileira é o seguinte:

Scope

This Part of ISO 11228 gives the recommended limits for whole-body pushing and pulling. It provides guidance on the assessment of risk factors considered important to manual pushing and pulling, allowing the health risk for the working population to be evaluated. The recommendations apply to the healthy adult working population and provide reasonable protection to the majority of this population. These guidelines are working population and provide reasonable protection to the majority of this population. These guidelines are based on experimental studies of push/pull tasks and associated levels of musculoskeletal loading, discomfort/pain, and endurance/fatigue.

Pushing and pulling, as defined in this Part of ABNR NBR ISO 11228, is restricted to the following:

- *whole-body force exertions (i.e while standing/walking);*
- *actions performed by one person (handling by two or more people is not part of the assessment, but some advice is given in Annex C);*

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

- *forces applied by two hands;*
- *forces used to move or restrain an object;*
- *forces applied in a smooth and controlled way;*
- *forces applied without the use of external support(s);*
- *forces applied on objects located in front of the operator;*
- *forces applied in an upright position (not sitting).*

This Part of ABNR NBR ISO 11228 is intended to provide information for designers, employers, employees and others involved in the design or redesign of work, tasks, products and work organization.



Introdução

Dor, fadiga e distúrbios do sistema musculoesquelético podem ser resultados de tarefas de movimentação manual inadequadas e/ou forçadas, como empurrar ou puxar objetos. Dor e fadiga musculoesqueléticas podem influenciar o controle postural e aumentar a probabilidade de práticas perigosas de trabalho, levando a um maior risco de lesão, assim como uma redução na produtividade e qualidade de rendimento de trabalho. Um bom projeto ergonômico pode fornecer uma abordagem para evitar esses efeitos adversos.

Esta Parte da ABNT NBR ISO 11228 fornece dois métodos para identificar os perigos e riscos associados ao ato de empurrar e puxar com todo o corpo. Seu conteúdo baseia-se no conhecimento e entendimento atual dos fatores de risco musculoesqueléticos associados com esses tipos de tarefas de movimentação. Além de fornecer uma abordagem ergonômica para a avaliação das tarefas de empurrar/puxar, esta Norma propõe recomendações para reduzir o risco de lesão ou doença.

A avaliação e controle dos riscos referentes à movimentação manual são encontrados na ABNT NBR ISO 11228-1, ISO 11228-3 e ISO 11226.





Ergonomia — Movimentação manual

Parte 2: Empurrar e puxar

1 Escopo

Esta Parte da ABNT NBR ISO 11228 fornece os limites recomendados para empurrar e puxar com todo o corpo. Ela fornece orientações sobre a avaliação dos fatores de risco considerados importantes para empurrar e puxar manualmente, permitindo que os riscos de saúde para a população trabalhadora sejam avaliados. As recomendações se aplicam à população trabalhadora adulta e protegem razoavelmente a maioria dessa população. Essas diretrizes são fundamentadas em estudos experimentais de tarefas de empurrar/puxar e níveis associados de esforço musculoesquelético, desconforto/dor e resistência/fadiga.

Empurrar e puxar, como definidas nesta Parte da ABNT NBR ISO 11228, são ações restritas a:

- esforços com o corpo inteiro (por exemplo andando/de pé);
- ações realizadas por uma pessoa (a movimentação por duas ou mais pessoas não faz parte desta avaliação, mas orientações podem ser encontradas no Anexo C);
- forças aplicadas com duas mãos;
- forças usadas para movimentar ou conter um objeto;
- forças aplicadas de maneira suave e controlada;
- forças aplicadas sem o uso de apoio(s) externo(s);
- forças aplicadas em objetos localizados na frente do operador;
- forças aplicadas em posição ereta (não sentada).

Esta Parte da ABNT NBR ISO 11228 tem como objetivo fornecer informações a projetistas, empregadores, funcionários e outras pessoas envolvidas no projeto ou novo projeto do trabalho, tarefas, produtos e organização do trabalho.

2 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições.

2.1

força inicial

força aplicada para mover um objeto (por exemplo, força necessária para acelerar o objeto)

2.2

puxar

esforço físico humano quando a força motriz estiver na frente do corpo e este ficar ereto ou se movimentar para trás

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

2.3

empurrar

esforço físico humano quando a força motriz for direcionada para frente, e para longe, do corpo do operador enquanto estiver de pé ou se movimentar para frente

2.4

força sustentada

força aplicada para manter um objeto em movimento (por exemplo, a força necessária para manter o objeto a uma velocidade mais ou menos constante)

2.5

força de parada

força aplicada para parar um objeto

2.6

condições ambientais desfavoráveis

condições que aumentam o risco de lesão

EXEMPLO Ambientes quentes ou frios, solos escorregadios.

3 Recomendações

3.1 Evitar tarefas perigosas de movimentação manual

Convém que tarefas perigosas de movimentação manual sejam evitadas sempre que possível. Isso pode ser feito por meio de projeto adequado do local de trabalho e da tarefa, bem como de mecanização ou automação. Por exemplo, empurrar ou puxar manualmente objetos pesados em uma superfície de trabalho pode ser evitado usando esteiras transportadoras ou um transportador dos roletes inclinado por gravidade.

3.2 Avaliação de risco

A avaliação de risco consiste nos seguintes passos: identificação do perigo, estimativa de risco, avaliação de risco (ver ISO/IEC Guide 51).

Para os propósitos desta Parte da ABNT NBR ISO 11228, o modelo de avaliação de risco usado é exibido na Figura 1.

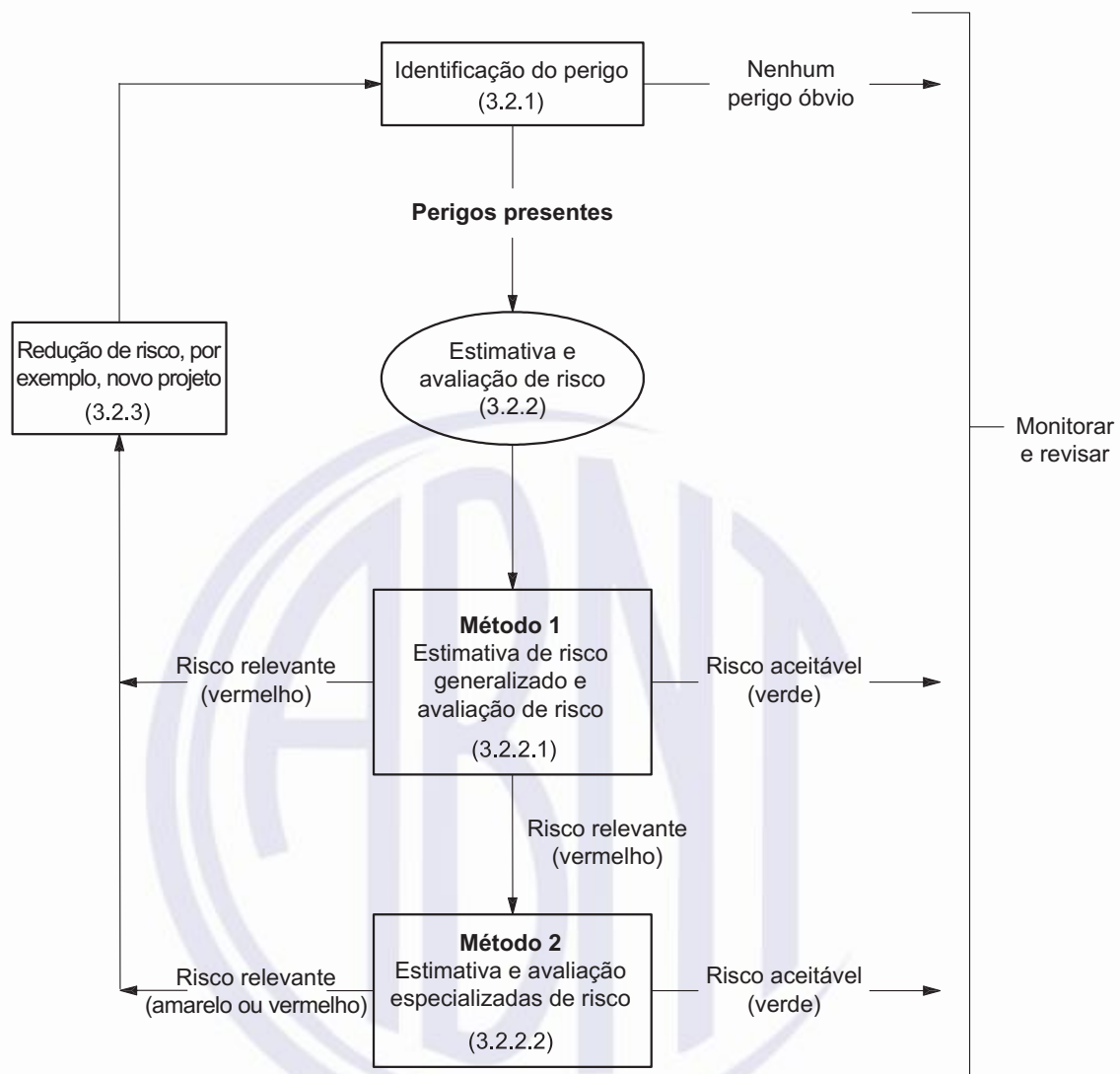


Figura 1 – Modelo de avaliação de risco

3.2.1 Identificação de perigo

3.2.1.1 Força

As forças iniciais são usadas para superar a inércia do objeto ao iniciar ou mudar a direção do movimento. Forças sustentadas são aquelas usadas para manter o movimento do objeto. As forças iniciais são normalmente maiores que as forças sustentadas e, portanto, convém que sejam mantidas ao mínimo. Convém que o início, parada e manobra frequentes do objeto sejam evitados. Convém que a aplicação contínua e suave de força seja aplicada no objeto, evitando movimentos súbitos e longa duração. Convém que as forças sustentadas sejam evitadas, pois aumentam o risco de fadiga muscular ou de corpo inteiro.

3.2.1.2 Postura

A habilidade de exercer uma força é em grande parte determinada pela postura que a pessoa adota. Posturas inadequadas frequentemente diminuem a habilidade de aplicar a força e aumentam o risco de lesão quando cargas pesadas forem colocadas nas articulações ou segmentos do corpo. Convém que o operador adote uma postura confortável e natural ao aplicar forças iniciais ou sustentadas

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

de empurrar/puxar. Convém que o operador exerça a força com uma postura estável e equilibrada que permita a aplicação de seu peso à carga e, portanto, minimize as forças aplicadas ao dorso (por exemplo, cargas de compressão na coluna vertebral e forças de cisalhamento no plano frontal ou sagital) e ombros. Convém que posturas em torção do tronco, inclinação lateral e flexionadas sejam evitadas, pois aumentam o risco de lesão. A carga nos braços e ombros é influenciada pela postura em relação à força aplicada, a qual também sofre influência da posição das mãos. Portanto, não convém que a posição das mãos seja muito alta nem muito baixa e não convém que estejam muito próximas. Convém que os cotovelos também sejam mantidos baixos.

Enquanto as ações de levantar, segurar e transportar podem causar grandes cargas compressoras na coluna lombar do operador, as forças de compressão causadas por empurrar e puxar são geralmente muito mais baixas. Forças cisalhantes, por outro lado, tendem a ser maiores. Atualmente, há um conhecimento limitado sobre os possíveis efeitos de forças cisalhantes sobre o risco de lesão às costas e somente alguns números de orientação existem sobre “limites seguros” para forças cisalhantes. Por esses motivos, esta Parte da ABNT NBR ISO 11228 foca em forças compressoras somente quando propõe limites de segurança para tarefas de empurrar e puxar.

3.2.1.3 Frequência e duração

Ao empurrar e puxar, convém que a frequência e a duração da força aplicada sejam consideradas. Convém que seja evitado executar força de longa duração (e por exemplo, por meio de auxílio mecânico) a fim de limitar/evitar os efeitos de fadiga muscular. A alta aplicação de força repetitiva resultará em forças iniciais mais frequentes, e convém que seja evitada.

3.2.1.4 Distância

As distâncias pelas quais os operadores movem objetos podem variar de alguns passos (1 m ou 2 m) até muitos metros. Longas distâncias associadas a grandes forças e movimentos frequentes podem ser fatigantes aos operadores. Quanto maior a distância, mais cansativo o movimento poderá ser para um determinado nível de força. Longas distâncias podem envolver movimentos corretivos múltiplos pelo operador, alterando o caminho do objeto e, assim, aumentando as demandas de força e a exposição do operador a quaisquer perigos causados pelo ambiente de trabalho.

3.2.1.5 Características do objeto

Convém que o modo de manuseio do objeto seja aprimorado. Se o objeto estiver sobre rodízios/rodas, convém que eles sejam adequados ao objeto (por exemplo, material e diâmetros apropriados) e bem conservados. Para objetos sem rodas ou rodízios, convém que a fricção seja reduzida (por exemplo, convém que superfícies com baixa propriedade de fricção ou rodas sejam consideradas). Convém que a força seja aplicada contra o objeto de maneira adequada e segura (por exemplo, convém que os apoios das mãos sejam fornecidos quando apropriado). Um objeto que restrinja a visibilidade do operador apresenta perigos específicos quando empurrado. Nessas situações, pode ser preferível puxar o objeto. É aconselhável quando possível, o uso de pegas longas verticais para as mãos, para que os usuários tenham a oportunidade de segurar na sua altura preferida.

3.2.1.6 Condições ambientais

Convém que a superfície sobre a qual o objeto é movimentado seja adequada para transportá-lo e seja bem conservada. Declive e alicha e degraus aumentam o esforço físico necessário para empurrar ou puxar um objeto, aumentando assim a carga de trabalho sobre o sistema musculoesquelético e, conseqüentemente, o risco de lesão. As superfícies molhadas ou contaminadas podem apresentar perigos específicos para o operador quando aplicam forças. Vibração, iluminação inadequada e ambientes quentes e frios podem impor perigos adicionais ao operador.

3.2.1.7 Características individuais

Habilidades e capacidades individuais, nível de treinamento, idade, gênero e saúde são características importantes a considerar ao fazer uma avaliação de risco (ver 3.2.2.2). Habilidade e experiência podem beneficiar o operador ao desempenhar a tarefa e reduzir o risco de lesão. Um treinamento pode aumentar o nível de habilidade para desempenhar uma tarefa. Convém que os sapatos usados pelo trabalhador proporcionem apoio e tração adequados para o ambiente em que a tarefa acontece.

3.2.1.8 Organização do trabalho

A organização geral do trabalho realizado por um operador pode modificar o risco de lesão. Outras tarefas físicas realizadas além de empurrar e puxar podem causar fadiga ao operador e carga biomecânica durante o dia de trabalho. Todas essas tarefas precisam ser avaliadas em relação ao risco.

É importante entender que os perigos causados por empurrar e puxar objetos frequentemente são resultados da combinação ou interação de vários fatores de risco, por exemplo, grandes forças sustentadas por longas distâncias. Além disso, convém que os operadores sejam treinados sobre como realizar com segurança cada tarefa e como reconhecer os locais de trabalho, tarefas e condições de equipamentos perigosos; Além disso, convém que eles também estejam conscientes dos procedimentos e canais de comunicação necessários por meio dos quais devem relatar e corrigir estes perigos. Os equipamentos e as instalações devem ser mantidos apropriadamente para uso seguro, e equipamentos defeituosos ou danificados devem ser removidos do uso imediatamente. Convém que todas as partes envolvidas estejam conscientes dos procedimentos de operação e manutenção seguros. Convém que o processo de compra de equipamentos baseie-se em exigências claras das tarefas e por isso resulte na seleção de equipamentos adequados para o local de trabalho e condições de tarefa específicas.

3.2.2 Estimativa de risco e avaliação de risco

A abordagem da estimativa de risco adota uma abordagem multidisciplinar levando em consideração as capacidades biomecânicas, fisiológicas e psicofísicas. A abordagem biomecânica considera aplicações de força em relação à capacidade individual de exercer força e risco de lesão, por exemplo, a compressão da coluna lombar é ponderada em relação à resistência da coluna lombar para populações de idades diferentes. A abordagem fisiológica leva em consideração o gasto de energia e limites de fadiga. A abordagem psicofísica trata das percepções de esforço, forças e desconforto aceitáveis.

O procedimento de avaliação de risco identifica dois métodos por meio dos quais avalia os riscos causados por tarefas de empurrar e puxar. O Método 1 oferece uma lista de verificação simples de avaliação de risco e tabelas psicofísicas com as quais avalia uma tarefa rapidamente. A lista de verificação apresenta não somente a avaliação do risco e os valores de limites sugeridos, mas também a identificação dos passos para reduzir o nível de risco. As tabelas psicofísicas fornecem os meios de determinar as forças iniciais e sustentadas aceitáveis considerando a altura do apoio das mãos, a distância movimentada e a frequência de tarefas de empurrar/puxar para homens e mulheres. O Método 1 pode ser suficiente, sempre tomando as ações apropriadas, ou adotando soluções práticas para garantir que o risco geral de lesão seja baixo. Se a lista de verificação não for suficiente e a situação ou população não for passível de tratamento pelas tabelas psicofísicas do Método 1, então convém que o Método 2 seja usado.

Enquanto o Método 2 adota uma abordagem de três zonas para determinar o nível do risco (verde, amarela e vermelha), a avaliação geral que vem do Método 1 exige uma classificação de risco baseada em dois níveis, aceitável (verde) ou inaceitável (vermelho). As três zonas de risco são definidas como a seguir:

a) Zona verde (risco aceitável)

O risco de doença ou lesão é insignificante ou está em um nível baixo aceitável para toda a população de operadores. Nenhuma ação é necessária.

ABNT NBR ISO 11228-2:2017**b) Zona amarela (risco condicionalmente aceitável)**

Há o risco de doença ou lesão que não pode ser negligenciado para toda a população de operadores ou parte dela. O risco deve ser futuramente estimado e analisado juntamente com os fatores de risco que contribuem para ele e seguido, o mais rápido possível, por um novo projeto. Quando um novo projeto não for possível, devem ser tomadas outras medidas para controlar o risco.

c) Zona vermelha (inaceitável)

Há um risco considerável de doença ou lesão que não pode ser negligenciado para a população de operadores. É necessária uma ação imediata para reduzir o risco (por exemplo, novo projeto, organização de trabalho, instrução ou treinamento do trabalhador).

3.2.2.1 Método 1 – Estimativa do risco generalizado e abordagem de avaliação de risco

O método 1 (ver Figura 2 e Anexo A) adota uma abordagem de lista de verificação (*check list*) para identificar e determinar o nível apropriado de risco para tarefas de empurrar e puxar.

A seção A.1 da lista de verificação é usada para registrar informações sobre a tarefa. A seção A.2 oferece orientação sobre forças aceitáveis com base em dados psicofísicos, juntamente com um exame de seis categorias de risco (A.2.1): a tarefa; características da carga; ambiente de trabalho; capacidade individual; organização do trabalho; e outros fatores. Fundamentada na avaliação geral feita na seção A.2, a seção A.3 é usada para registrar uma avaliação completa do nível do risco (por exemplo, verde/vermelho) causado pela tarefa. Ao fazer um julgamento do nível geral do risco, convém que seja considerado inicialmente as forças aceitáveis, e quando as forças iniciais ou sustentadas forem excedidas em 90 % para a população de usuários, convém que a tarefa seja classificada como de alto risco (por exemplo, VERMELHO). Se as forças iniciais ou sustentadas não forem excedidas, mas vários fatores de risco forem identificados na lista de verificação (A.2.2.), então convém que o nível de risco também seja classificado como VERMELHO. Para forças iniciais e sustentadas menores que as especificadas e quando somente uma pequena quantidade de fatores de risco estiver presente, a tarefa pode ser considerada de baixo risco (por exemplo, VERDE), apesar de que convém que todo esforço seja feito para diminuir o nível do risco dos fatores remanescentes. Se houver qualquer dúvida sobre a importância relativa de fatores de risco na seção A.2.2, ou a quantidade dos fatores de risco presente, convém que a tarefa sempre seja avaliada como VERMELHA ou que o método 2 seja aplicado.

Nem todas as perguntas em cada categoria podem ser relevantes para a tarefa e é importante perceber que os fatores de risco de cada uma das categorias podem estar inter-relacionados e ter uma grande influência quando combinados. Portanto, é importante que cada fator de risco não seja considerado isoladamente ao fazer um julgamento geral do nível de risco.

Quando o nível de risco for considerado alto, convém que sejam executados os passos para identificar a causa do problema e determinar qual ação convém que seja usada para reduzir o nível do risco. O A.4 permite a priorização das medidas de redução de risco. Após a implantação das medidas de redução de risco, convém que a tarefa seja monitorada e reavaliada se o trabalho mudar. Se a tarefa e/ou a população trabalhadora não estiver dentro das suposições das tabelas psicofísicas, convém que o Método 2 seja executado.

MÉTODO 1, Ver Anexo A

Passo 1 – Preencher A.1.

Passo 2 – Preencher a lista de verificação dada pela Tabela A.3 e determinar as forças iniciais e sustentadas de acordo com A.2.2:

- a) determinar a altura do apoio das mãos;
- b) determinar a distância em que o objeto foi empurrado ou puxado;
- c) determinar a frequência de empurrar/puxar, tanto iniciais como sustentadas;
- d) determinar a população trabalhadora, por exemplo, toda masculina (usar limites masculinos) ou toda feminina ou mista masculina/feminina (usar limites femininos);
- e) consultar as Tabelas A.5 a A.8 para encontrar as forças iniciais e sustentadas a fim de acomodar 90% da população usuária alvo;
- f) determinar/medir as forças iniciais e sustentadas reais (ver Anexo D).

Passo 3 – Comparar as forças aceitáveis (ver Tabelas A.5 a A.8) e as forças medidas e determinar os fatores de risco presentes na lista de verificação. Classificar o nível de risco geral (ver A.3) como a seguir:

- Se as forças reais (iniciais ou sustentadas) forem maiores que as forças recomendadas, classificar o risco como VERMELHO.
- Se as forças reais (iniciais ou sustentadas) forem menores que as forças recomendadas, mas caso haja uma quantidade predominante de fatores de risco presente, classificar o risco como VERMELHO.
- Caso contrário, classificar o risco como VERDE

Passo 4 – Priorizar e executar ações para reduzir os riscos (ver A.4), ou aplicar o Método 2.

Figura 2 – Procedimento da estimativa e avaliação do risco generalizado — Método 1

3.2.2.2 Método 2 – Estimativa do risco especializado e abordagem de avaliação de risco

O método 2 (ver Anexo B) adota o procedimento para determinar os limites de força de empurrar e puxar com todo o corpo de acordo com características específicas da população e da tarefa. O método 2 é dividido em quatro partes e convém que seja aplicado de acordo com Figura 3:

- a) Parte A – Limites de força muscular;
- b) Parte B – Limites de resistência esquelética;
- c) Parte C – Forças máximas permitidas;
- d) Parte D – Limites de segurança.

A parte A determina os limites de força com base nas medidas de força estática e ajusta essas forças de acordo com as características da população (por exemplo, idade, gênero e estatura) e as exigências da tarefa (por exemplo, frequência, duração e distância da tarefa de empurrar/puxar). O procedimento adotado na parte B leva em consideração as forças de empurrar/puxar de acordo com os limites de compressão espinal para idade e gênero.

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

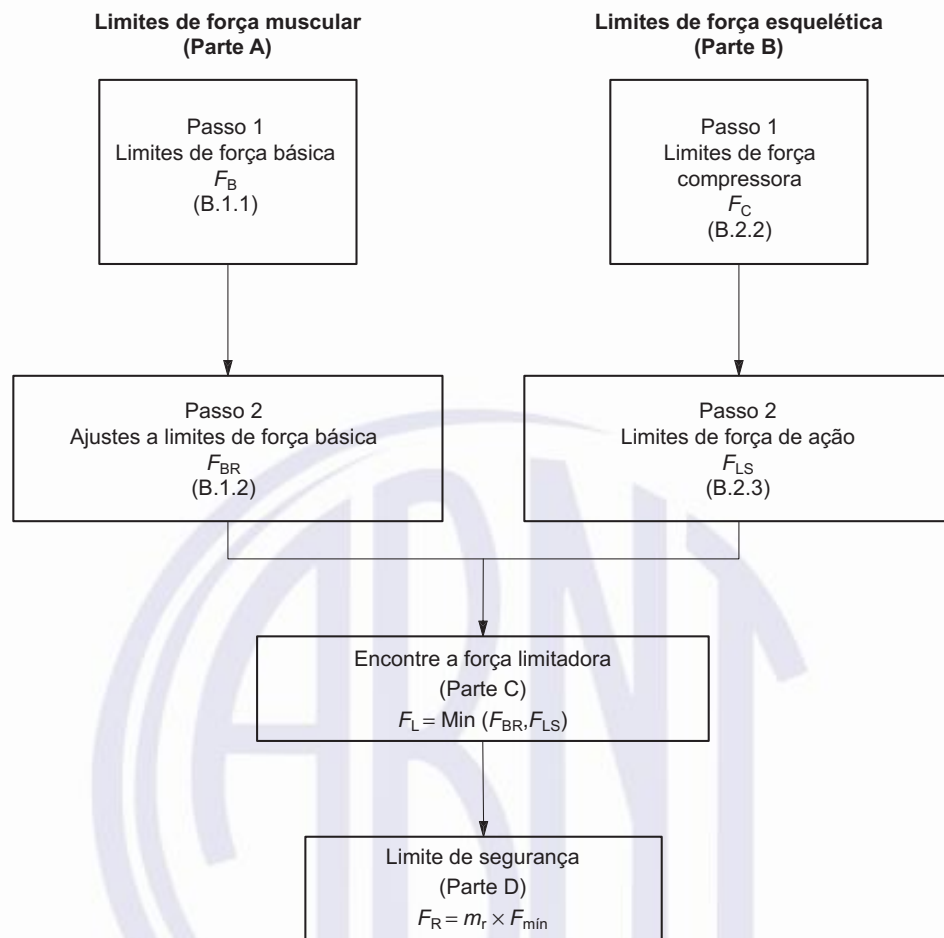


Figura 3 – Avaliação especializada de estimativa e avaliação – Método 2

3.2.2.2.1 Parte A – Limites de força baseados na força muscular, F_{Br}

A parte A adota um procedimento de dois passos para determinar os limites de força corrigidos para a população (passo 1) e características da tarefa (passo 2).

Passo 1 – Limites básicos de força, F_B – Determinar aplicações máximas de força estática para empurrar/puxar da população usuária alvo, levando em consideração idade, gênero e estatura (ver B.1.1 e B.1.2).

Passo 2 – Determinar F_{Br} adequando os limites de força básica, F_B , de acordo com a distância, d , e frequência, f , da tarefa de empurrar/puxar (ver B.1.3):

$$F_{Br} = F_B [1 - m_d(d) - m_f(f)]$$

onde

F_B é o limite da força básica;

m_d é o multiplicador da distância (ver a Tabela B.11 ou B.12);

d é a distância da tarefa de empurrar/puxar, expressa em metros (m);

m_f é o multiplicador da frequência da tarefa (ver a Tabela B.11 ou B.12);

f é a frequência (número de vezes por minuto) na qual a tarefa é repetida durante um dia de trabalho.

3.2.2.2.2 Parte B – Limites de força baseados na resistência esquelética, F_{LS}

A parte B fornece os limites básicos de força com base nas características de resistência compressiva da coluna lombar. O procedimento é descrito no Anexo B e adota uma abordagem de dois passos: 1) estimativa dos limites de força compressora, F_C , levando em consideração a idade e o gênero da população dos usuários; e 2) avaliando o limite de ação da força, F_{LS} , que corresponde ao limite da força compressora, F_C , de uma ação específica de empurrar ou puxar no local de trabalho. Não convém que o F_{LS} seja excedido pela força real medida no local do trabalho, assegurando que os limites de compressão da coluna lombar não sejam excedidos.

Passo 1 – Determinar F_C , levando em consideração a idade e o gênero da população usuária alvo

Passo 2 – Determinar o F_{LS} que corresponde ao limite de força compressora, F_C , em uma ação específica de empurrar ou puxar (usando B.2, Figura B.3). Identificar o relacionamento entre

- F_{LS} , e
- forças de ação observadas no local de trabalho.

Não convém que as forças de ação medidas no local de trabalho exceder o limite da força de ação (F_{LS}).

3.2.2.2.3 Parte C – Força limitadora, F_L

A Parte C envolve a seleção da força mínima dos

- a) limites da força muscular, F_{Br} , ou
- b) limites da força esquelética, F_{LS} .

$$F_L = \min. (F_{Br}, F_{LS})$$

3.2.2.2.4 Parte D – Limite de segurança, F_R

Para avaliar o risco, a força real resultante é comparada com um limite de segurança, F_R , calculado de uma força mínima limitante, F_{\min} , e um multiplicador de risco, m_r , de maneira que

$$F_R = m_r \times F_{\min}$$

onde

$m_r = 0,85$ representa o limite máximo da zona “verde”;

$m_r = 1,0$ representa o limite máximo da zona “amarela”.

Em seguida, comparar a força real com F_R para a avaliação final. Usar a força inicial real se a distância da tarefa de empurrar ou puxar for menor que, ou igual a 5 m e usar a força sustentada real se a distância for maior que 5 m.

Observar que atividades de empurrar e puxar podem induzir altas forças cisalhantes na coluna lombar. Comparando com as forças compressoras espinais, pouco se conhece sobre os “limites seguros” para forças cisalhantes espinais. Portanto, esta Parte da ABNT NBR ISO 11228 trata das forças compressoras espinais e força muscular somente ao avaliar os limites para tarefas de empurrar e puxar.

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

3.2.3 Redução de risco

A redução de risco pode ser obtida minimizando ou excluindo perigos que possam resultar da tarefa, o(s) objeto(s) sendo manuseado(s), o local de trabalho, a organização do trabalho ou as condições ambientais, como por exemplo, os que estão presentes no Anexo C.



Anexo A (informativo)

Método 1 – Empurrar e puxar: lista de verificação da avaliação geral

A.1 Passo 1

Preencher a Tabela A.1 e depois, se a resposta for “Sim”, a Tabela A.2.

Tabela A.1

Descrição da tarefa:	Uma avaliação é necessária? (por exemplo, há um risco em potencial de lesão e os fatores estão além dos limites das orientações?) Sim/Não ^a
^a Circular como apropriado.	

Tabela A.2

Operações abrangidas por essa avaliação (descrição detalhada):	Diagramas (outras informações):
Locais:	
Funcionários envolvidos:	
Data da avaliação:	

A.2 Passo 2 – Avaliação dos fatores de risco potenciais

A.2.1 Lista de verificação

Preencher a lista de verificação da Tabela A.3.

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

Tabela A.3

Questões a serem consideradas	SIM (= risco)	NÃO	Riscos e problemas em potencial (fazer anotações nesta coluna para a elaboração da ação corretiva a ser tomada)	Sugestões/possível ação corretiva (alterações possíveis a serem feitas no Sistema/tarefa, carga, local/espaco de trabalho, ambiente, comunicação necessária)
Avaliação de tarefa – Existem... <ul style="list-style-type: none"> • Movimentos muito acelerados para iniciar, parar ou manipular a carga? • Cabos/acoplamentos fora da faixa da altura vertical do quadril ao cotovelo da população de usuários? • Movimentos em alta velocidade (acima de 1,2 m/s)? <p>O ato das mãos usadas para segurar uma carga baixa atrás do corpo está fora do escopo desta Parte da ABNT NBR ISO 11228 e convém que seja evitado</p>				
A carga ou objeto a ser movido... <ul style="list-style-type: none"> • Não possui bons apoios para as mãos/acoplamentos? • Tem a carga instável? • Restringe a visão sobre/em volta da carga? Se estiver em cima de rodízios/rodas... <ul style="list-style-type: none"> • A carga excede a classificação dos rodízios/rodas? • A superfície do piso está em má condição ou o piso cria outros tipos de problemas para a operação dos rodízios/rodas? • As rodas giratórias são inadequadas para uma utilização de forma apropriada? • Os freios são necessários para interromper o movimento da carga com segurança? (se os freios forem fornecidos – sem risco) • Se freios forem utilizados, eles são eficazes? 				

Tabela A.3 (continuação)

Questões a serem consideradas	SIM (= risco)	NÃO	Riscos e problemas em potencial (fazer anotações nesta coluna para a elaboração da ação corretiva a ser tomada)	Sugestões/possível ação corretiva (alterações possíveis a serem feitas no Sistema/tarefa, carga, local/espço de trabalho, ambiente, comunicação necessária)
No ambiente de trabalho – Existem... <ul style="list-style-type: none"> • Espaços confinados/portas estreitas? • Espaços inadequados fornecidos para executar uma volta/manobra? • Um ou mais obstáculos na postura/posição corporal? • Pisos com sulcos/danificados/escorregadios? • Rampas/declives/superfícies desniveladas? • Perigos que levem ao tropeço? • Condições ruins de iluminação? • Condições quentes/frias/de umidade? • Ventos fortes? 				
Capacidade Individual – O trabalho... <ul style="list-style-type: none"> • Exige capacidades incomuns? • Perigo para aqueles com um problema de saúde? • Perigo para as grávidas? • Precisa de informações/treinamentos especiais? 				
Outros fatores <ul style="list-style-type: none"> • O movimento ou postura é limitado pela vestimenta ou equipamento de proteção individual? 				
Problemas de gestão e organização – Existem... <ul style="list-style-type: none"> • Superfícies com pouca manutenção/limpeza dos troles/carrinhos/pisos? • Pouca conscientização geral sobre os procedimentos operacionais/de manutenção? • Pouca comunicação entre os usuários dos equipamentos e os compradores? 				

ABNT NBR ISO 11228-2:2017**A.2.2 Determinação das forças iniciais e sustentadas**

Determinar o seguinte:

- a) altura do apoio das mãos;
- b) distância percorrida empurrando ou puxando o objeto;
- c) frequência das ações de empurrar/puxar, tanto iniciais como sustentadas;
- d) população trabalhadora, por exemplo, masculina (usar limites masculinos) ou toda feminina ou mista masculina/feminina (usar limites femininos);
- e) ao consultar as Tabelas A.5 a A.8, encontrar as forças iniciais e sustentadas aceitáveis para acomodar 90 % da população usuária alvo;
- f) determinar/medir as forças iniciais e sustentadas (ver Anexo D).

A.3 Passo 3

Classificar o risco de lesão geral, VERMELHO/VERDE (ver Figura 2, passo 3). Como um guia para classificar o risco de lesão geral, comparar as forças aceitáveis (consulte Tabelas A.5 a A.8) com as forças medidas:

- a) se as forças reais forem maiores que as forças recomendadas, classificar o risco como VERMELHO;
- b) se as forças reais forem menores que as forças recomendadas, mas houver a presença de vários fatores de risco predominantes, classificar o risco como VERMELHO;
- c) caso contrário, classificar o risco como VERDE.

Se, após uma ação corretiva, a avaliação geral for VERMELHO ou o nível de risco for difícil de definir, executar medidas para reduzir o risco ou aplicar o Método 2.

A.4 Passo 4

Determinar as medidas de redução de risco a serem tomadas, usando a Tabela A.4.

Tabela A.4

Medidas de redução de risco que convém que sejam realizadas, em ordem de prioridade	Data até a qual convém que a ação seja realizada:
1	
2	
3	
4	
5	
Data para reavaliação:	
Nome do avaliador:	Assinatura:

Realizar a ação e verificar se ela terá o efeito desejado.

A.5 Forças máximas aceitáveis

Ver as Tabelas A.5 a A.8.

Tabela A.5

Altura do apoio das mãos		Ação de empurrar com duas mãos – Força inicial máxima aceitável – 90 % da população N															
		Frequência da ação de empurrar															
		10/min 0,166 7 Hz		5/min 0,083 3 Hz		4/min 0,066 7 Hz		2,5/min 0,042 Hz		1/min 0,0167 Hz		1/2min 0,008 3 Hz		1/5min 0,003 3 Hz		1/8h 3,5×10 ⁵ Hz	
m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f
		Distância da ação de empurrar de 2 m															
144	135	200	140	220	150					250	170			260	200	310	220
95	89	210	140	240	150					260	170			280	200	340	220
64	57	190	110	220	120					240	140			250	160	310	180
		Distância da ação de empurrar de 8 m															
144	135					140	150			210	160			220	180	260	200
95	89					160	140			230	160			250	190	300	210
64	57					130	110			200	140			210	160	260	170
		Distância da ação de empurrar de 15 m															
144	135							160	120	190	140			200	150	250	170
95	89							180	110	220	140			230	160	280	170
64	57							150	90	190	120			200	130	240	150
		Distância da ação de empurrar de 30 m															
144	135									150	120			190	140	240	170
95	89									170	120			220	150	270	180
64	57									140	110			190	120	230	150
		Distância da ação de empurrar de 45 m															
144	135									130	120			160	140	200	170
95	89									140	120			190	150	230	180
64	57									120	110			160	120	200	150
		Distância da ação de empurrar de 60 m															
144	135											120	120	140	130	180	150
95	89											140	120	160	130	200	160
64	57											120	100	140	110	170	130
m		masculino															
f		feminino															
Para uma população trabalhadora só de homens, usar limites masculinos; para uma população só de mulheres ou mista de mulheres/homens usar limites femininos. Alturas baixas não são recomendadas para o apoio das mãos.																	

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

Tabela A.6

Altura do apoio das mãos		Ação de empurrar com duas mãos – Força sustentada máxima aceitável – 90 % da população N															
		Frequência da ação de empurrar															
		10/min 0,166 7 Hz		5/min 0,083 3 Hz		4/min 0,066 7 Hz		2,5/min 0,042 Hz		1/min 0,0167 Hz		1/2min 0,008 3 Hz		1/5min 0,003 3 Hz		1/8h 3,5×10 ⁻⁵ Hz	
m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f
		Distância da ação de empurrar de 2 m															
144	135	100	50	130	80					150	100			180	110	220	140
95	89	100	50	130	70					160	90			190	100	230	130
64	57	100	40	130	60					160	80			180	90	230	120
		Distância da ação de empurrar de 8 m															
144	135					60	50			130	70			150	80	180	110
95	89					60	50			130	80			150	90	180	110
64	57					60	50			120	70			140	80	180	110
		Distância da ação de empurrar de 15 m															
144	135							60	40	110	40			130	70	160	90
95	89							60	40	110	40			130	70	160	100
64	57							60	40	110	40			120	70	150	90
		Distância da ação de empurrar de 30 m															
144	135									60	40			120	60	160	80
95	89									60	40			120	60	160	90
64	57									60	40			110	60	150	80
		Distância da ação de empurrar de 45 m															
144	135									50	40			100	50	130	80
95	89									50	40			90	60	130	80
64	57									50	40			90	50	130	70
		Distância da ação de empurrar de 60 m															
144	135											70	30	80	40	110	60
95	89											70	30	80	40	110	60
64	57											70	30	80	40	100	60
m		masculino															
f		feminino															
		Para uma população trabalhadora só de homens, usar limites masculinos; para uma população só de mulheres ou mista de mulheres/homens usar limites femininos. Alturas baixas não são recomendadas para o apoio das mãos.															

Tabela A.7

Altura do apoio das mãos		Ação de <i>puxar</i> com duas mãos – Força <i>inicial</i> máxima aceitável – 90 % da população N															
		Frequência da ação de puxar															
cm		10/min 0,166 7 Hz		5/min 0,083 3 Hz		4/min 0,066 7 Hz		2,5/min 0,042 Hz		1/min 0,016 7 Hz		1/2min 0,008 3 Hz		1/5min 0,003 3 Hz		1/8h 3,5×10 ⁵ Hz	
m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f
		Distância da ação de puxar de 2 m															
144	135	140	130	160	160					180	170			190	190	230	220
95	89	190	140	220	160					250	180			270	210	320	230
64	57	220	150	250	170					280	190			300	220	360	240
		Distância da ação de puxar de 8 m															
144	135					110	110			160	160			170	170	210	200
95	89					150	140			230	160			240	190	290	210
64	57					180	150			260	170			270	200	330	220
		Distância da ação de puxar de 15 m															
144	135							130	100	150	130			160	150	200	170
95	89							180	100	210	140			230	160	280	180
64	57							200	110	240	150			260	170	310	190
		Distância da ação de puxar de 30 m															
144	135									120	120			150	140	190	170
95	89									160	130			210	150	260	180
64	57									180	130			240	150	300	190
		Distância da ação de puxar de 45 m															
144	135									100	100			130	140	160	160
95	89									140	130			180	150	230	180
64	57									160	130			210	150	260	190
		Distância da ação de puxar de 60 m															
144	135											100	100	110	110	140	140
95	89											130	120	160	130	190	160
64	57											150	130	180	140	220	170
m	masculino																
f	feminino																
Para uma população trabalhadora só de homens, usar limites masculinos; para uma população só de mulheres ou mista de mulheres/homens usar limites femininos. Alturas baixas não são recomendadas para o apoio das mãos.																	

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

Tabela A.8

Altura do apoio das mãos		Ação de <i>puxar</i> com duas mãos – Força <i>sustentada</i> máxima aceitável – 90 % da população N															
		Frequência da ação de puxar															
		10/min 0,166 7 Hz		5/min 0,083 3 Hz		4/min 0,066 7 Hz		2,5/min 0,042 Hz		1/min 0,016 7 Hz		1/2min 0,008 3 Hz		1/5min 0,003 3 Hz		1/8h 3,5×10 ⁻⁵ Hz	
m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	F	m	f	m	f	m	f
		Distância da ação de puxar de 2 m															
144	135	80	50	100	80					120	100			150	110	180	150
95	89	100	50	130	80					160	100			190	110	240	140
64	57	110	40	140	80					170	90			200	100	250	130
		Distância da ação de puxar de 8 m															
144	135					60	60			100	90			120	100	150	130
95	89					60	60			130	90			160	100	190	130
64	57					70	50			140	80			170	90	200	120
		Distância da ação de puxar de 15 m															
144	135							60	40	90	60			100	80	130	110
95	89							70	40	120	60			140	80	170	110
64	57							70	40	120	60			150	70	180	100
		Distância da ação de puxar de 30 m															
144	135									70	50			90	70	130	100
95	89									70	50			120	70	170	100
64	57									70	50			130	60	180	90
		Distância da ação de puxar de 45 m															
144	135									50	50			80	70	100	90
95	89									60	40			100	60	140	90
64	57									60	40			110	60	150	80
		Distância da ação de puxar de 60 m															
144	135											60	40	60	50	90	70
95	89											70	40	90	50	120	70
64	57											80	30	90	50	120	60
m		masculino															
f		feminino															
		Para uma população trabalhadora só de homens, usar limites masculinos; para uma população só de mulheres ou mista de mulheres/homens usar limites femininos. Alturas baixas não são recomendadas para o apoio das mãos.															

Anexo B

(informativo)

Método 2 – Estimativa de risco especializada e avaliação de risco

O Método 2 pode ser usado para calcular limites básicos da força ao empurrar ou puxar um objeto e considera as características demográficas e antropométricas da população usuária alvo.

Em particular, essas características incluem distribuições de:

- idade;
- gênero; e
- estatura.

Basicamente, o Método 2 é usado para calcular os limites da força ao empurrar ou puxar um objeto:

- a) em alturas absolutas selecionadas do apoio das mãos;
- b) para populações alvo especificadas.

O Método 2 envolve a seguinte abordagem passo a passo.

B.1 Parte A – Determinação dos limites da força com base na força do músculo

B.1.1 Passo 1 – Cálculo dos limites básicos da força

B.1.1.1 Resumo do procedimento

O procedimento para calcular os limites básicos de força, F_B é o seguinte:

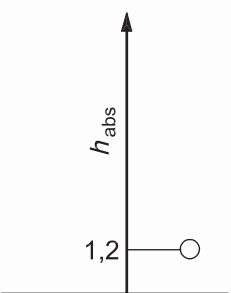
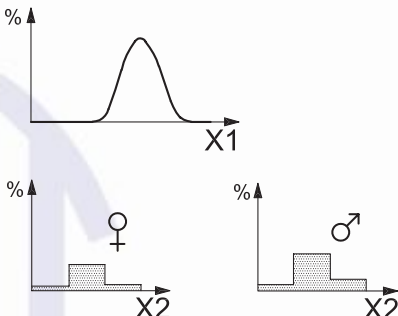
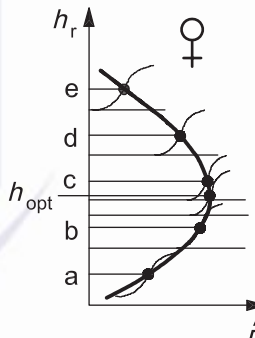
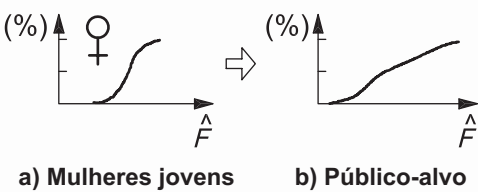
- a) coletar dados de força (ver B.1.1.2);
- b) corrigir os dados de força para distribuições de idade e gênero da população-alvo (ver B.1.1.3);
- c) corrigir os dados de força para distribuições de estatura da população-alvo (ver B.1.1.4);
- d) determinar F_B (ver B.1.1.5).

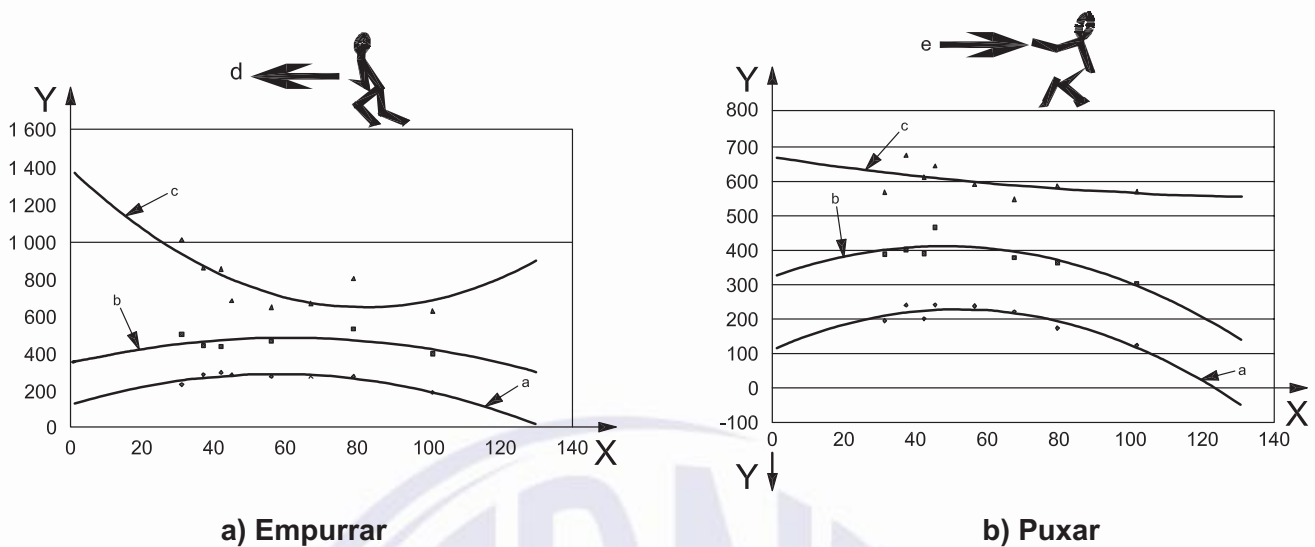
B.1.1.2 Coleta de dados de força

Ver a Tabela B.1.

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

Tabela B.1

Força		Descrição	Exemplos gráficos
1	Determinar a altura absoluta do apoio das mãos, h_{abs} .	Por exemplo, 1,2 m	
2	Determinar as características do grupo-alvo	Características do grupo-alvo: — Distribuição de estatura — Distribuição de idade e gênero	
3	Determinar as distribuições de força do grupo de referência com base nas descobertas experimentais. Ver Figura B.1.	Distribuição de força do grupo de referência — por exemplo, mulheres jovens — ao empurar ou puxar — a alturas relativas de cabo selecionadas	
4	Aplicar o procedimento de distribuição sintética como descrito no Anexo F.	O ajuste demográfico leva a distribuições sintéticas de acordo com Anexo F.	
X1	estatura		
X2	idade		
\hat{F}	força física, N		
h_{abs}	altura absoluta, m		
h_{opt}	altura relativa ideal de trabalho		
h_r	altura relativa do apoio das mãos, %		



Legenda

- X altura relativa de trabalho, %
- Y força, N
- a 5º percentil
- b 50º percentil
- c 95º percentil

Figura B.1 – Percentis de força dependendo das alturas relativas de trabalho (ver Referência [7])

B.1.1.3 Adaptar as forças à idade e gênero dos usuários-alvo

Adaptar as distribuições de força do grupo de referência (mulheres) para as características da população usuária alvo. Essa transformação se aplica a distribuições de força em todas as alturas relativas e produz um novo conjunto de distribuições de força, modificadas em posição e formato, isto é, a distribuição normal não mais se aplica. As distribuições resultantes são compostas de uma combinação de distribuições normais ponderadas, com cada uma refletindo seu subgrupo em idade e gênero.

Esse procedimento, chamado de “procedimento de distribuições sintéticas” é apresentado no Anexo F. Geralmente, esse procedimento envolve três ações básicas como resumido na Tabela B.2.

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

Tabela B.2 – Ajustando a força à idade e gênero

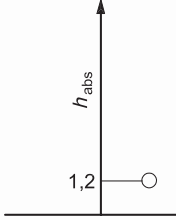
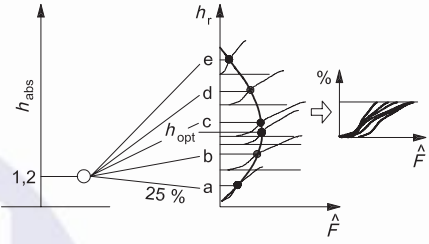
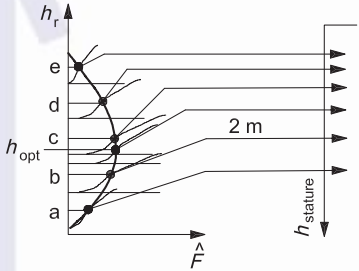
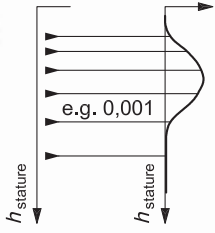
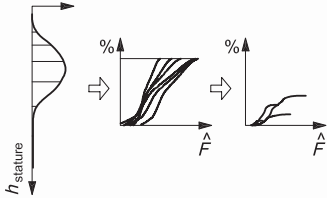
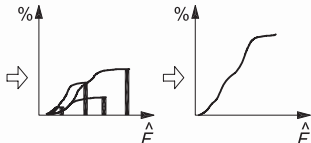
Ação		Descrição	Exemplo gráfico
1	Determinar a população-alvo.	O perfil demográfico de uma população-alvo é formado por sua distribuição de idade e gênero	
2	Selecionar as distribuições de força do grupo de referência	/distribuições de força do grupo de referência: — por exemplo, mulheres jovens — ao empurrar ou puxar — as Alturas relativas do apoio das mãos selecionadas h_r (a-e)	
3	Aplicar o procedimento de distribuição sintética como descrito no Anexo F.	Esse procedimento produz um conjunto de distribuições de força em alturas relativas do apoio das mãos, h_r , ajustadas à população-alvo.	
X	idade		
\hat{F}	força física, N		
h_{opt}	altura relativa ideal de trabalho		
h_r	altura relativa do apoio das mãos, %		

B.1.1.4 Adaptar a força para distribuições de estatura

Convém que as distribuições de força reflitam os efeitos da estatura assim como idade e gênero. Corrigir as distribuições de força derivadas no B.1.1.3 para distribuições próprias de estatura para populações específicas de usuários, por exemplo a força de empurrar mudará ao trocar de populações altas para médias ou baixas.

Esse procedimento é descrito na Tabela B.3.

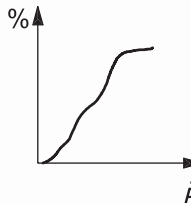
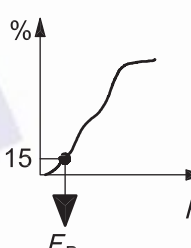
Tabela B.3 – Adaptando a força à distribuição de estatura

Ação	Descrição	Exemplos gráficos
1	Selecionar a altura absoluta do apoio das mãos.	
2	Reorganizar as distribuições de força obtidas na Tabela B.2.	
3	Pressupor as estaturas — ao trabalhar em $h_{abs} = 0,5$ m acima do solo — em uma altura de trabalho relativo $h_r = 25\%$ — então, a estatura (ou 100%) resultará em $h_{stature} = 2$ m	
4	Determinar multiplicadores ponderados a partir das distribuições de estatura.	 <p>(estatura)</p>
5	Distribuições ponderadas de força.	
6	Calcular uma função de distribuição combinada	
<p>\hat{F} força física, N</p> <p>h_{abs} altura absoluta, m</p> <p>h_{opt} altura relativa ideal de trabalho</p> <p>h_r altura relativa do apoio das mãos, %</p> <p>$h_{stature}$ estatura, m; $h_{stature} = 100 (h_{abs}/h_r)$ m</p>		

ABNT NBR ISO 11228-2:2017**B.1.1.5 Determinação limites de força**

Os limites de força podem ser encontrados usando uma abordagem de percentil como descrito em na EM 1005-3^[11]. Um resumo desse procedimento é exibido na Tabela B.4.

Tabela B.4 – Determinação dos limites de força básica, F_B

Ação		Descrição	Exemplos gráficos
1	Consultar os resultados da Tabela B.3.	Continuar com a função de distribuição combinada:	
2	Encontrar o limite de força básica, F_B .	Determinar um limite de percentual que inclua as capacidades de força de uma maioria definida (85 %) da população usuária-alvo.	
F força física, N F_B limite de força básica			

B.1.1.6 Exemplo demonstrando os efeitos dos limites de força muscular**a) Cenário**

- 1) Atividade: empurrar
- 2) População:
 - i) Estadunidense (A)
 - ii) Japonesa (B)
- 3) Altura absoluta de trabalho: 1,5 m

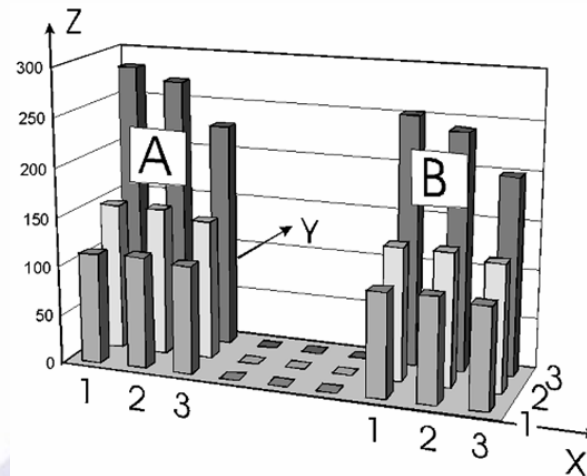
b) Suposições

- 1) Força física: distribuições de força idênticas nas duas nacionalidades
- 2) Limites de carga: 15° percentil

Este exemplo calcula os limites de força básica, F_B , ao empurrar. Esses limites se referem às populações estadunidenses e japonesas que diferem grandemente em distribuições de estatura. As distribuições de estatura das duas nações eram supostamente idênticas.

Cada uma das duas nacionalidades inclui uma variedade de subpopulações especificadas particularmente por uma combinação de idades e gêneros.

Ver figura B.2.



Legenda

A Estadunidense

B Japonesa

X combinação de idades 1 jovens
 2 todas as idades
 3 idosos

Y combinação de gêneros 1 combinação
 2 combinação
 3 combinação

Z limites de força básica, FB, N

NOTA Ver d) para uma explicação das combinações.

Figura B.2 – Limites de força muscular adaptadores variando em uma população de usuários e entre duas populações de usuários diferentes

c) Combinação de idades

Este exemplo identifica três combinações de idade, agrupando a população trabalhadora geral:

- 1) júnior – grupos de pessoas no grupo de idade 1 (idade < 20 anos);
- 2) todas as idades – distribuições iguais em todos os três grupos de idade (idade < 20 anos, 20 anos ≤ idade < 50 anos, e 50 anos ≤ idade < 65 anos);
- 3) sênior – grupos de pessoas no grupo de idade 3 (50 anos < idade ≤ 65 anos).

d) Combinações de gêneros

Cada uma das combinações anteriores faz três proporções diferentes entre homens e mulheres:

- 1) combinação 1: homens para mulheres = 0:100 %;

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

- 2) combinação 2: homens para mulheres = 50:50 %;
- 3) combinação 3: homens para mulheres = 100:0 %.

Uma composição das combinações anteriores em idade e gênero produz um conjunto de 3×3 como exibido na Figura B.2.

e) Cálculo de limites de força básica, F_B

- 1) na posição de cada elemento do conjunto, e
- 2) para as populações estadunidense e japonesa.

f) Interpretações

Os resultados exibidos na Figura B.2 demonstram quantitativamente a ampla adaptabilidade desse tipo de limite de força. Os limites não só refletem perfis demográficos, mas também esclarecem as variações em distribuições de estatura.

No caso dos perfis demográficos, os limites de força nas duas nações diminuem com o

- 1) aumento de idade; e
- 2) aumento na representação feminina.

A Figura B.2 demonstra claramente a forma na qual as duas nacionalidades moldam os limites de força como um efeito das distribuições de estaturas diferentes.

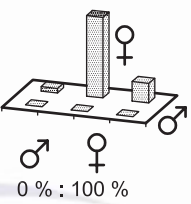
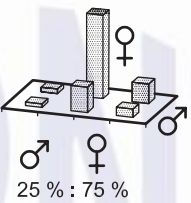
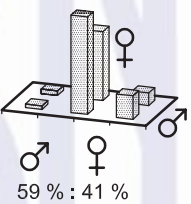
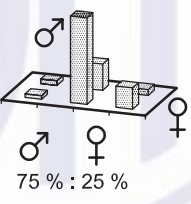
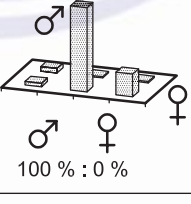
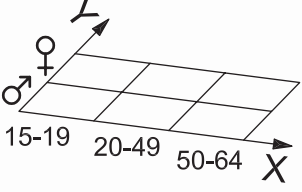
B.1.2 Limites de força pré-calculados

Essa subseção oferece um conjunto de limites de força básica, F_B , que pode ser usado para contornar o procedimento explicado em B.1.1. Exemplos selecionados se referem a situações-padrão ao executar tarefas de empurrar e puxar.

Limites pré-calculados de força básica, F_B , podem ser encontrados como a seguir:

- a) primeiro, selecionar o subgrupo das Tabelas B.5 e B.6 que melhor se aproxima da população-alvo;
- b) depois encontrar os limites pré-calculados de força nas Tabelas B.7 a B.10.

Tabela B.5 – Perfis de subgrupo de população variando em idade e gênero e refletindo todas as idades de uma população trabalhadora adulta

Distribuição por gênero, proporção de homens para mulheres %	Visualização ^a	Subgrupo de população n°
0:100		1
25:75		2
59:41 Distribuição natural		3
75:25		4
100:0		5
<p>^a</p>  <p>X idade</p> <p>Y gênero</p>		

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

Tabela B.6 – Perfis de subgrupo de população variando em idade e gênero e refletindo população idosa (50-64 anos)

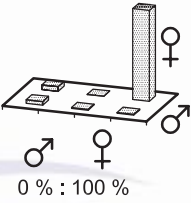
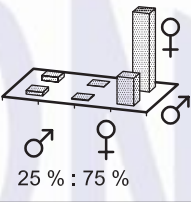
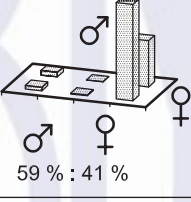
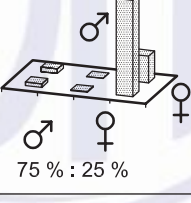
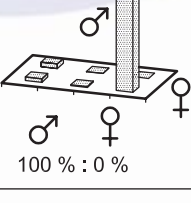
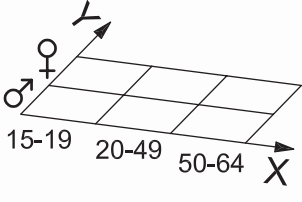
Distribuição por gênero, proporção de homens para mulheres %	Visualização ^a	Subgrupo de população n°
0:100		6
25:75		7
59:41 Distribuição natural		8
75:25		9
100:0		10
<p>^a</p>  <p>X idade</p> <p>Y gênero</p>		

Tabela B.7 – Limites de força básica, F_B , ao EMPURRAR, considerando a altura absoluta de trabalho, h_w , e subgrupo de população – População trabalhadora da Europa Central, usuários PROFISSIONAIS

Altura absoluta do trabalho, h_w m	Limites de força básica, F_B N									
	Número do subgrupo de população ^a									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2,05	40	54	87	111	165	35	46	71	81	110
1,9	72	87	120	146	205	66	78	104	114	146
1,75	93	108	142	171	239	87	98	127	139	176
1,6	111	125	159	190	266	103	115	146	159	201
1,45	125	138	172	204	287	117	128	160	174	220
1,3	135	147	180	214	301	126	138	170	185	234
1,15	141	153	185	218	310	133	144	176	192	242
1,0	144	156	187	221	312	136	146	178	194	244
0,85	144	155	185	218	308	135	145	176	191	241
0,7	139	150	180	213	299	131	141	171	186	233
0,55	132	142	172	203	282	123	133	161	175	218
0,4	120	131	160	189	260	113	122	148	160	198
0,25	106	116	144	171	232	99	107	131	141	173
<p>NOTA 1 Distribuição de idade e gênero de acordo com 12 estados membros da Europa, 1993.</p> <p>NOTA 2 Distribuição de estatura de acordo com a Referência [8].</p> <p>NOTA 3 Distribuição de força de acordo com DIN 33411-5 [7].</p> <p>NOTA 4 As soluções técnicas têm a possibilidade de transformar completamente a tarefa ou pelo menos melhorar a condição para ela.</p> <p>NOTA 5 Embora esses dados sejam apresentados, não é aconselhável trabalhar acima da altura do ombro.</p> <p>NOTA 6 Esses dados são limites de força não recomendados.</p>										
^a Consultar as Tabelas B.5 e B.6.										

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

Tabela B.8 – Limites de força básica, F_B , ao PUXAR, considerando a altura absoluta de trabalho, h_w , e subgrupo de população – População trabalhadora da Europa Central, usuários PROFISSIONAIS

Altura absoluta do trabalho, h_w m	Limites de força básica, F_B N									
	Número do subgrupo de população ^a									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2,05	14	22	42	57	91	11	17	32	38	56
1,9	40	50	74	92	132	36	44	62	70	92
1,75	61	72	98	119	167	56	65	86	95	122
1,6	78	90	117	141	197	73	82	106	116	147
1,45	93	104	132	158	221	87	97	122	133	168
1,3	105	116	143	171	240	98	108	134	146	184
1,15	113	123	151	180	252	106	115	142	155	195
1,0	118	128	156	185	259	111	120	147	160	201
0,85	120	130	158	187	261	113	122	148	161	202
0,7	119	129	156	185	257	111	120	146	159	198
0,55	114	124	152	179	247	107	116	141	153	189
0,4	107	116	143	169	231	100	108	131	142	175
0,25	96	106	132	156	212	89	97	119	128	157
NOTA 1 Distribuição de idade e gênero de acordo com 12 estados membros da Europa, 1993. NOTA 2 Distribuição de estatura de acordo com a Referência [8]. NOTA 3 Distribuição de força de acordo com DIN 33411-5 [7]. NOTA 4 As soluções técnicas têm a possibilidade de transformar completamente a tarefa ou pelo menos melhorar a condição para ela. NOTA 5 Embora esses dados sejam apresentados, não é aconselhável trabalhar acima da altura do ombro. NOTA 6 Esses dados são limites de força não recomendados.										
^a Consultar as Tabelas B.5 e B.6.										

Tabela B.9 – Limites de força básica, F_B , ao EMPURRAR, considerando a altura absoluta de trabalho, h_w , e subgrupo de população – População trabalhadora da Europa Central, usuários DOMÉSTICOS

Altura absoluta do trabalho, h_w m	Limites de força F_B N									
	Número do subgrupo de população ^a									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2,05	N/A	N/A	N/A	1	54	N/A	N/A	1	1	31
1,9	24	28	38	47	84	20	24	33	38	55
1,75	39	44	55	65	112	35	39	51	56	78
1,8	54	59	70	80	136	49	53	65	71	99
1,45	66	71	82	92	156	61	65	77	83	117
1,3	76	81	91	101	170	70	74	86	92	130
1,15	83	87	97	106	179	77	81	92	98	139
1,0	86	90	100	108	182	80	83	94	100	141
0,85	86	90	99	107	179	80	83	93	99	139
0,7	82	86	94	103	171	76	79	89	95	132
0,55	75	78	86	94	157	69	72	81	86	119
0,4	66	68	76	83	137	60	63	71	75	101
0,25	53	56	63	69	114	48	51	58	62	81
<p>NOTA1 Distribuição de idade e gênero de acordo com a Europa de 12 estados membros, 1993.</p> <p>NOTA 2 Distribuição de estatura de acordo com a Referência [8].</p> <p>NOTA 3 Distribuição de força de acordo com DIN 33411-5^[7].</p> <p>NOTA 4 Usuários domésticos incluem as populações de jovens e idosos.</p> <p>NOTA 5 As soluções técnicas têm a possibilidade de transformar completamente a tarefa ou pelo menos melhorar a condição para ela.</p> <p>NOTA 6 Embora esses dados sejam apresentados, não é aconselhável trabalhar acima da altura do ombro.</p> <p>NOTA 7 Esses dados são limites de força não recomendados.</p>										
^a Consultar as Tabelas B.5 e B.6										

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

Tabela B.10 – Limites de força básica, F_B , ao PUXAR, considerando a altura básica de trabalho, h_w , e subgrupo de população – População trabalhadora da Europa Central, usuários DOMÉSTICOS

Altura absoluta do trabalho, h_w m	Limites de força F_B N									
	Número do subgrupo de população ^a									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2,05	N/A	N/A	N/A	1	22	N/A	N/A	N/A	1	10
1,9	9	12	18	24	48	8	10	15	18	30
1,75	23	26	35	42	74	20	23	31	35	50
1,8	36	40	49	56	97	32	36	45	49	69
1,45	47	51	60	68	116	43	47	56	61	85
1,3	57	61	70	77	131	52	56	65	70	98
1,15	64	67	76	83	140	58	62	71	76	107
1,0	68	71	79	87	145	62	66	75	80	111
0,85	69	72	80	87	146	63	66	75	80	111
0,7	67	70	78	85	142	62	65	73	78	107
0,55	63	66	73	80	133	58	60	68	73	99
0,4	56	59	66	72	119	51	54	61	65	87
0,25	47	49	56	62	102	42	45	51	55	72
NOTA 1 Distribuição de idade e gênero de acordo com 12 estados membros a Europa de, 1993. NOTA 2 Distribuição de estatura de acordo com a Referência [8]. NOTA 3 Distribuição de força de acordo com DIN 33411-5 ^[7] . NOTA 4 As soluções técnicas têm a possibilidade de transformar completamente a tarefa ou pelo menos melhorar a condição para ela. NOTA 5 Embora esses dados sejam apresentados, não é aconselhável trabalhar acima da altura do ombro. NOTA 6 Esses dados são limites de força não recomendados.										
^a Consultar as Tabelas B.5 e B.6										

B.1.3 Passo 2 – Ajustando limites de força básica

B.1.3.1 Geral

Convém que as adaptações aos limites de força básica, F_B , sejam feitas de acordo com a tarefa no local de trabalho real a ser desempenhada. Isso pode ser conseguido usando o seguinte procedimento:

- Determinar a distância de percurso, d , em metros, pela qual o objeto é empurrado ou puxado.
- Identificar a frequência da tarefa, f , (empurrar/min. ou puxar/min.) durante um dia de trabalho.
- Fazer a adequação de F_B como a seguir:

$$F_{Br} = F_B [1 - m_d(d) - m_f(f)] = F_B m(d, f)$$

onde

F_B é o limite de força básica;

m_d é o multiplicador da distância (consultar Tabela B.11 ou Tabela B.12);

d é a distância de percurso (m) da tarefa de empurrar/puxar;

m_f é o multiplicador de frequência da tarefa (ver Tabela B.11 ou Tabela B.12);

f é a frequência (vezes/min.) com a qual a tarefa é repetida durante um dia de trabalho.

Os limites de capacidade resultantes, F_{Br} ,

- refletem as características demográficas e antropométricas da população usuária alvo (ver B.1.1 ou B.1.2),
- são adaptados às exigências do local de trabalho real.

B.1.3.2 Multiplicador, \bar{m} , para populações mistas

Se a população-alvo incluir uma combinação de homens e mulheres, um multiplicador médio, \bar{m} , se aplica:

$$\bar{m} = \frac{1}{100} (p_m \cdot m_m + p_f \cdot m_f)$$

onde

p_m é a porcentagem de homens;

m_m é o multiplicador de homens;

p_f é a porcentagem de mulheres;

m_f é o multiplicador de mulheres.

**Tabela B.11 – Multiplicadores para distância do caminho de percurso < 5m
(uso para avaliação de forças iniciais)**

(adaptado da Referência [9])

Distância m	m_d	
	Homens	Mulheres
< 5	0,3	0,23

Frequência vezes/min (Hz)	m_f
0,2 (0,003 3)	0,15
0,5 (0,008 3)	0,20
1 (0,0166 7)	0,25
2,5 (0,042)	0,30
4 (0,066 7)	0,33

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

Tabela B.12 – Multiplicadores para distância de percurso ≥ 5 m
(use para avaliação de forças sustentadas)
 (adaptado da Referência [9])

Distância m	m_d		Frequência	m_f
	Homens	Mulheres		
5	0,18	0,27	10/min (0,1666 7 Hz)	0,49
10	0,26	0,39	5/min (0,083 3 Hz)	0,48
15	0,31	0,46	4/min (0,066 7 Hz)	0,47
20	0,34	0,51	2,4/min (0,04 Hz)	0,43
25	0,36	0,55	1/min (0,0166 7 Hz)	0,36
30	0,38	0,58	1/2 min (0,008 3 Hz)	0,30
35	0,40	0,61	1/5 min (0,003 3 Hz)	0,22
40	0,42	0,63	1/10 min (0,001 667 Hz)	0,18
45	0,43	0,65	1/20 min (0,000 833 Hz)	0,14
50	0,44	0,67	1/40 min (0,000 417 Hz)	0,11
55	0,45	0,68	1/60 min (0,000 278 Hz)	0,09
60	0,46	0,70	1/120 min (0,000 139 Hz)	0,07
65	0,47	0,71	1/240 min (0,000 069 Hz)	0,05
			1/360 min (0,000 035 Hz)	0,04

B.2 Parte B – Forças limites baseado na força esquelética

B.2.1 Geral

Além dos limites de força muscular, F_B e F_{Br} , a abordagem desta Parte da ABNT NBR ISO 11228 considera os limites de força compressora espinal. Essa abordagem envolve dois passos:

- estimar os limites de força compressora da coluna lombar;
- encontrar limites de força de ação.

B.2.2 Passo 1 – Estimar limites de força baseados em força compressora

A força espinal humana depende de idade e gênero (ver Figura B.3). Portanto, convém que os limites espinais dependam dos perfis demográficos. Para este fim, a abordagem demográfica é comparável à de limites de força muscular (ver Seção B.1).

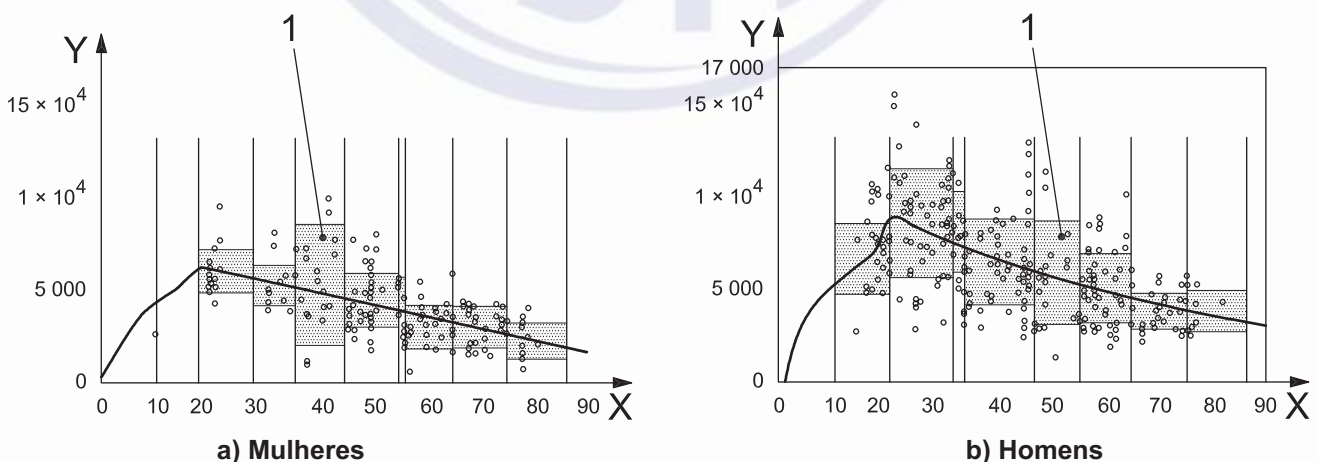
Os limites da coluna lombar mudam com populações diferentes de usuários. A Tabela B.13 fornece uma variedade de limites pré-calculados da coluna lombar gerados para um conjunto de situações pré-selecionadas, incluindo:

- dois grupos de idades diferentes – população adulta “fisicamente ativa” e população idosa “fisicamente ativa” dos EUA;
- um conjunto de proporções especificadas entre homens e mulheres.

Os limites pré-calculados na Tabela B.13 mudam de maneira “natural” com perfis variados de populações-alvo.

Ver a Tabela B.13 a respeito dos limites pré-calculados da coluna lombar ou usar o seguinte procedimento para calculá-los:

- começar com os dados da força compressora da Figura B.3 ou outros dados validados;
- encontrar as regressões descrevendo efeitos de idade em homens e mulheres;
- introduzir as classes de idade;
- calcular os parâmetros de distribuição (percentuais de desvio médio e padrão) da força compressora em cada classe de idade;
- gerar distribuições de registro da força compressora em todas as classes de idade;
- obter um perfil demográfico de população-alvo usando intervalos de idade acima;
- encontrar os multiplicadores ponderados responsáveis pelo peso demográfico de cada classe de idade;
- multiplicar cada distribuição de classe de idade por seu “próprio” multiplicador ponderado;
- Fazer a soma de todas as distribuições ponderadas de classe de idade para obter as distribuições de força espinal para homens e mulheres;
- Integrar as distribuições de força total com força crescente para encontrar as funções de distribuição da força total de homens e mulheres;
- Determinar o 15º percentil para encontrar os limites de força compressora da coluna lombar.



Legenda

X idade, expressa em anos

Y força compressora, expressa em Newtons (N)

1 intervalos de percentil: do 15º ao 85º

Figura B.3 – Força compressora da coluna lombar
(incluindo regressões e parâmetros de distribuição de classes de idades)^{[1], [6]}

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

Tabela B.13 – Limites de força compressora pré-calculados variando com populações de usuários selecionados

Proporção homens:mulheres %	Limites de força compressora da coluna lombar ^a	
	Adultos ativos homens: 20-64 anos mulheres: 18-64 anos	Idosos ativos homens e mulheres: 56-64 anos
0:100	2,8	2,0
25:75	3,0	2,1
Natural	3,3	2,3
75:25	3,6	2,6
100:0	3,9	3,1
^a População-alvo: USA, 2 000.		

B.2.3 Passo 2 – Determinação limites de força de ação

Um segundo passo determina as limitações das forças aplicadas externamente de tal maneira que os limites de força compressora da coluna lombar não sejam excedidos.

No momento da publicação desta Parte da ABNT NBR ISO 11228, o procedimento na Tabela B.14 é válido.

Tabela B.14 – Procedimento para determinar os limites de força de ação

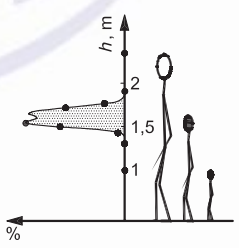
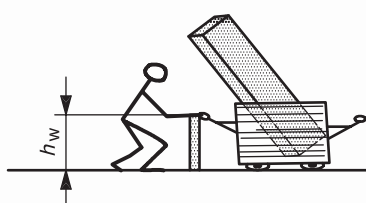

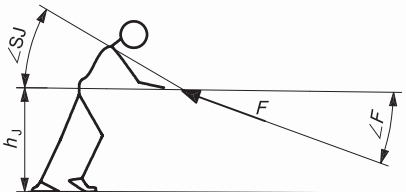
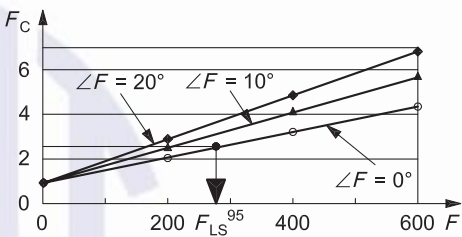
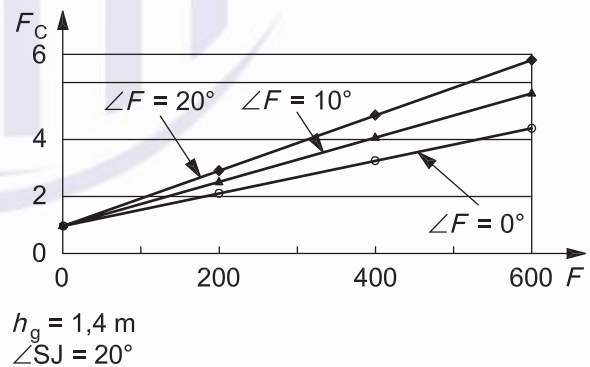
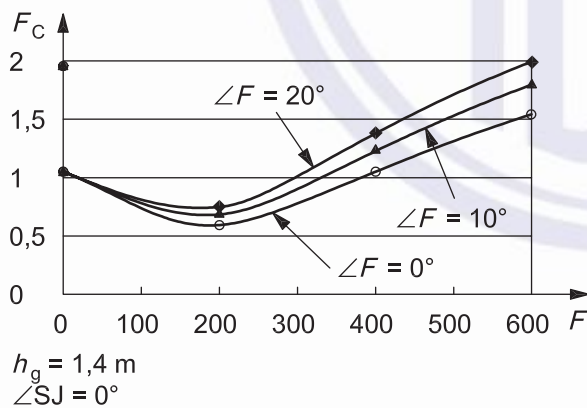
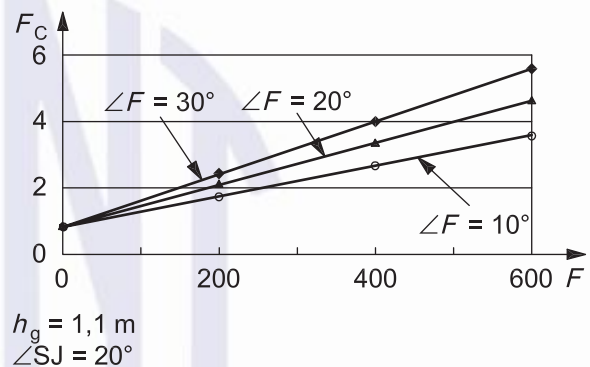
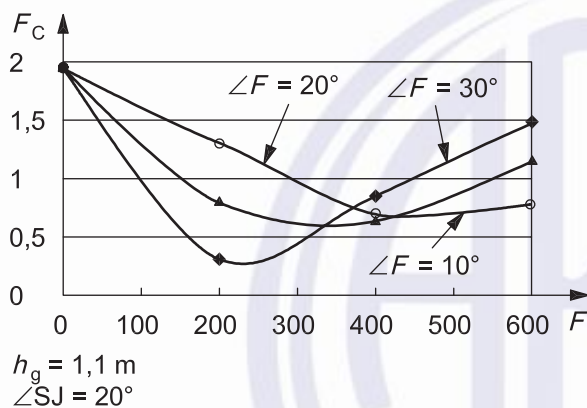
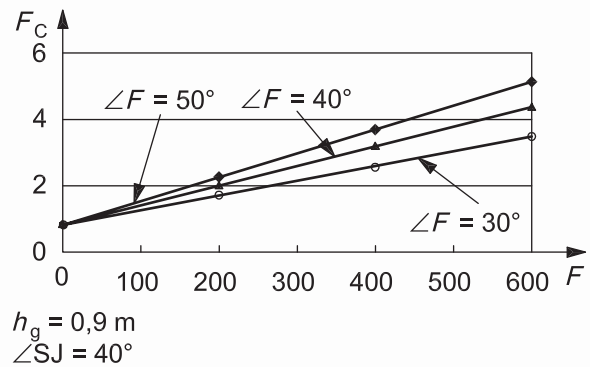
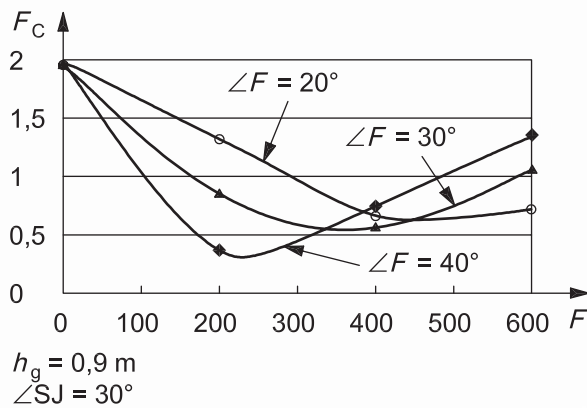
Determinar a estatura do 5º, 50º e 95º percentis da população usuária-alvo.	EXEMPLO 
Selecionar ou medir a altura absoluta de trabalho, h_w .	EXEMPLO 
Pressupor ou observar a postura laboral mais comum para os três percentis selecionados	EXEMPLO 

Tabela B.14 (continuação)

<p>Derivar o ângulo da articulação do ombro, $\angle SJ$, para os três percentuais selecionados.</p> <p>Encontrar o ângulo da força, $\angle F$, para os três percentuais selecionados.</p>	<p>EXEMPLO</p> 
<p>Selecionar as tabelas apropriadas para os três percentuais selecionados relacionando as cargas compressoras da coluna lombar às atividades reais do local de trabalho</p>	<p>Ver Figura B.4</p>
<p>Determinar os limites de força de ação, F_{LS}, usando a tabela selecionada para os três percentuais selecionados.</p> <p>Encontrar o valor mínimo de F_{LS}:</p> $F_{LS} = \min.(F_{LS}^{15}, \bar{F}_{LS}, F_{LS}^{95})$	<p>EXEMPLO</p>  <p>$h_g = 1,4 \text{ m}$ $\angle SJ = 20^\circ$</p>
<p>Y estatura, m</p> <p>h_g altura do suporte para mãos, m</p> <p>h_w altura absoluta do trabalho, m</p> <p>F força da ação, N</p> <p>$\angle F$ ângulo da força, graus</p> <p>F_C carga compressora, kN</p> <p>F_{LS} Limites da força da ação, N</p> <p>$\angle SJ$ Ângulo da junta do ombro</p>	

ABNT NBR ISO 11228-2:2017



a) Empurrar

b) Puxar

Legenda

 F Força de ação, N F_C Carga compressora em L5/S1, kN

Figura B.4 – Forças compressoras da coluna lombar dependendo das forças da ação em atividades seleccionadas de empurrar e puxar^[2]

Anexo C (informativo)

Métodos de redução de risco

C.1 Introdução

O conhecimento científico enfatiza a importância de uma abordagem ergonômica para remover ou reduzir os riscos associados com as tarefas de empurrar ou puxar. A ergonomia se concentra no projeto do trabalho e sua adaptação às capacidades humanas físicas e mentais (ver ISO 6385 [21]). Uma abordagem ergonômica considera as tarefas na sua totalidade, considerando a extensão dos fatores relevantes, incluindo a natureza da tarefa, as características do objeto manuseado, o ambiente de trabalho e as limitações e capacidades individuais.

C.2 Movimentação repetitiva

Para evitar lesões causadas pelas tarefas de empurrar ou puxar, é importante perguntar se essas tarefas podem ser completamente eliminadas. Convém que um sistema de movimentação mecânico seja considerado quando tarefas de empurrar/puxar forem perigosas e as melhorias de engenharia ao sistema manual forem limitadas.

No entanto, a introdução de automação ou mecanização pode criar novos riscos. Convém que todos os equipamentos sejam bem conservados, compatíveis com o resto do sistema de trabalho, eficazes, apropriadamente projetados e facilmente operados. Convém que os trabalhadores sejam apropriadamente treinados para usar os equipamentos com segurança e eficiência. Convém que as instruções de operação e questões de segurança estejam indicadas no equipamento.

C.3 Projeto do trabalho – Tarefa, local e organização do trabalho

C.3.1 Tarefa

C.3.1.1 Geral

A carga física nas costas e ombros ao empurrar e puxar pode aumentar devido a um ou mais dos seguintes fatores:

- forças aumentadas;
- uso de posturas inadequadas (posturas torcidas, inclinação lateral ou flexionadas);
- distâncias longas de movimentos;
- longas durações de trabalho;
- altas frequências dos movimentos.

Convém que a tarefa, portanto, seja projetada de forma a evitar esses fatores de risco. Convém que as atividades para tarefas de empurrar/puxar também sejam variadas para permitir um tempo adequado de recuperação.

ABNT NBR ISO 11228-2:2017**C.3.1.2 Impacto da postura e direção da força sobre as forças máximas de empurrar e puxar**

Convém que esforços sempre sejam considerados em relação à postura. Posturas inadequadas podem aumentar a força exigida porque aumentam a carga de trabalho postural ou diminuem a estabilidade postural (por exemplo, empurrar um objeto enquanto o tronco está inclinado para frente aumenta a carga compressora na coluna lombar e diminui a estabilidade postural). Alterar a postura para se adaptar à aplicação de força intencionada (por exemplo, usar a posição e distribuição de massa dos segmentos do corpo) pode diminuir a força necessária (por exemplo, posições em pé ao empurrar um objeto podem frequentemente levar a demandas maiores e estabilidade diminuída se comparado com inclinação para frente).

Em condições ideais, convém que a altura do suporte e a configuração do objeto empurrado ou puxado minimizem os componentes de força vertical e proporcionem um esforço quase completamente horizontal. É necessário que existam condições seguras do solo e um bom contato entre o sapato do trabalhador e o solo também para permitir que o trabalhador se adapte e mantenha uma postura eficaz.

Entretanto, forças elevadas ou altura inadequada das pegas resultam no aumento dos componentes de força vertical. Por essa razão, para a aplicação do Método 2, a força inicial e as forças sustentadas são as forças resultantes medidas para empurrar ou puxar o objeto em questão (ver Anexo E).

C.3.2 Local de trabalho

Convém que o local de trabalho seja projetado de tal maneira que não ofereça nenhum risco para as tarefas de empurrar e puxar^[12].

- Convém que as áreas de trabalho sejam grandes o suficiente para permitir um espaço adequado para manobras. Espaço suficiente é um pré-requisito para realizar o trabalho de forma eficiente e com posturas de trabalho apropriadas.
- Convém que superfícies de solo sejam planas, limpas, secas e sem fendas para evitar potencial de acidentes causados por escorregar ou tropeçar.
- Convém que declives ou rampas tenham uma inclinação pequena para evitar acidentes ou grandes forças.
- Convém que as alturas dos empilhamentos sejam restritas para melhorar a visibilidade.
- Convém que as portas sejam abertas automaticamente, em vez de manualmente, para reduzir a frequência das tarefas iniciais de empurrar e puxar.

C.3.3 Organização do trabalho

Convém que o trabalho seja organizado de forma que

- a composição, frequência e duração da tarefa permitam um tempo de recuperação fisiológica adequado para o trabalhador, e
- o trabalhador tenha algum grau de autonomia sobre como pode organizar a tarefa.

As questões anteriores sobre tarefas de empurrar/puxar estão incluídas nos limites psicofísicos de força apresentados no Anexo A. Tarefas adicionais desempenhadas pelo trabalhador também podem precisar ser avaliadas e as demandas metabólicas e exigências de recuperação, se necessário, avaliadas em geral para todas as tarefas. Melhoria do trabalho, aumento do trabalho e rotação do trabalho podem ter um papel importante na recuperação, variedade e manutenção dos níveis de rendimento da produção. Convém que essas tarefas envolvam o uso de grupos de músculos diferentes.

Convém que o trabalhador deve possa ajustar o nível e o ritmo de seu trabalho a suas próprias capacidades. Trabalhar em um ritmo ou frequência fixa não é recomendado. Para reduzir a distância pela qual as cargas serão puxadas ou empurradas, recomenda-se que áreas de armazenagem sejam posicionadas perto das áreas de produção. A quantidade do trabalho realizado em posturas fixas também é uma consideração importante. As recomendações em relação a posturas laborais são feitas na ISO 11226 [23].

C.4 Projeto do objeto, ferramenta ou material manuseado

O objeto a ser manuseado pode constituir um perigo devido a seu tamanho ou formato. Para determinar se um objeto representa um risco, deve-se também considerar o modo e circunstâncias nas quais o objeto é manuseado; por exemplo, convém que recomendações posturais, frequência e duração da movimentação, projeto do local de trabalho e aspectos da organização do trabalho como esquemas de incentivo e trabalho por empreitada sejam considerados.

Além disso, pode haver perigos físicos ou químicos que também sejam indicados, por exemplo, o objeto pode ter arestas afiadas, ser muito quente ou muito frio ao toque ou estar contaminado, ou pode conter materiais ou substâncias que sejam perigosas se derramadas.

C.4.1 Acoplamento e suportes para as mãos

Uma bom local de pega para as mãos ou acoplamento com o objeto a ser empurrado ou puxado são essenciais se quiser evitar acidentes em relação à movimentação e isto é frequentemente determinado pelas características do objeto. Convém que os suportes para as mãos sejam posicionados em uma altura e distância adequadas. Por exemplo, convém que os apoios para mãos dos carrinhos sejam posicionados entre a altura do quadril e do cotovelo (entre 90 cm e 115 cm), consultar a Referência [12]. Convém que o tamanho dos suportes para as mãos sejam adequados às mãos de homens e mulheres – de preferência entre 3,0 cm e 4,5 cm em diâmetro. Convém que o apoio ou suporte para as mãos seja de comprimento adequado para permitir a variação no aperto para manobrar e manipular a carga. Convém que pelo menos 6 cm de espaço livre em torno do suporte para as mãos sejam fornecidos para permitir um espaço adequado para uma mão com luvas. Convém que o projeto permita uma variação segura de postura ou ângulos das articulações.

Convém que o mecanismo de operação minimize a carga estática (duração de uma postura por um período prolongado de tempo), aprimore a quantidade de força necessária e permita ao trabalhador períodos suficientes de recuperação. Portanto, convém que a necessidade de pressionar ou segurar controles por um período prolongado de tempo seja evitada.

Na maioria dos casos, os riscos de saúde relacionados a empurrar um objeto são menores que os riscos de puxar um objeto. Convém que o operador use sapatos apropriados para proteger o pé e permitir um acoplamento adequado com a superfície do solo. Convém que sapatos e manutenção adequados, bem como a limpeza da superfície do piso reduzam riscos de escorregar.

C.4.2 Rodas e rodízios

Convém que sejam fornecidos carrinhos e outros equipamentos com rodas ou rodízios adequados (de tamanho e composição apropriados). A seleção de rodízios para equipamentos com rodas como carrinhos e carretas é um dos fatores mais críticos para assegurar forças aceitáveis e condições de movimentação seguras. Convém que os rodízios/rodas sejam classificados para a carga. Convém que rodízios/rodas estejam localizados na extremidade a ser empurrada para permitir melhores manobras. Convém que o equipamento seja lubrificado regularmente e conservado adequadamente de acordo com as especificações do fabricante. Bons rolamentos, maiores que o diâmetro da roda, material da roda, largura e perfil adequados para a superfície sobre a qual ele irá passar, podem ajudar a reduzir forças de empurrar/puxar.

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

C.4.3 Movimentação por duas ou mais pessoas

A movimentação por duas ou mais pessoas pode tornar possível uma operação que esteja além da capacidade de uma pessoa, ou reduzir o risco da operação para aquela pessoa. A carga que uma equipe pode manipular com segurança é menor que a soma das cargas com as quais os membros da equipe podem trabalhar individualmente. A movimentação por dois ou mais trabalhadores requer que cada pessoa tenha um acoplamento, visão, espaço físico adequados para seus pés e corpo em torno do objeto e em todo o caminho. Convém que o movimento mecanizado seja considerado para situações de movimentação por várias pessoas que estejam lidando com situações que não atendam às condições anteriores.

C.5 Projeto do ambiente de trabalho

Convém que as condições ambientais gerais, incluindo iluminação, ruído e clima, estejam dentro dos níveis toleráveis. É recomendado que a ISO 7730^[3] seja aplicada para exigências de conforto térmico. Convém que o cuidado especial seja aplicado se o trabalho tiver que ser feito em temperaturas extremas. Por exemplo, altas temperaturas ou umidade podem causar fadiga; trabalho em temperaturas baixas pode exigir luvas para prevenir amortecimento das mãos, mas também pode causar perda da destreza manual. A circulação de ar (interna e externa) também é um fator que influencia a temperatura corporal. A circulação rápida esfria o corpo e convém que seja evitada sempre que possível; no entanto, em climas ou condições de trabalho muito quentes, esta pode ser desejável.

É recomendado que haja iluminação o suficiente para permitir que o trabalhador veja claramente o que está fazendo e também para prevenir más posturas laborais. Altos níveis de ruído podem levar à incapacidade de escutar avisos e aumentar o estresse no trabalho.

Para trabalhos externos, deve-se cuidar dos efeitos de mudança climática. Umidade, gelo ou condições escorregadias podem apresentar perigos específicos para tarefas de empurrar/puxar.

C.6 Capacidades do trabalhador

Convém que o trabalho seja adaptado às capacidades físicas e mentais do trabalhador. Convém que o trabalhador esteja consciente dos possíveis riscos que estejam envolvidos no trabalho e de suas próprias possibilidades e responsabilidades para reduzir esses riscos. Para tarefas mais exigentes, convém que o trabalhador tenha o auxílio de ensino e treinamento apropriados e, se necessário, monitoramento médico e dispositivos técnicos.

Anexo D (informativo)

Abordagem sugerida para medir forças de empurrar/puxar

Essa abordagem se aplica somente a carrinhos, troles ou carrinhos de mão que sejam puxados ou empurrados por trabalhadores em situações industriais. O procedimento descrito fornece os passos para calcular as medidas de força corretas. As forças de puxar geralmente serão as mesmas que as forças de empurrar. Meça as forças de puxar se carrinhos, troles ou carrinhos de mão forem projetados para serem puxados.

- a) Usar um medidor de força mecânico ou eletrônico para obter as medidas. Seguir as instruções do fabricante para usar o medidor. Certificar-se de que as forças medidas não excederão a capacidade do medidor. De preferência, convém que as forças sejam medidas nas três direções simultaneamente. Quando as forças forem medidas em uma só direção, convém que o ângulo da aplicação da força também seja registrado.
- b) Carregar carrinho, trole ou carrinho de mão com o peso máximo que ele pode carregar dentro de condições normais. Certificar-se de que a condição da carga é segura. A carga não pode balançar ou cair quando o carrinho ou carrinho de mão for movido.
- c) Tomar as medidas certas no apoio de mãos do carrinho ou carrinho de mão para empurrar ou puxar. Selecionar um ponto de medição no apoio de mãos. Determinar se uma medida de empurrar ou puxar será mais fácil e mais exata. Isso dependerá da natureza do apoio das mãos e das superfícies contra as quais o medidor irá reagir. Convém que as forças de empurrar ou puxar sejam as mesmas. Se o apoio de mãos estiver na horizontal, localizar o ponto de medição no meio dele; se estiver na vertical, localizar o ponto de medição no chassi entre os apoios de mãos. Selecionar um acessório de medição que dará um ponto estável de empurrar no apoio de mãos. Se a superfície em que empurrar o objeto não for estável, afixar uma placa no apoio de mãos ou no chassi. Essa superfície não pode deformar quando empurrada com o medidor. Usar um acessório para medidas de força de tração.
- d) Fazer as medidas de força de empurrar *inicial* e as medidas de força de empurrar sustentada. A força inicial é a força mínima necessária para colocar o carrinho, trole ou carrinho de mão em movimento. A força sustentada é a força mínima necessária para manter o carrinho, trole ou carrinho de mão.
- e) Tomar duas condições para a *força inicial*. Posicionar os rodízios giratórios em linha com a direção do movimento do carrinho ou carrinho de mão para a primeira condição. Posicionar os rodízios giratórios em ângulos retos à direção do movimento da segunda condição. A força de compressão deve endireitar os rodízios para mover o carrinho ou carrinho de mão. A condição do ângulo direito produzirá forças maiores comparadas com a condição alinhada. Os trabalhadores devem primeiro ajustar os rodízios giratórios empurrando ou puxando rapidamente o carrinho antes de empurrá-lo para seu destino. A força lateral inicial necessária para ajustar os rodízios giratórios pode ser medida em vez da força de compressão reta com os rodízios em ângulos retos.
- f) Segurar o dinamômetro firmemente contra o apoio de mãos ou placa de compressão. Não sacudir o dinamômetro. Puxar ou empurrar o carrinho ou carrinho de mão pelo menos 1 m em 3 s para a medição da força inicial. Essa velocidade se equipara a um passo lento. Levantar 2s ou 3s para alcançar essa velocidade ao medir a força inicial. Ler a força no dinamômetro quando o carrinho,

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

trole ou carrinho de mão começar a se mover. Não empurrar ou puxar mais rápido que 1 m/10 s. Se necessário, marcar uma distância de 1 m ou mais no solo e cronometrar a medição com um cronômetro, para ser exata. Repetir o processo de medição até que você tenha feito pelo menos três medições consistentes – de cinco a sete medições de preferência. Não convém que as medições consistentes diferentes por mais de 15 %; registrá-las. Obter a medida máxima das medidas consistentes iniciais de força.

- g) Posicionar os rodízios giratórios na direção alinhada para medir a *força sustentada*. Colocar o carrinho, trole ou carrinho de mão em movimento e aplicar a força mínima sustentada para mantê-lo em movimento. Repetir o processo de medição até que duas medições consistentes tenham sido feitas. Registrar as medições. Computar uma média das medidas consistentes da força sustentada.



Anexo E (informativo)

Exemplos de aplicação para os métodos 1 e 2

Este Anexo fornece exemplos da aplicação dos dois métodos.

A Figura E.1 ilustra o movimento de empurrar.



Figura E.1 – Movimento de empurrar uma gaiola de quatro rodas acima de 10 m de distância simetricamente com duas mãos

E.1 Exemplo 1

E.1.1 Método 1

E.1.1.1 Dados de entrada

- Força máxima inicial exercida medida: 125 N
- Força sustentada média medida: 30 N
- Força máxima de parada medida: – 90 N
- Altura absoluta do apoio de mãos: 1,45 m

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

- Distribuição por gêneros: 25 % homens, 75 % mulheres
- Distância de trajeto: 10 m
- Frequência do trabalho: 1/min (e tempo de ação > 3s)

E.1.1.2 Aplicação

a) Encontrar as tabelas apropriadas no Anexo A que tenham os dados de entrada declarados anteriormente para a altura do apoio de mãos (1,45 m), distância de movimentação (10 m) e frequência do trabalho (1/min). Usar a população de mulheres como população limitadora.

- Altura do apoio de mãos = 1,45 m: usar 1,44 m altura do apoio de mãos.
- Distância movimentada = 10 m: nas tabelas, observar as distâncias de 8 m e 15 m; interpolar se necessário.
- Frequência do trabalho = 1/min.

b) Consultar a Tabela A.5 para forças iniciais adaptando 90 % da população de mulheres:

- para 8 m de distância da tarefa de empurrar, a força-limite é 160 N;
- para 15 m de distância da tarefa de empurrar, a força-limite é 140 N.

c) Consultar a Tabela A.6 para forças sustentadas adaptando 90 % da população de mulheres:

- para 8 m de distância da tarefa de empurrar, a força-limite é 70 N;
- para 15 m de distância da tarefa de empurrar, a força-limite é 40 N.

Usando a distância mais protetora de 15 m e comparando com as forças medidas de 125 N para a força máxima inicial e 30 N para a força sustentada média, a força inicial real de 125 N é menor do que a capacidade de 90 % das mulheres de produzir uma força inicial de 140 N, e a força sustentada real de 30 N é menor que a capacidade de 90 % das mulheres de produzir uma força sustentada de 40 N. Como consequência, o risco é classificado como VERDE.

E.1.2 Método 2**E.1.2.1 Dados de entrada**

a) **Parte A – Limites de força baseados em força muscular**

1) Passo 1 – limites de força básica, F_B (ver B.1.1)

- Altura absoluta do apoio das mãos: 1,45m
- Idades: todas abaixo de 50
- Distribuição por gênero: 25 % homens, 75 % mulheres

2) Passo 2 – Ajustes de limites de força básica, F_{Br} (ver B.1.3)

- Distância do caminho: 10 m
- Frequência do trabalho: 1/min. (e tempo de ação > 3 s)

b) Parte B – Limites de força baseados na força esquelética**1) Passo 1 – Limites de força baseados em força compressora, F_C (ver B.2.1)**

- Idades (o mesmo que o anterior)
- Distribuição por gêneros (o mesmo que o anterior)

2) Passo 2 – Limites de ação da força, F_{LS} (ver B.2.2)

- Ângulo da articulação articulação do ombro ($\angle SJ$): 0°
- Ângulo da força ($\angle F$): 10°

c) Parte C – Não se aplica**d) Parte D – Limites de segurança (ver 3.2.2.2.4)**

- Força inicial máxima exercida: 125 N
- Força média sustentada medida: 30 N
- Força máxima de parada medida: – 90 N

E.1.2.2 Procedimento**a) Parte A – Limites de força baseados em força muscular****1) Passo 1 – Limites de força básica, F_B**

Os esforços máximos de força estática para empurrar/puxar da população usuária alvo são determinados levando em consideração a idade, o gênero e a estatura (ver B.1.2).

Usando os subgrupos de população nas Tabelas B.5 e B.6, e os limites de força pré-calculados nas Tabelas B.7 a B.10, o limite de força básica, F_B , para a população e altura do apoio das mãos específicos podem ser determinados (da Tabela B.7) como sendo 138 N.

2) Passo 2 – Ajustes aos limites de força básica, F_{Br}

Os limites de força muscular, F_{Br} , são determinados ajustando os limites de força básica, F_B , de acordo com a distância, d , e frequência, f , a tarefa de empurrar/puxar (ver B.1.3).

Com os dados da entrada, pode ser visto na Tabela B.12 (para uma distância de empurrar de mais de 5 m) que

$$m_f \text{ (multiplicador de frequência da tarefa)} = 0,36, \text{ e}$$

$$m_d \text{ (multiplicador de distância de transporte)} = 25 \% \times 0,26 + 75 \% \times 0,39 = 0,36.$$

Usando a fórmula

$$F_{Br} = F_B [1 - m_d(d) - m_f(f)]$$

pode ser calculado que neste exemplo o limite de força ajustada é

$$F_{Br} = 138(1 - 0,36 - 0,36) \approx 39 \text{ N}$$

ABNT NBR ISO 11228-2:2017**b) Parte B – Limites de força baseados na força esquelética****1) Passo 1 – Limites de força baseados em força compressora, F_C**

Determinar os limites de força compressora levando em consideração a idade e o gênero da população usuária alvo. Com os dados de força, pode ser visto na Tabela B.13 que o limite de força compressora, F_C , é 3,0 kN.

2) Passo 2 – Limites de força de ação, F_{LS}

Determinar as forças de ação observadas no local de trabalho. Não convém que F_{LS} exceda F_C da coluna lombar.

Por meio de observações, é notado que $\angle SJ$ serão 0° e $\angle F$ é 10° . Na Figura B.4, é visto que, para empurrar com uma F_C de 3,0 kN, F_{LS} deve ser mais que 600 N.

c) Parte C – Força limitadora

O limite de força muscular ($F_{Br} = 38,6$ N) é menor que o limite de força esquelética ($F_{LS} > 600$ N), então $F_L \approx 39$ N.

d) Parte D – Limite de segurança

Um limite de segurança, F_R , é calculado da força limitadora mínima, F_{min} , e um multiplicador de risco, m_r , de tal maneira que

$$F_R = m_r \times F_{min}$$

onde

$m_r = 0,85$ representa o limite superior da zona “VERDE”;

$m_r = 1,0$ representa o limite superior da zona “amarela”;

$m_r > 1,0$ representa a zona “vermelha”.

Portanto, o limite vermelho/amarelo neste caso é 39 N, e o limite amarelo/verde é 33 N.

Como a distância de empurrar é mais que 5 m, a força real sustentada deve ser usada para a avaliação (e não a força inicial). Nesse caso, a avaliação é VERDE, já que a força sustentada (30 N) é menor que o limite amarelo/verde de 33 N.

E.2 Exemplo 2 – Aplicações padrão e avançada – Método 2**E.2.1 Geral**

Em empresas de aviação, carrinhos são empurrados e puxados nos corredores de um avião durante as refeições. Em voos de curta distância, o serviço pode ocorrer enquanto a aeronave está subindo ou descendo.

Para empurrar um carrinho de 90 kg em uma inclinação de 5° , uma força de ação de 230 N foi medida. Determinar se a força é aceitável para a determinada população atendente da aeronave em uma taxa de 80 empurrões por dia.

E.2.2 Dados de entrada

a) Parte A – Limites de força muscular

- 1) Passo 1 – Limites de força básica, F_B (ver B.1.1)
 - Altura absoluta do apoio das mãos: 1,02 m
 - Idades: todas abaixo de 50
 - Distribuição por gênero: 20 % homens, 80 % mulheres
- 2) Passo 2 – Ajustes de limites de força básica, F_{Br} (ver B.1.2)
 - Distância: < 5 m
 - Frequência do trabalho: 80 empurrões/8 h = 0,17/min

b) Parte B – Limites de força esquelética

- 1) Passo 1 – Limites de força compressora, F_C (ver B.2.1)
 - Idades (mesmo que acima)
 - Distribuição de gênero (mesmo que acima)
- 2) Passo 2 – Limites de força de ação, F_{LS} (consultar B.2.2)
 - Ângulo da junta do ombro ($\angle SJ$): 20°
 - Ângulo da força ($\angle F$): $20^\circ - 30^\circ$

c) Parte C – Não aplicável

d) Parte D – Limites de segurança (ver 3.2.2.2.4)

Força máxima exercida medida: 230 N

E.2.3 Aplicação do Método 2 usando a força das tabelas pré-calculadas

Dois exemplos do Método 2 são apresentados. O primeiro utiliza os limites de força pré-calculados das tabelas dadas no Anexo B. O segundo se aplica a procedimentos de cálculo detalhados dados em B.1.1 e B.2. Os limites de força resultantes refletem o perfil demográfico e antropométrico da população-alvo de comissários de bordo.

a) Parte A – Limites de força baseados na força muscular

- 1) Passo 1 – Limites de força básica, F_B

Os esforços máximos de força estática para empurrar/puxar da população usuária alvo são determinados levando em consideração idade, gênero e estatura (ver B.1.1).

Os subgrupos de população na Tabela B.5 para uso profissional torna o subgrupo 2 o mais perto da condição real. Para uma altura de trabalho de 1,0 m (caso mais perto da tarefa real), os limites de força pré-calculados na Tabela B.7 (empurrões, uso profissional) produz uma F_B de 156 N.

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

A aplicação do procedimento de cálculo detalhado dado em B.1 produz F_B de 157 N, que reflete a situação demográfica da real da população.

2) Passo 2 – Ajustes aos limites de força básica, F_{Br}

F_{Br} é determinado ajustando F_B de acordo com a distância (d) e a frequência (f) da tarefa de empurrar/puxar (ver B.1.3).

Com os dados de força, pode ser descoberto pela Tabela B.11 (para uma distância de empurrar de menos de 5 m) que

$$m_f \text{ (multiplicador de frequência da tarefa)} = 0,15$$

$$m_d \text{ (multiplicador de distância de movimentação)} = 20 \% \times 0,3 + 80 \% \times 0,23 = 0,24$$

Usando a fórmula

$$F_{Br} = F_B [1 - m_d(d) - m_f(f)]$$

pode ser calculado que neste exemplo o limite ajustado de força é

$$F_{Br} = 156(1 - 0,24 - 0,15) = 95 \text{ N}$$

b) **Parte B – Limites de força baseados na força esquelética**

1) Passo 1 – Limites de força baseados na força compressora, F_C

Determinar os limites da força compressora levando em consideração a idade e gênero da população usuária alvo. De acordo com os dados de input, Tabela B.13 produz $F_C = 3,0$ kN.

Calculando F_C pelo procedimento detalhado em B.2 produz $F_C = 3,9$ kN. O procedimento de cálculo detalhado aqui reflete melhor a demografia de comissários de bordo em torno de 25 anos de idade.

2) Passo 2 – Limites de força da ação, F_{LS}

Determine as forças da ação observadas no local de trabalho. Não convém que a F_{LS} exceda F_C da coluna lombar.

Por meio de observação da tarefa, determinar $\angle SJ$ como sendo 20° e $\angle F$ como sendo 20° a 30° . Da Figura B.4 nós lemos que, empurrando com uma F_C de 3,0 kN, F_{LS} seria *mais que 600 N*.

c) **Parte C – Força limitadora**

O limite de força baseada na força muscular ($F_{Br} = 95$ N) é menor que o limite da força baseada na resistência esquelética ($F_{LS} > 600$ N), portanto $F_L = 95$ N.

d) **Parte D – Limite de segurança**

O limite de segurança, F_R , é calculado da força limitante mínima, F_{\min} , e um multiplicador de risco, m_r , de tal maneira que:

$$F_R = m_r \times F_{\min}$$

onde,

$m_r = 0,85$ representa o limite superior da zona “verde”;

$m_r = 1,0$ representa o limite máximo da zona “amarela”;

$m_r > 1,0$ representa a zona “vermelha”.

Portanto, o limite vermelho/amarelo neste caso é 95 N, e o limite amarelo/verde é 80 N.

Neste caso, a avaliação é VERMELHO, já que a força real (230 N) excede o limite vermelho/amarelo de 95 N.

E.2.4 Aplicação do Método 2 usando a força das medidas específicas de força

a) Parte A – Limites de força baseados na força muscular

1) Passo 1 – Limites de força básica, F_B

Capacidades de força estática máxima para empurrar carrinhos (usando um grupo de teste de 440 mulheres e 80 homens) [10].

Como a distribuição de idade e gênero difere entre o grupo de teste e as duas empresas aéreas (vide figura E.2), uma distribuição sintética de força para as duas empresas aéreas foi computada (ver Figura E.3) usando a abordagem dada em EN 1005-3:2002, Anexo B [11].

A distribuição sintética mostra uma força compressora máxima de 215 N para o 150 percentil das empresas aéreas 1 e 2.

2) Passo 2 – Ajustes dos limites de força básica, F_{Br}

F_{Br} é determinado ajustando F_B de acordo com a distância (d) e frequência (f) da tarefa de empurrar/puxar (ver B.1.3).

Com os dados de força, pode ser visto da Tabela B.11 (para uma distância de empurrar de menos de 5m) que

$$m_f \text{ (multiplicador de frequência de tarefa)} = 0,15$$

$$m_d \text{ (multiplicador de distância de movimentação)} = 20 \% \times 0,3 + 80 \% \times 0,23 = 0,24$$

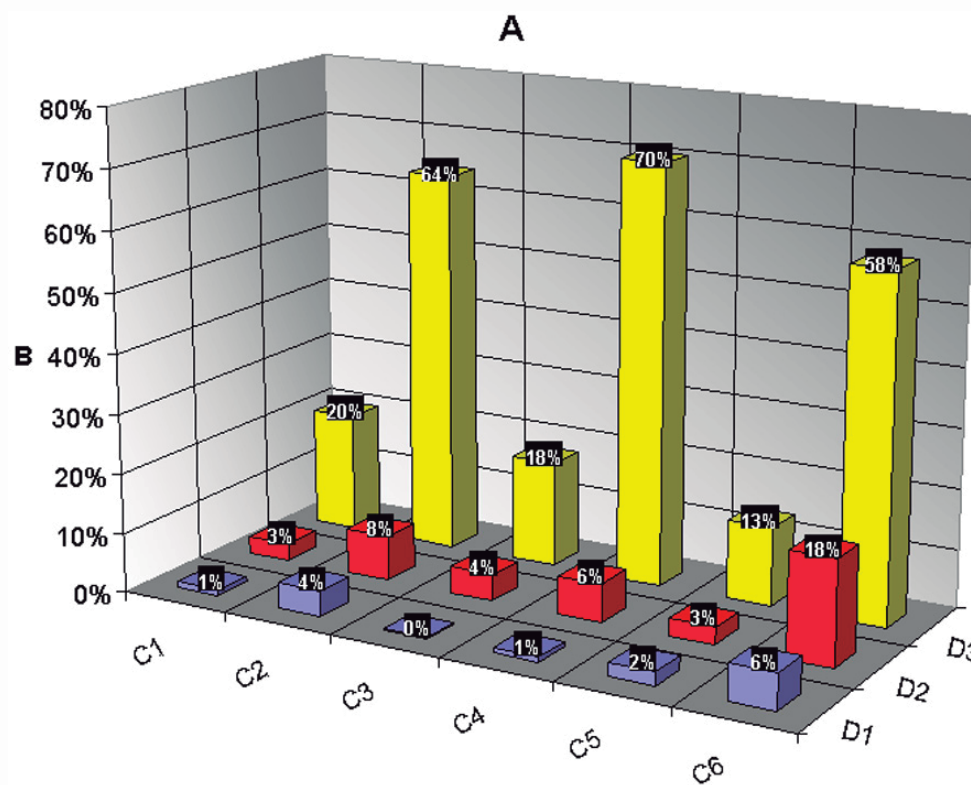
Usando a fórmula

$$F_{Br} = F_B [1 - m_d(d) - m_f(f)]$$

pode ser calculado que, neste exemplo, o limite de força ajustada é

$$F_{Br} = 215(1 - 0,23 - 0,15) = 131 \text{ N}$$

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

**Legenda**

A Distribuição de idade e gênero

B frequência, %

C1 homem 5 × 4 linha aérea 1

C2 mulher 5 × 4 linha aérea

C3 homem 5 × 4 linha aérea 2

C4 mulher 5 × 4 linha aérea 2

C5 grupo de teste masculino

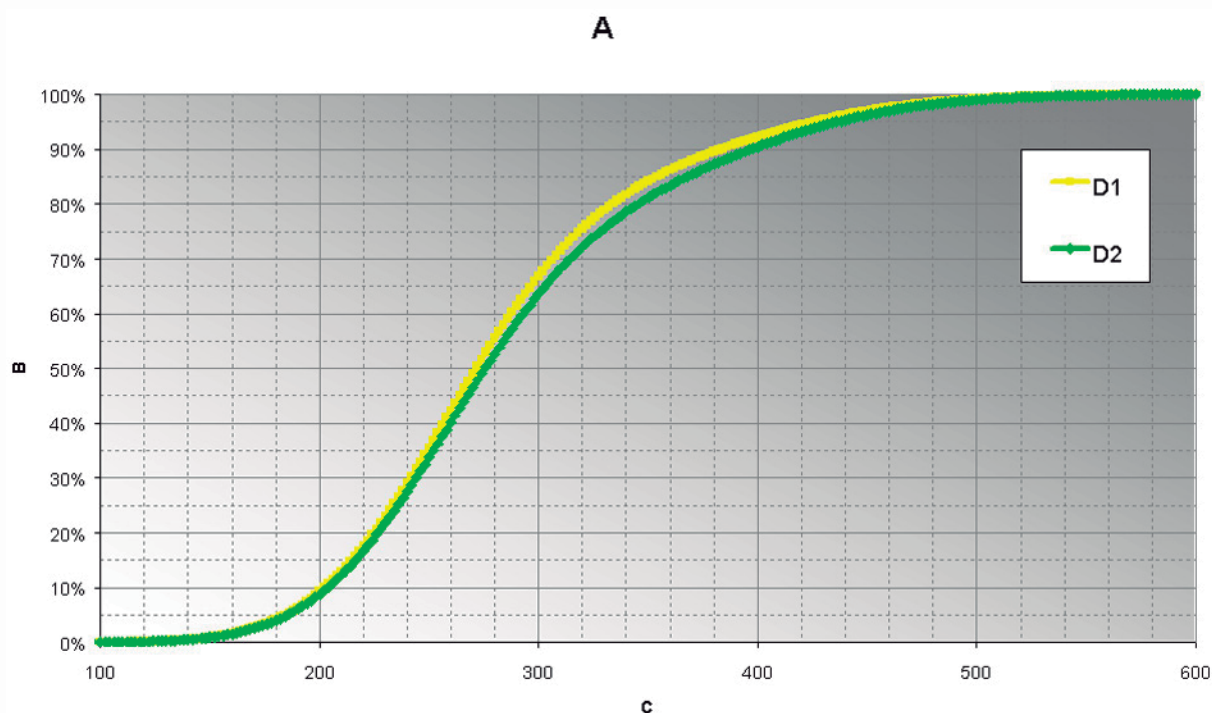
C6 grupo de teste feminino

D1 jovem (< 25 years)

D2 idoso (> 40 years)

D3 médio (25–40 anos)

Figura E.2 – Distribuição de idade e gênero dentro de duas empresas de aviação e um grupo de pessoas de teste



Legenda

- A forças de compressão máximas na altura do apoio das mãos do carrinho
- B frequência acumulada, %
- C força, N
- D1 empresa de aviação 1
- D2 empresa de aviação 2

Figura E.3 – Frequência sintética cumulativa de forças de ação máxima de duas empresas de aviação

b) Parte B – Limites de força esquelética

1) Passo 1 – Limites de força compressora, F_C

Determinar os limites de força compressora levando em consideração a idade e o gênero da população usuário alvo. De acordo com os dados de entrada, a Tabela B.13 produz $F_C = 3,0$ kN.

2) Passo 2 – Limites de força de ação, F_{LS}

Determinar as forças de ação no local de trabalho. F_{LS} não convém que exceda F_C da coluna lombar.

Por meio de observações sabemos que $\angle SJ$ é 20° e $\angle F$ serão 20° para 30° . Da Figura B.4 lemos que, para empurrar com uma F_C de 3,0 kN, F_{LS} seria mais que 600 N.

c) Parte C – Força limitadora

O limite de força baseado na força muscular ($F_{Br} = 131$ N) é menor que o limite de força baseado na força esquelética ($F_{LS} > 600$ N), então $F_L = 131$ N.

ABNT NBR ISO 11228-2:2017**d) Parte D – Limite de segurança**

O limite de segurança, F_R , é calculado da força limitadora mínima, F_{\min} , e um multiplicador de risco, m_r , de tal maneira que

$$F_R = m_r \times F_{\min}.$$

onde

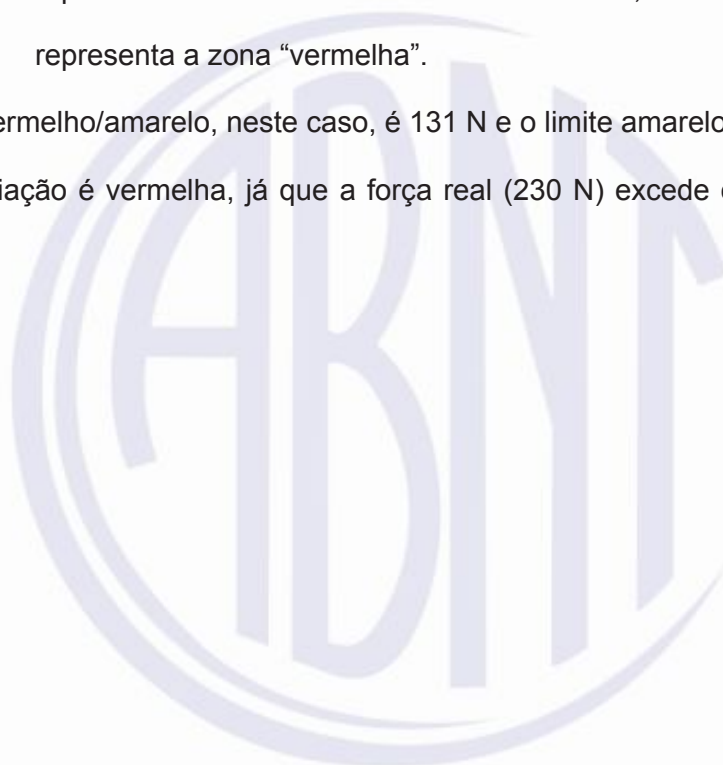
$m_r = 0,85$ representa o limite máximo da zona “verde”;

$m_r = 1,0$ representa o limite máximo da zona “amarela”;

$m_r > 1,0$ representa a zona “vermelha”.

Portanto, o limite vermelho/amarelo, neste caso, é 131 N e o limite amarelo/verde é 111 N.

Neste caso, a avaliação é vermelha, já que a força real (230 N) excede o limite vermelho/amarelo de 131 N.



Anexo F

(informativo)

Método para determinar a distribuição de força combinada para um determinado grupo de referência

O Método 2, como descrito em 3.2.2.2 e B.1.1.3 adota um, procedimento especial para sintetizar distribuições de força de qualquer população opcional de usuário usando as distribuições de força de referência de jovens mulheres. Esse procedimento modifica particularmente o conjunto completo de distribuições de força de referência fornecidas em todas as alturas relativas de trabalho. Um exemplo é fornecido aqui, demonstrando essas modificações para uma distribuição de referência selecionada. Esse procedimento segue de perto o “método sintético de distribuição” de acordo com EN 1005-3 [11]. Seu esquema de cálculo inclui dois passos principais que são descritos em detalhe.

F.1 Parâmetros de entrada

F.1.1 Força

O procedimento exige os primeiros parâmetros de distribuição de forças isométricas máximas como observado num determinado grupo de referência (ver Figura F.1).

a) Grupo de referência:

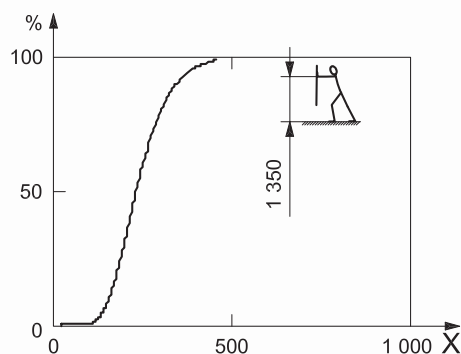
- mulheres;
- 20 anos \leq idade \leq 30 anos.

b) Parâmetros de distribuição:

- média de força, \bar{F} ;
- desvio padrão do grupo de referência grupo, σ .

Geralmente, convém que cada grupo de referência seja parte da mesma população-alvo para a qual limites são calculados – por exemplo, Europeus, estadunidenses, mundo ou algum grupo combinado. Forças de referência podem ser medidas diretamente, ou podem ser encontradas na literatura ou na Tabela F.1.

ABNT NBR ISO 11228-2:2017




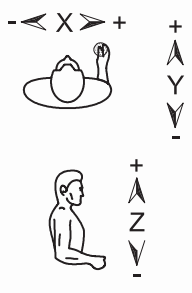

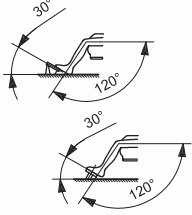
Legenda

X força, N

Empurrar: $\bar{F} = 228,0 \text{ N}$; $\sigma = 84,8 \text{ N}$

Figura F.1 – Exemplo de parâmetros de distribuição

Tabela F.1 – Parâmetros de distribuição de força máxima para mulheres jovens (alemãs) entre 20-30 anos

Atividade	\bar{F} N	σ N
 OW = 10 %	Trabalho manual – correia sincronizadora de uma mão	270,0 54,1
	Trabalho do braço – sentado, um braço: para cima (+z) para baixo (-z) para fora (+x) para dentro (-x) empurrar (+y) com suporte para as costas sem suporte para as costas puxar (-y) com suporte para as costas sem suporte para as costas	56,0 18,4 86,0 33,2 63,5 26,2 83,4 24,6 303,0 81,0 75,5 42,7 242,0 44,9 65,7 33,5
	trabalho com todo o corpo – de pé: empurrar puxar	228,0 84, 161,0 45,7
	Trabalho com pedal – sentado, com apoio para as costas: ação do tornozelo ação da perna	282,0 96,5 528,5 157,6
Aproximação: Se nenhum dado do grupo de referência estiver disponível, parâmetros de distribuição para a população adulta de mulheres podem ser usados como uma alternativa.		

F.1.2 Demografia dos usuários

Além disso, convém que a população usuária alvo seja analisada. Essa análise se concentra em subgrupos como especificado por idade e gênero de acordo com as seguintes categorias.

a) mulheres

n_{f1} : idade < 20 anos

n_{f2} : $20 \leq \text{idade} \leq 50$ anos

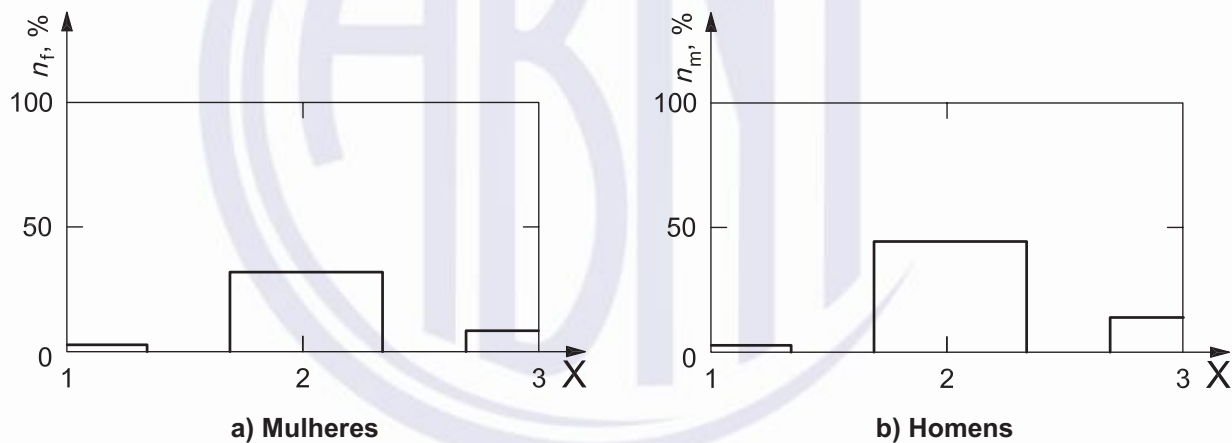
n_{f3} : idade > 50 anos

b) homens

n_{m1} : idade < 20 anos

n_{m2} : $20 \leq \text{idade} \leq 50$ anos

n_{m3} : idade > 50 anos



Legenda

X grupo de idade

n_{fi} , n_{mi} representações de subgrupos que refletem o perfil demográfico da população usuária alvo

$n_{f1} = 1,6 \%$; $n_{f2} = 31,6 \%$; $n_{f3} = 7,6 \%$

$n_{m1} = 2,0 \%$; $n_{m2} = 43,8 \%$; $n_{m3} = 13,4 \%$

Verificar se todas as n_{fi} e n_{mi} somam 100 %.

NOTA População: EC (12 países membros).

Figura F.2 – Exemplo de análise da população usuária alvo

F.2 Procedimento

Em um segundo passo, um procedimento especial calcula limites de força em particular ajustados às populações usuárias especificadas em F.1. O procedimento é dado em F.2.1 a F.2.4.

ABNT NBR ISO 11228-2:2017**F.2.1 Parâmetros de distribuição sintética de subgrupos**

Forças médias e desvios-padrão de todos os outros subgrupos, i , são definidas pelos parâmetros de referência (\bar{F} , σ) introduzido na F.1 e alguns multiplicadores apropriados (α_{xx} , s_{xx}) expressando relações entre idade e Gênero (ver tabela F.2 para um exemplo e a tabela F.3).

a) Mulheres

— média de força: $\bar{F}_{fi} = \bar{F} \times \alpha_{fi}$

— desvio padrão: $\sigma_{fi} = \sigma \times s_{fi}$

b) Homens

— média de força: $\bar{F}_{mi} = \bar{F} \times \alpha_{mi}$

— desvio-padrão: $\sigma_{mi} = \sigma \times s_{mi}$

onde

$i = 1, 2, 3$ é o grupo de idade;

α_{xx} , s_{xx} são os multiplicadores do subgrupo;

\bar{F} , σ são a média de força e desvio -padrão do grupo de referência, como especificado em F.1.

Tabela F.2 – Exemplo de médias de determinação de médias de força e desvios-padrão

Grupo de Idade	1	2	3
\bar{F}_{fi}	172,8	180,0	167,4
σ_{fi}	61,8	60,0	57,6
\bar{F}_{mi}	351,0	388,8	306,0
σ_{mi}	94,2	99,0	108,0
f mulheres m homens i grupo de idade 1, 2 ou 3 \bar{F} média de força σ desvio-padrão			

Tabela F.3 – Multiplicadores de subgrupo sintetizando distribuições de força de subgrupo

Grupo de idade	Média da força α_{xx}			Grupo de idade	Desvio-padrão s_{xx}		
	1	2	3		1	2	3
Mulheres, α_{fi}	0,96	1,00	0,93	Mulheres, s_{fi}	1,03	1,00	0,96
Homens, α_{mi}	1,95	2,16	1,70	Homens, s_{mi}	1,57	1,65	1,81

F.2.2 Distribuições logarítmicas

Em níveis de força baixos (ex.: $\bar{F} = 63,5$ N, $\sigma = 26,2$ N) qualquer aproximação produz resultados cada vez piores em percentis mais baixos (1 %). Neste caso distribuições de logaritmos são mais realísticas. Uma transformação fácil fornece um novo conjunto de parâmetros de distribuição de logaritmos.

- b) mulheres $\bar{F}_{fi} = \ln(\bar{F}_{fi})$ $\sigma_{fi} = \ln \frac{\bar{F}_{fi} + \sigma_{fi}}{\bar{F}_{fi}}$
- c) homens $\bar{F}_{mi} = \ln(\bar{F}_{mi})$ $\sigma_{mi} = \ln \frac{\bar{F}_{mi} + \sigma_{mi}}{\bar{F}_{mi}}$
- d) força variável $x = e^x$

Os seguintes passos se aplicam aos parâmetros acima da mesma maneira como para distribuições lineares normais.

F.2.3 Geração de novas funções de distribuição de subgrupos de homens e mulheres

- a) Mulheres:

$$DF_{fi}(x) = \frac{1}{\sigma_{fi}\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-0,5z_{fi}^2} dz$$

onde

$$z_{fi} = \frac{x - \bar{F}_{fi}}{\sigma_{fi}}$$

x é a força variável

- b) Homens

$$DF_{mi}(x) = \frac{1}{\sigma_{mi}\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-0,5z_{mi}^2} dz$$

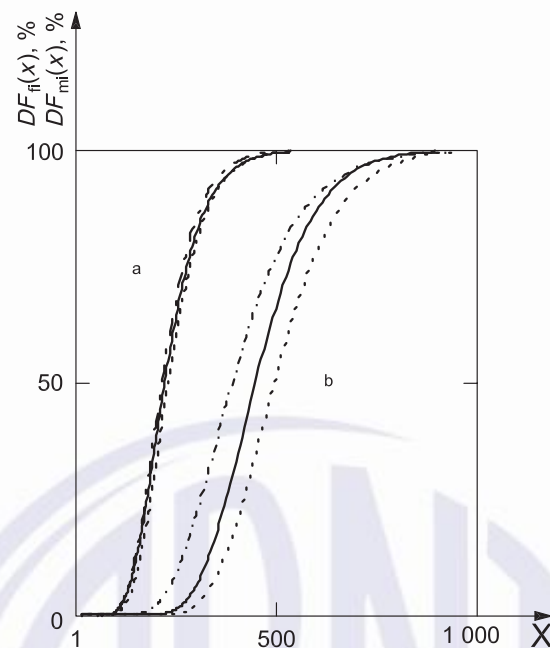
onde

$$z_{mi} = \frac{x - \bar{F}_{mi}}{\sigma_{mi}}$$

x é a força variável

Ver Figura F.3 para um exemplo.

ABNT NBR ISO 11228-2:2017

**Legenda**

- X força, N
a Mulheres.
B Homens.

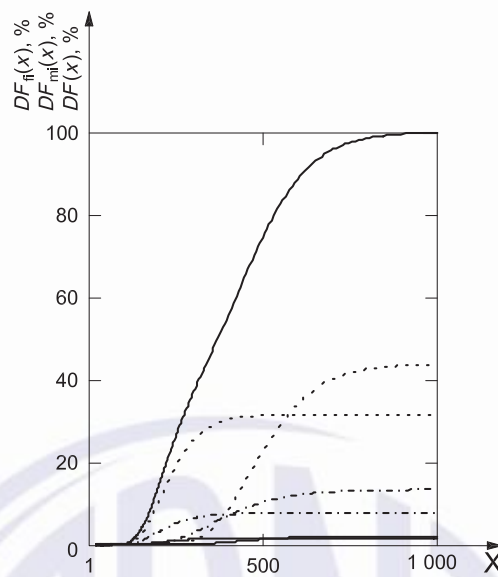
Figura F.3 – Exemplo de geração de novas funções de distribuição**F.2.4 Peso e combinação de todas as distribuições de subgrupo**

Isto é expresso pela equação:

$$DF(x) = \sum_j \frac{n_{fi} DF_{fi}(x) + n_{mi} DF_{mi}(x)}{100}$$

onde a n_{fi} , n_{mi} são as percentagens de todos os subgrupos.

Ver Figura F.4 para um exemplo.



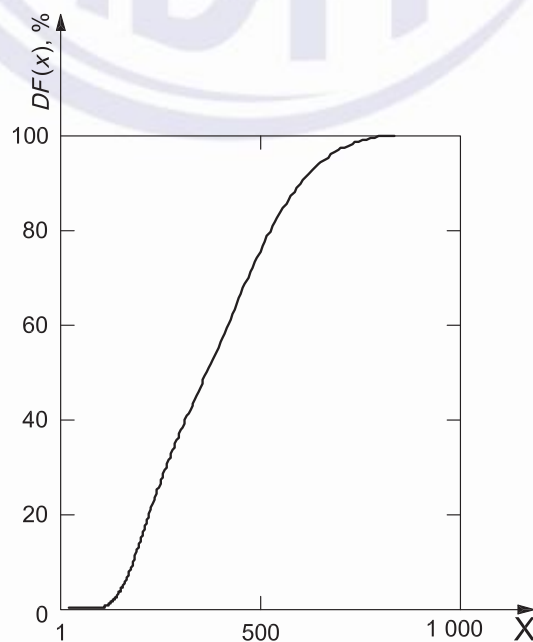
Legenda

X força, N

Figura F.4 – Exemplo de geração de novas funções de distribuição

F.3 Resultados

$DF(x)$ é a função de distribuição de força combinada de todos os subgrupos que dependem da força x . Sua forma reflete claramente o perfil demográfico de qualquer população-alvo em particular. Geralmente essas funções de distribuição sintética substituem as distribuições originais de referência de mulheres em todos os outros passos de cálculo do Método 2.



Legenda

X força, N

Figura F.5 – Exemplo de resultado

Bibliografia

- [1] JÄGER, M. Belastung und Belastbarkeit der Lendenwirbelsäule im Berufsalltag – Ein interdisziplinärer Ansatz für eine ergonomische Arbeitsgestaltung; *Fortschrittberichte VDI*, Reihe 17, Nr. 208, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2001
- [2] JÄGER, M., JORDAN, C., THEILMEIER, A. and LUTTMANN, A. Dortmunder Lumbalbelastungsstudie 2: Ermittlung und Beurteilung vergleichbarer Tätigkeiten hinsichtlich der Körperhaltung und der Wirbelsäulenbelastung bei verschiedenen beruflichen Tätigkeiten; Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, St. Augustin, 2001
- [3] ISO 7730, *Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*
- [4] SNOOK, S.H. and CIRIELLO, V.M. The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces, *Ergonomics* 1991, vol 34, no. 9, 1197-1213
- [5] SCHAEFER, P., BOOCOCK M., KAPITANIAK, B., SCHAUB K.H., MEYER F. Push & Pull by ISO 11228/2 – Force Limits Adjustable to Age, Gender and Stature Distributions, *International Ergonomics Association Conference*, CDROM 00905.pdf, Seoul, 2003
- [6] ROSENBERG, S. *Human Lumbar Spine – Structural Stabilities and Load Limits*, PHD Thesis (under publication), Inst. of Ergonomics, TU München, Boltzmannstr. 15, 85747 Garching, Germany, 2004
- [7] DIN 33411-5, *Physical strength of man – Part 5: Maximale isometric action forces, values*
- [8] JÜRGENS, H.W., AUNE, I.A., PIEPER, U. (1989): Internationaler anthropometrischer Datenatlas. *Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz* Feb. 587. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz
- [9] MITAL, A., NICHOLSON, A.S., AYOUB, M.M. *A Guide to Manual Materials Handling*, 2nd edition, Taylor and Francis London, Washington, DC, 1997
- [10] GLITSCH, U., OTTERSBAACH, H.-J., ELLEGAST, R., HERMANN, I., FELDGES, W., SCHAUB, K.-H., BERG, K., WINTER, G., SAWATZKI, K., VOSS, J., GÖLLNER, R., JÄGER, M., FRANZ, G. *Untersuchung der Belastung von Flugbegleiterinnen und Flugbegleitern beim Schieben und Ziehen von Trolleys in Flugzeugen*, BIA Report, St. Augustin, 2004
- [11] EN 1005-3:2002, *Safety of machinery – Human physical performance – Part 3: Recommended force limits for machinery operation*
- [12] Eastman Kodak Company, *Kodak's Ergonomic Design for People at Work*, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, 2004, pp. 240, 553-557
- [13] International Data on Anthropometry. *Occupational Safety and Health Series # 65*, ILO, Geneva, 1990, 113 pp. ISBN 92-2-106449-2
- [14] JÄGER, M. and LUTTMANN, A. The load on the lumbar spine during asymmetrical bi-manual materials handling. *Ergonomics*, 1992, Vol. 35, 7/8, 783-805

- [15] JÄGER, M., LUTTMANN, A. and LAURIG, W. Lumbar load during one-handed bricklaying. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 8 (1991) 261-277
- [16] For PC-tools for the work with synthetic distributions see the *IAD-Toolbox* körperliche Arbeit (physical workload) German page: http://www.arbeitswissenschaft.de/Institut/info_produkte.htm
- [17] HOOZEMANS M.J.M., KUIJER P.P.F.M., KINGMA I., VAN DIEEN, J.H., DE VRIES, W.H.K., VAN DER WOUDE, L.H.V. et al. Mechanical loading of the low back and shoulders during pushing and pulling activities. *Ergonomics* 2004, 47(1):1-18.)
- [18] EN 614-2:2000, *Safety of machinery – Ergonomic design principles – Part 2: Interactions between the design of machinery and work tasks*
- [19] ISO 14121:1999, *Safety of machinery – Principles of risk assessment*
- [20] ISO/IEC Guide 51: 1999, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*
- [21] ISO 6385, *Ergonomic principles in the design of work systems*
- [22] ISO 7250, *Basic human body measurements for technical design*
- [23] ISO 11226, *Ergonomics – Evaluation of static working postures*