

---

**Sistemas de armazenagem — Estrutura  
de armazenagem estática tipo porta-paletes  
Parte 2: Tolerâncias, deformações e folgas  
para projetos**

*Storage systems — Static pallet storage structure  
Part 2: Clearances and tolerances for projects*

ICS 53.080

ISBN 978-85-07-10050-8



ASSOCIAÇÃO  
BRASILEIRA  
DE NORMAS  
TÉCNICAS

Número de referência  
ABNT NBR 17150-2:2024  
76 páginas



© ABNT 2024

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](mailto:abnt@abnt.org.br)

[www.abnt.org.br](http://www.abnt.org.br)

## Sumário

Página

Prefácio .....	viii
Introdução .....	ix
1 Escopo .....	1
2 Referências normativas .....	1
3 Termos e definições .....	1
4 Classes de porta-paletes .....	7
4.1 Generalidades .....	7
4.2 Classe 100 – Transelevador .....	7
4.3 Classe 200 – Transelevador .....	8
4.4 Classe 300 – Corredor muito estreito .....	8
4.4.1 Generalidades .....	8
4.4.2 Classe 300A – Corredor muito estreito .....	9
4.4.3 Classe 300B – Corredor muito estreito .....	9
4.4.4 Operação .....	9
4.5 Classe 400 – Corredor largo e corredor estreito .....	10
4.5.1 Classe 400 – Corredor largo .....	10
4.5.2 Classe 400 – Corredor estreito .....	10
5 Tolerâncias para porta-paletes classe 400 - Corredor largo e corredor estreito .....	11
5.1 Tolerâncias de piso .....	11
5.1.1 Definição de diferença de nível $E$ .....	11
5.1.2 Valores-limite para $E$ .....	12
5.2 Tolerâncias de montagem .....	13
5.3 Tolerâncias de deformações .....	17
5.3.1 Deformações do piso .....	17
5.3.2 Tolerância de deformação da longarina na direção $Y$ .....	17
5.3.3 Deformações de montantes nas direções $X$ e $Z$ .....	17
5.3.4 Encurtamento vertical .....	17
5.4 Folgas para unidades de carga e equipamentos de manuseio .....	18
5.4.1 Folgas relativas à colocação de unidades de carga .....	18
5.4.2 Folgas horizontais e verticais em um módulo .....	18
5.4.3 Folga horizontal na profundidade .....	21
5.4.4 Dimensões da largura do corredor .....	23
5.4.5 Folgas para corredores principais .....	24
6 Tolerâncias para porta-paletes classe 300 – Corredor muito estreito .....	26
6.1 Tolerâncias de piso .....	26
6.1.2 Definição $dZ$ e $dX$ .....	26
6.1.3 Definição de $d^2Z$ e $d^2X$ .....	27
6.1.4 Valores-limite das propriedades do piso .....	28
6.2 Tolerâncias de montagem .....	29
6.2.1 Geral .....	29
6.2.2 Faixa de tolerância de alinhamento dos montantes na direção $X$ .....	33

6.3	Tolerâncias de deformação .....	33
6.3.1	Deformações do piso.....	33
6.3.2	Tolerância de deformação das longarinas na direção Y .....	33
6.3.3	Deformações do montante .....	34
6.3.4	Deformação do trilho-guia.....	34
6.4	Folgas para unidades de carga e empilhadeiras .....	34
6.4.1	Folgas relativas à colocação da unidade de carga.....	34
6.4.2	Folgas horizontais e verticais no módulo.....	35
6.4.3	Folgas horizontais na profundidade .....	36
6.5	Dimensões de largura do corredor.....	39
6.6	Estação de coleta e depósito (longarinas de espera).....	39
7	Transelevadores classes 100 e 200 .....	39
7.1	Tolerâncias de piso .....	39
7.1.1	Interdependência do porta-paletes e transelevador com a variação de nível do piso do armazém .....	39
7.1.2	Nível de piso para transelevador .....	39
7.2	Tolerâncias de montagem .....	39
7.2.1	Generalidades.....	39
7.2.2	Faixa de tolerância de posição dos montantes na direção X .....	43
7.2.3	Tolerâncias de fabricação e montagem do trilho-guia superior .....	43
7.3	Limites de deformação .....	44
7.3.1	Deformação do piso devido ao assentamento e deflexão do piso .....	44
7.3.2	Limites de deformação da longarina na direção Y .....	45
7.3.3	Deformações do trilho-guia superior .....	46
7.3.4	Deformações do montante nas direções X e Z.....	47
7.3.5	Deformação do montante nas direções X e Z para edifícios auto-portantes de armazenagem .....	48
7.3.6	Encurtamento elástico de colunas .....	49
7.4	Folgas para unidades de carga e transelevador .....	50
7.5	Deformação do limitador de segurança.....	50
7.5.1	Deformação.....	50
7.5.2	Folgas.....	50
8	Tolerâncias e deformações do armazém .....	50
Anexo A	(informativo) Componentes do porta-paletes .....	51
A.1	Generalidades.....	51
A.2	Componentes principais .....	52
A.3	Propriedades .....	52
Anexo B	(informativo) Diretrizes gerais de segurança.....	53
B.1	Generalidades.....	53
B.2	Unidades de carga .....	54
B.3	Largura do corredor operacional para manobra.....	54
B.4	Empilhamento intrusivo .....	55
B.5	Ambientes com risco adicional .....	55

B.6	Requisitos da empilhadeira.....	55
B.7	Tolerâncias e deformações do piso .....	56
B.7.1	Generalidades.....	56
B.7.2	Pisos inclinados .....	57
B.7.3	Empilhadeira para corredor muito estreito.....	57
Anexo C	(informativo) Inspeção de medição de porta-paletes.....	59
C.1	Generalidades.....	59
C.2	Ponto de referência.....	59
C.3	Principais linhas e pontos de referência .....	59
C.4	Relatório da inspeção de medição .....	59
C.4.1	Generalidades.....	59
C.4.2	Condições de medição .....	59
Anexo D	(informativo) Alterações nas folgas devido às deformações de flecha positiva e negativa da longarina .....	60
D.1	Efeitos das deformações de flecha positiva e negativa da longarina nas folgas $X_3$ , $X_4$ e $Y_1$ , $Y_2$ e $Y_3$ para longarinas bi apoiadas.....	60
D.2	Efeitos das deformações de flecha positiva e negativa da longarina em $X_3$ , $X_4$ e $Y_1$ , $Y_2$ e $Y_3$ para longarinas em balanço (estações C&D) .....	64
Anexo E	(informativo) Informações adicionais para determinar dimensões e folgas na direção da profundidade dos porta-paletes (direção Z).....	65
E.1	Tolerâncias de colocação na profundidade do porta-paletes .....	65
E.2	Valores maiores para $Z_{2a}$ e $Z_{2b}$ .....	66
Anexo F	(informativo) Informações adicionais para empilhadeiras de corredor muito estreito operando em sistema de porta-paletes convencional.....	68
F.1	Generalidades.....	68
F.2	Considerações para a direção Z.....	68
F.3	Considerações na direção Y .....	68
F.4	Considerações na direção X .....	69
F.5	Dispositivo de seleção em altura.....	69
F.6	Estações de coleta e depósito (C&D) – Estações de espera .....	69
Anexo G	(informativo) Consideração de tolerâncias e deformações na determinação de folgas ..	70
G.1	Generalidades.....	70
G.2	Sistemas de armazenagem que não sejam porta-paletes de simples profundidade	70
Anexo H	(informativo) Recomendações de tolerância do trilho-guia superior.....	71
Anexo I	(informativo) Sistemas de <i>sprinklers</i> .....	72
Bibliografia	.....	76

## Figuras

Figura 1	– Componentes do porta-paletes.....	2
Figura 2	– Porta-paletes de dupla profundidade .....	3
Figura 3	– Exemplo de estações de coleta e depósito .....	5
Figura 4	– Porta-paletes com transelevador.....	8

Figura 5 – Porta-paletes com corredores muito estreitos.....9

Figura 6 – Porta-paletes de corredor largo para empilhadeira contrabalançada.....10

Figura 7 – Porta-paletes de corredor estreito com empilhadeira retrátil .....11

Figura 8 – Planicidade, nivelamento e diferença de nível .....12

Figura 9 – Tolerâncias horizontais e verticais .....16

Figura 10 – Folgas horizontais e verticais para empilhadeiras .....18

Figura 11 – Folgas para empilhadeiras patoladas.....20

Figura 12 – Folgas horizontais na profundidade.....21

Figura 13 – Folga horizontal na profundidade com limitador de segurança ou elemento  
de obstrução.....22

Figura 14 – Folgas do corredor principal para um sistema unidirecional de empilhadeira sem  
tráfego de pedestres .....24

Figura 15 – Folgas do corredor principal para um sistema bidirecional de empilhadeira sem  
tráfego de pedestres .....25

Figura 16 – Folgas do corredor principal para um sistema bidirecional de empilhadeira com  
tráfego de pedestres .....26

Figura 17 – Determinação de  $dZ$  e  $dX$ .....27

Figura 18 – Determinação de  $d_2Z = dZ_2 - dZ_1$ .....28

Figura 19 – Determinação de  $d^2X = dX_2 - dX_1$ .....28

Figura 20 – Tolerâncias horizontais e verticais .....33

Figura 21 – Folgas horizontais e verticais .....35

Figura 22 – Folgas horizontais na profundidade.....37

Figura 23 – Pontos de referência e tolerâncias dimensionais do porta-paleta .....42

Figura 24 – Tolerâncias para o trilho-guia superior (vista em planta).....44

Figura 25 – Deformações verticais do trilho-guia superior.....46

Figura 26 – Deformação lateral do trilho-guia superior.....47

Figura 27 – Deformação da carga de vento da estrutura do porta-paletes na direção Z .....49

Figura A.1 – Componentes do porta-paletes .....51

Figura B.1 – Risco .....54

Figura B.2 – Dimensão da largura do corredor .....56

Figura B.3 – Relação entre nivelamento e inclinação estática do mastro da empilhadeira  
(mastro assumido como rígido).....58

Figura D.1 – Folgas X e Y entre unidade de carga e porta-paletes .....61

Figura D.2 – Folgas entre o garfo do equipamento de movimentação e a unidade de carga  
sobre as longarinas do porta-paletes .....62

Figura D.3 – Efeitos das deformações da longarina nas folgas .....62

Figura D.4 – Detalhe ampliado dos deslocamentos da unidade de carga.....63

Figura D.5 – Tolerâncias para deflexões de longarinas em balanço.....64

Figura E.1 – Folga em relação à edificação devido a tolerância de colocação (direção Z) .....65

Figura E.2 – Deformação da tábua inferior do paleta devido ao seu posicionamento incorreto....66

Figura H.1 – Um método para garantir as tolerâncias da seção ao instalar o trilho-guia nas  
vigas de suporte superior .....71

Figura I.1 – *Sprinklers* em porta paletes – Dimensões críticas com deflexão da longarina .....73



Figura I.2 – <i>Sprinklers</i> em porta-paletes – Dimensões críticas .....	74
Figura I.3 – <i>Sprinklers</i> de cobertura – Dimensões críticas .....	75

## Tabelas

Tabela 1 – Valores-limite de $E_{SD}$ .....	12
Tabela 2 – Tolerâncias medidas no plano horizontal .....	13
Tabela 3 – Tolerâncias medidas na direção vertical .....	15
Tabela 4 – Folgas horizontais e verticais no plano de carga para empilhadeiras .....	19
Tabela 5 – Classificação e valores-limite de $Z_{Inclinação}$ e $E_{Sd}$ .....	29
Tabela 6 – Valores-limite de $dZ$ , $d^2Z$ , $dX$ e $d^2X$ .....	29
Tabela 7 – Tolerâncias de medidas horizontais .....	30
Tabela 8 – Tolerâncias de medidas verticais .....	31
Tabela 9 – Deformação máxima das longarinas sob carga .....	34
Tabela 10 – Folgas horizontais e verticais .....	36
Tabela 11 – Tolerâncias medidas horizontalmente .....	40
Tabela 12 – Tolerâncias medidas verticalmente .....	41
Tabela 13 – Deformação máxima das longarinas na área das pontas do garfo .....	45
Tabela 14 – Deformações dos montantes com base no estado-limite de manutenção (fator de carga $\gamma = 1,0$ ) .....	47

## Prefácio

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).

Os Documentos Técnicos ABNT, assim como as Normas Internacionais (ISO e IEC), são voluntários e não incluem requisitos contratuais, legais ou estatutários. Os Documentos Técnicos ABNT não substituem Leis, Decretos ou Regulamentos, aos quais os usuários devem atender, tendo precedência sobre qualquer Documento Técnico ABNT.

Ressalta-se que os Documentos Técnicos ABNT podem ser objeto de citação em Regulamentos Técnicos. Nestes casos, os órgãos responsáveis pelos Regulamentos Técnicos podem determinar as datas para exigência dos requisitos de quaisquer Documentos Técnicos ABNT.

A ABNT NBR 17150-2 foi elaborada na Comissão de Estudo Especial de Sistemas de Armazenagem (ABNT/CEE-069). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 12, de 20.12.2023 a 18.01.2024.

O Escopo em inglês da ABNT NBR 17150-2 é o seguinte:

## Scope

*This Standard specifies clearances and tolerances for projects, including production, assembly and plumb of pallet trucks, displacement or deformation of the loaded structure as well as the interaction with floors.*

*This Standard applies to storage structures of the pallet rack type operated with forklifts or stacker cranes.*

*This Standard does not apply to the tolerances and deformations of forklifts and stacker cranes.*

**NOTE** *This Standard provides guidelines to be used in conjunction with information from forklift and stacker cranes suppliers on turning radii, tolerances and deformations of this equipment.*



## Introdução

As tolerâncias, deformações e folgas são importantes em relação aos requisitos funcionais, assegurando a interação adequada dos equipamentos de manuseio utilizados por profissionais habilitados no tipo específico de sistema de armazenagem.

As condições de interação também são importantes para determinar a confiabilidade do sistema de armazenagem, assegurando que, na ocorrência de impactos de baixa intensidade do equipamento de movimentação ou do palete, a avaria da estrutura seja baixa. Diretrizes de segurança do projeto são dadas na ABNT NBR 17150-1.





# Sistemas de armazenagem — Estrutura de armazenagem estática tipo porta-paletes

## Parte 2: Tolerâncias, deformações e folgas para projetos

### 1 Escopo

Esta Norma especifica as folgas e tolerâncias para projetos, incluindo produção, montagem e prumo de porta-paletes, deslocamento ou deformação da estrutura carregada, bem como a interação com pisos.

Esta Norma é aplicável às estruturas de armazenagem do tipo porta-paletes operadas com empilhadeiras ou transelevadores.

Esta Norma não se aplica às tolerâncias e deformações das empilhadeiras e transelevadores.

NOTA Esta Norma fornece orientações a serem usadas em conjunto com as informações dos fornecedores de empilhadeiras e transelevadores sobre raios de giro, tolerâncias e deformações destes equipamentos.

### 2 Referências normativas

Os documentos a seguir são citados no texto de tal forma que seus conteúdos, totais ou parciais, constituem requisitos para este Documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR 17150-1:2024, *Sistemas de armazenagem – Estrutura de armazenagem tipo porta-paleta – Parte 1: Requisitos para projeto estrutural*

EN 15629, *Steel static storage systems – The specification of storage equipment*

### 3 Termos e definições

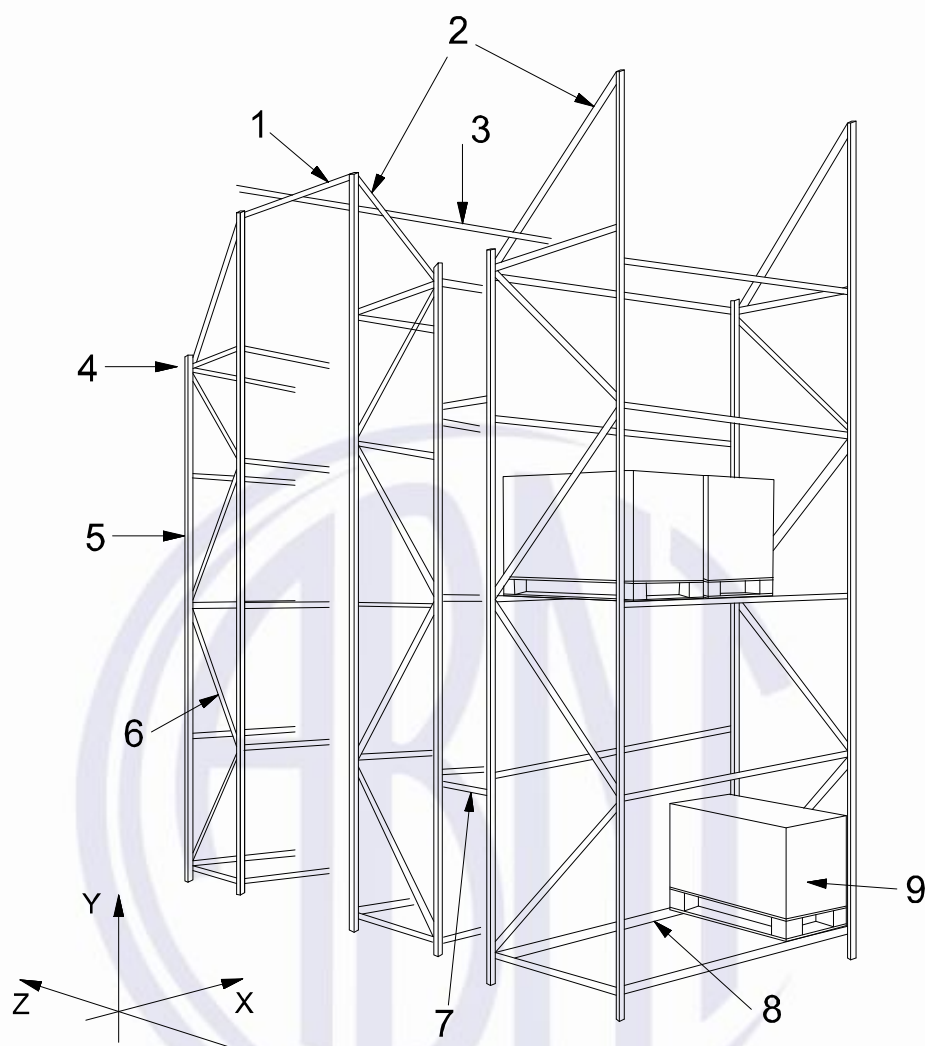
Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições.

#### 3.1

##### porta-paletes

estrutura metálica em aço, que consiste em montantes e longarinas ajustáveis na altura, projetada especificamente para armazenar paletes e/ou unidades de carga

NOTA Os principais componentes do porta-paletes são mostrados na Figura 1. O Anexo A apresenta informações detalhadas adicionais.



Legenda

- 1 travamento superior
- 2 porta-paletes com dupla entrada
- 3 trilho-guia superior
- 4 montante
- 5 porta-paletes de simples entrada
- 6 contraventamento do montante
- 7 distanciador
- 8 longarina
- 9 unidade de carga
- X eixo na direção paralela ao corredor
- Y eixo na direção vertical
- Z eixo na direção transversal ao corredor

Figura 1 – Componentes do porta-paletes

### 3.2

#### **largura do corredor**

dimensão mínima medida ao longo do corredor, próximo ao piso e em qualquer nível de longarina entre as unidades de carga armazenadas no porta-paletes

NOTA O Anexo B apresenta informações adicionais detalhadas sobre a largura do corredor.

### 3.3

#### **largura do corredor de porta-paletes**

dimensão mínima medida ao longo do corredor, próximo ao piso e em qualquer nível de longarina entre os porta-paletes de um mesmo corredor

### 3.4

#### **folga**

dimensão nominal entre os componentes do porta-paletes

### 3.5

#### **coordenadas de posicionamento**

posicionamento da empilhadeira ou do transelevador, usando o sistema de coordenadas globais (x e y)

### 3.6

#### **deformação**

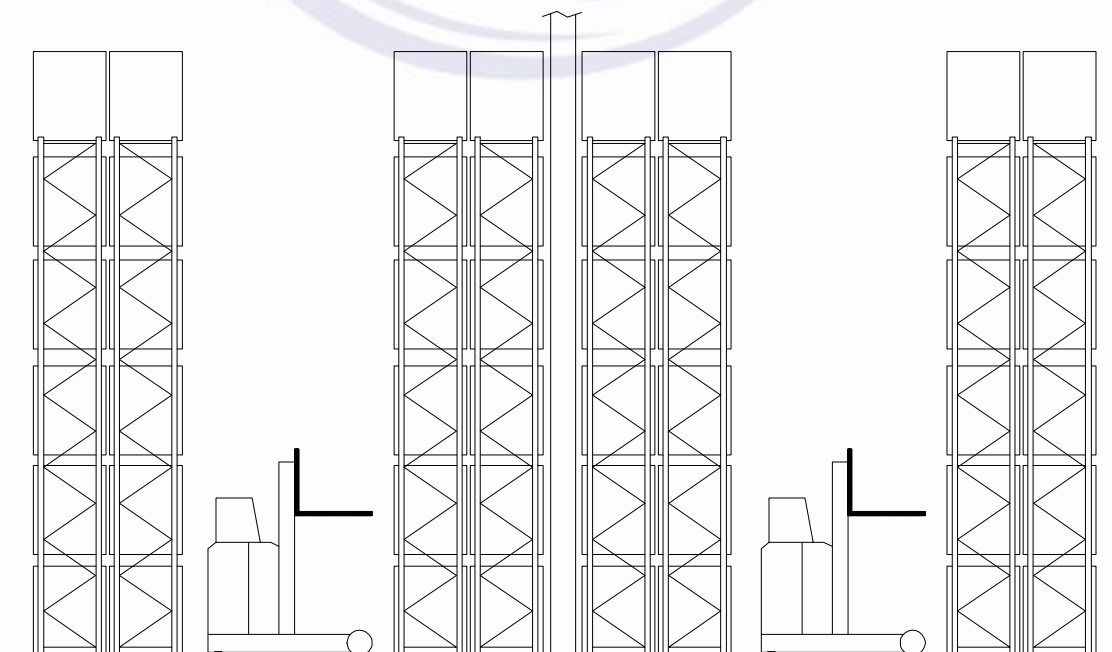
deslocamento devido a ações externas

### 3.7

#### **porta-paletes de dupla profundidade**

porta-paletes em que as unidades de carga podem ser armazenadas em duas profundidades de um corredor na instalação e acessadas por um mecanismo com garfo de longo alcance especialmente adaptado

NOTA A configuração do porta-palete de dupla profundidade é mostrada na Figura 2.



**Figura 2 – Porta-paletes de dupla profundidade**

### 3.8

#### **superfície do piso**

superfície plana e nivelada, geralmente constituída de concreto armado, sobre a qual é montado o porta-paletes

#### 3.8.1

##### **diferença de nível**

diferença de cota vertical entre dois pontos

#### 3.8.2

##### **planicidade**

característica de regularidade superficial de uma área predeterminada

#### 3.8.3

##### **nivelamento**

característica de regularidade de nível de uma área predeterminada

### 3.9

#### **corredor principal**

espaço para a movimentação ou transporte que dá acesso aos corredores secundários

#### 3.10

##### **corredor secundário**

espaço entre as estruturas com acesso às unidades de carga armazenadas

#### 3.11

##### **localização de posicionamento fino**

ajuste local da máquina em relação aos componentes do porta-paletes, nas direções x e/ou y, usando sensores sobre o transelevador e dispositivos de localização na estrutura

#### 3.12

##### **montador**

profissional habilitado para montar o porta-paletes no local de instalação

#### 3.13

##### **empilhamento intrusivo**

colocação ou retirada de um palete em que o raio de giro da empilhadeira é maior do que a largura do corredor e o garfo da empilhadeira usa o espaço sob o palete para completar o giro e atingir a posição de operação

#### 3.14

##### **equipamento mecânico de manuseio**

##### **EMM**

equipamento mecânico usado para transportar as unidades de carga a serem armazenadas

#### 3.15

##### **movimento**

deslocamento do EMM no processo de colocação, retirada e movimentação das unidades de carga

##### 3.15.1

##### **movimento definido**

##### **MD**

área onde o equipamento de manuseio mecânico usa um caminho fixo

NOTA As áreas de movimento definido são geralmente associadas às estruturas de armazenagem com grande altura. O leiaute é projetado especificamente para acomodar o porta-paletes e o EMM. As instalações



de armazenagem geralmente combinam áreas de livre circulação para atividades realizadas em baixa altura ao lado de áreas de movimento definido para armazenagem em grande altura.

### 3.15.2

#### movimento livre

#### ML

área onde o equipamento de manuseio mecânico (EMM) trafega livremente em qualquer direção

### 3.16

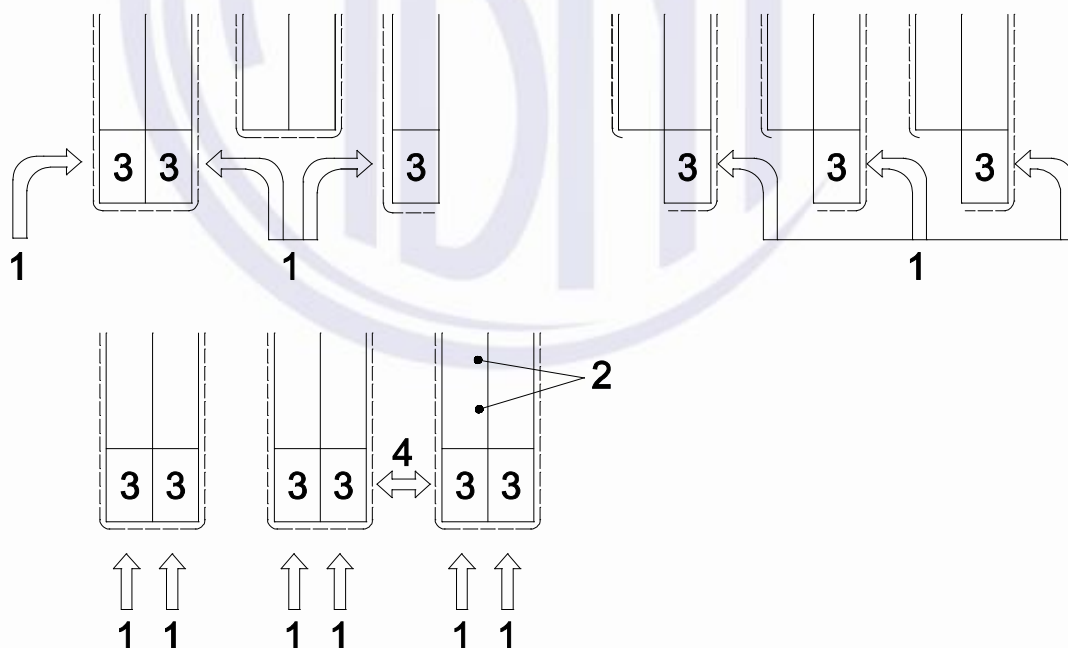
#### estações de coleta e depósito

#### C&D

locais de armazenagem no final de um corredor, usados como uma interface entre diferentes tipos de equipamentos de manuseio mecânico

NOTA 1 A estação de coleta e depósito, conforme mostrado na Figura 3, pode ser usada como uma interface entre a unidade de carga e o equipamento dedicado ao corredor do porta-paletes (como empilhadeiras para corredores muito estreitos ou transelevadores), e os transportadores ou empilhadeiras de movimentos livres que servem à instalação.

NOTA 2 A estação de depósito e coleta também pode ser usada para corrigir com precisão a localização da unidade de carga em relação ao porta-paleta. Isto é usado frequentemente por empilhadeiras ou por transelevadores com um comprimento fixo do curso do garfo, bem como assegura a exatidão nas direções X e Z, ao colocar a unidade de carga nas longarinas da estrutura.



#### Legenda

- 1 acesso das empilhadeiras de livre movimento
- 2 posições de unidades de carga na estrutura
- 3 estações de coleta e depósito
- 4 corredor muito estreito

**Figura 3 – Exemplo de estações de coleta e depósito**

### 3.17

#### **classes de porta-paletes**

classificação das estruturas porta-paletes baseada no tipo de equipamento mecânico de manuseio que é utilizado na operação

#### 3.17.1

##### **porta-paletes classes 100 e 200 para transelevadores**

porta-paletes configurado com corredor estreito e operado por um transelevador que se movimenta sobre um trilho no piso, e é estabilizado na parte superior do mastro por um trilho

#### 3.17.2

##### **porta-paletes classe 300 de corredor muito estreito**

porta-paletes configurado com os corredores com largura suficiente para a passagem de empilhadeira com a unidade de carga, e com uma folga operacional que não permite à empilhadeira girar a 90°

EXEMPLO Empilhadeira trilateral, bilateral e retrátil lateral.

#### 3.17.3

##### **porta-paletes classe 400 de corredor largo**

porta-paletes configurado com corredores com largura suficiente para permitir que a empilhadeira percorra o corredor e gire a 90°, posicionando-se frontalmente a estrutura para o depósito ou coleta de unidades de carga

#### 3.17.4

##### **porta-paletes classe 400 de corredor estreito**

porta-paletes configurado de maneira similar ao porta-paletes de corredor largo (ver 3.17.3), mas com corredores com largura reduzida, para uso com tipos mais específicos de empilhadeiras

### 3.18

#### **eixos de referência**

eixos posicionados a 90° uns dos outros, relacionados com a orientação do porta-paletes

NOTA Os eixos de referência X, Y e Z são especificados na Figura 1.

### 3.19

#### **porta-paletes de simples profundidade**

porta-paletes em que há somente uma unidade de carga em profundidade a cada lado do corredor

### 3.20

#### **especificação**

descrição detalhada das exigências do usuário, que incluem os requisitos do porta-paletes e outros dados, como condições de armazenagem do ambiente, construção do piso, normas aplicáveis etc., incluindo todos os pormenores que afetem o projeto da instalação ou a sua montagem

### 3.21

#### **especificador**

pessoa ou empresa que elabora uma especificação com base nas exigências do usuário

NOTA O especificador pode ser um consultor, outro especialista, o usuário ou o fornecedor de equipamentos agindo como especificador.

### 3.22

#### **transelevador**

máquina de depósito e coleta que se movimenta sobre um trilho no piso e que é estabilizado na parte superior do mastro por um trilho-guia

**3.23****fornecedor**

empresa que fornece o sistema de armazenagem

NOTA A empresa pode ser o fabricante original ou uma empresa intermediária atuando como distribuidor.

**3.24****tolerâncias**

variações da dimensão nominal ou posição decorrente da fabricação, montagem, manuseio e armazenagem de equipamentos e outras variáveis do ambiente que podem afetar o sistema, como o edifício, a unidade de carga e o piso de concreto

**3.25****usuário**

empresa ou pessoa que gerencia e opera a instalação diariamente e que é responsável pela segurança contínua da instalação

**3.26****corredor muito estreito**

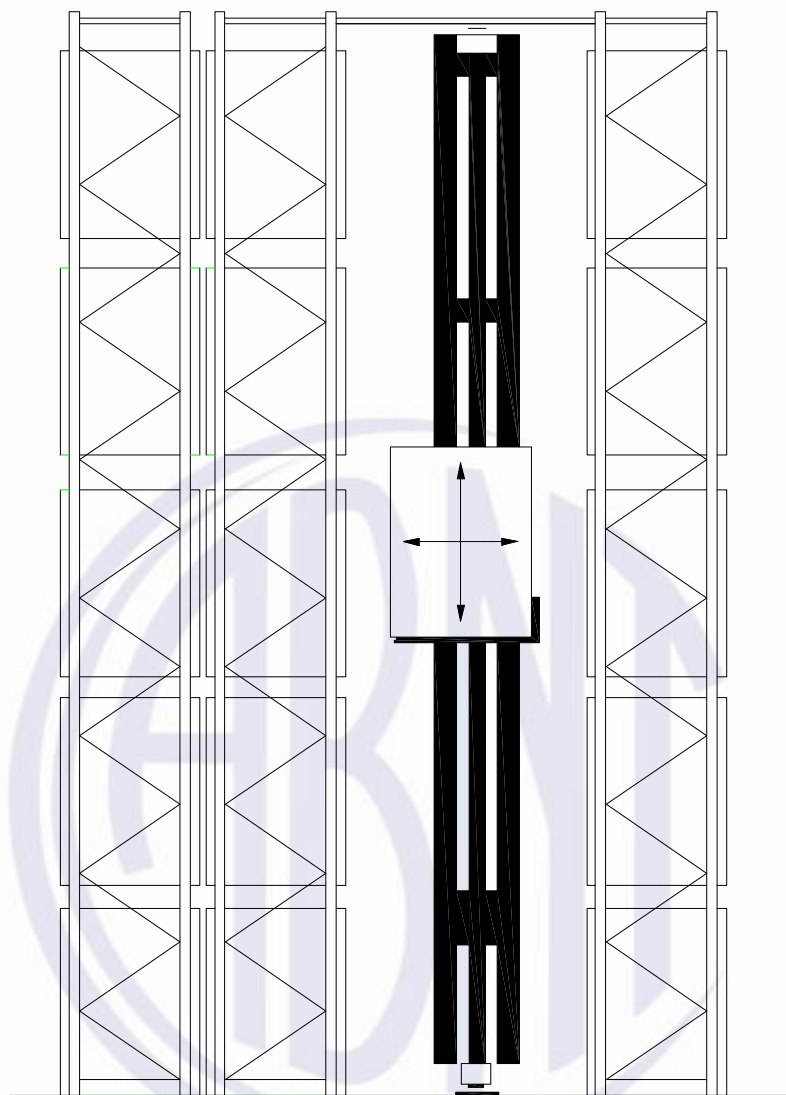
corredor com largura suficiente para empilhadeira, unidade de carga e uma folga operacional em que a empilhadeira não consegue girar a 90°

**4 Classes de porta-paletes****4.1 Generalidades**

As tolerâncias de prumo, deformações e folgas são divididas em quatro grupos, para atender aos requisitos dos quatro grupos de equipamentos de manuseio. O porta-paletes para cada classificação requer um padrão mínimo diferente de tolerâncias de instalação, deformações e folgas para operação segura (ver Anexo B).

**4.2 Classe 100 – Transelevador**

A classe 100 compreende os porta-paletes configurados para um sistema de corredor muito estreito, mas operado por transelevador. Os corredores são largos o suficiente apenas para o transelevador ou a largura da carga, além da folga operacional, como mostrado na Figura 4.



**Figura 4 – Porta-paletes com transelevador**

Os transelevadores são controlados automaticamente, mas não possuem um sistema de posicionamento fino na armazenagem das unidades de carga. São geralmente indicados para os sistemas de armazenagem com menos de 18 m de altura.

### **4.3 Classe 200 – Transelevador**

A classe 200 compreende instalações operadas por transelevadores controlados automaticamente e que possuem um sistema de posicionamento preciso na armazenagem das unidades de carga. Também inclui instalações em que o transelevador é controlado manualmente.

### **4.4 Classe 300 – Corredor muito estreito**

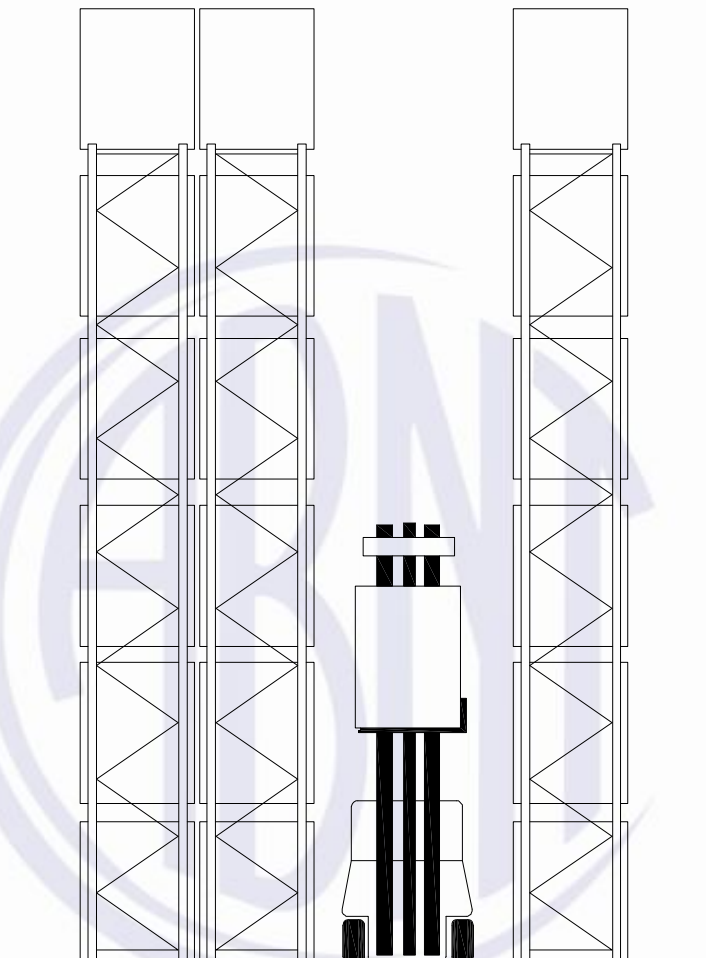
#### **4.4.1 Generalidades**

O porta-paletes de corredor muito estreito da classe 300 é configurado com corredores com largura para atender apenas à empilhadeira, a largura da unidade de carga mais a folga operacional, conforme a Figura 5.

As unidades de carga são operadas dentro dos corredores, sem a necessidade de a empilhadeira ficar voltada para o porta-paletes.

As empilhadeiras geralmente são guiadas para dentro e ao longo do corredor por trilhos de guia, ou por um sistema de orientação por fio, e possuem cabines fixas ou com elevação.

NOTA Para definições de empilhadeiras, ver a ISO 3691-3 [2].



**Figura 5 – Porta-paletes com corredores muito estreitos**

#### **4.4.2 Classe 300A – Corredor muito estreito**

As instalações de corredor muito estreito da classe 300A compreendem porta-paletes em que o operador de empilhadeira é elevado e abaixado juntamente com a unidade de carga, com ajuste de altura manual para posicionar a carga. Alternativamente, o operador permanece ao nível do piso e dispõe de auxílio de um sistema de visualização indireta, como um circuito fechado de televisão (CFTV) ou sistema equivalente para guiar-se.

#### **4.4.3 Classe 300B – Corredor muito estreito**

Nas instalações de corredor muito estreito da classe 300B, o operador de empilhadeira permanece ao nível do piso e não tem o auxílio de um sistema de visualização indireta.

#### **4.4.4 Operação**

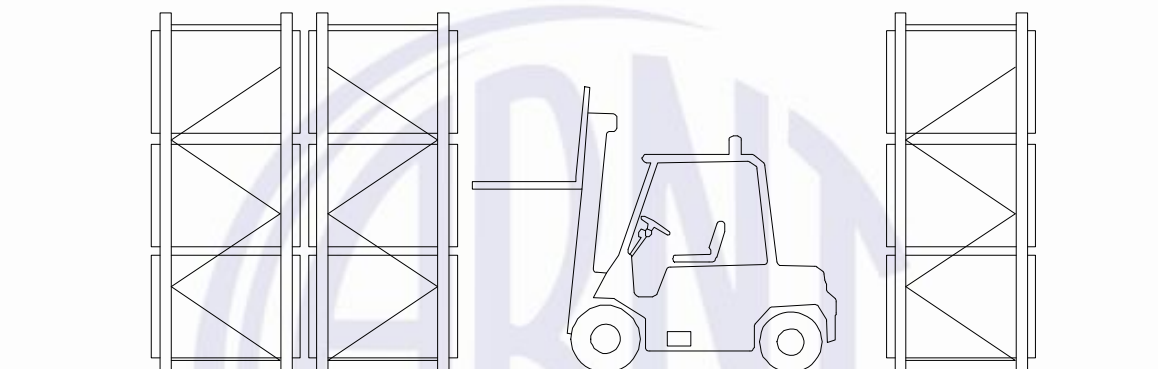
Para operações em corredores muito estreitos, o avanço máximo dos garfos para retirar ou depositar a unidade de carga, com a empilhadeira corretamente posicionada, é fixado individualmente para cada aplicação. As tolerâncias, deformações e folgas dadas neste documento consideram que

o operador de empilhadeira para operar em corredores muito estreitos foi treinado e instruído para fazer o posicionamento preciso, durante o depósito e retirada do paleta.

## 4.5 Classe 400 – Corredor largo e corredor estreito

### 4.5.1 Classe 400 – Corredor largo

Os porta-paletes Classe 400 de corredores largos são configurados de modo a deixar os corredores com largura suficiente para permitir que a empilhadeira contrabalançada se desloque ao longo do corredor e gire a 90°, posicionando-se frontalmente à estrutura para carregamento e descarregamento, conforme a Figura 6.

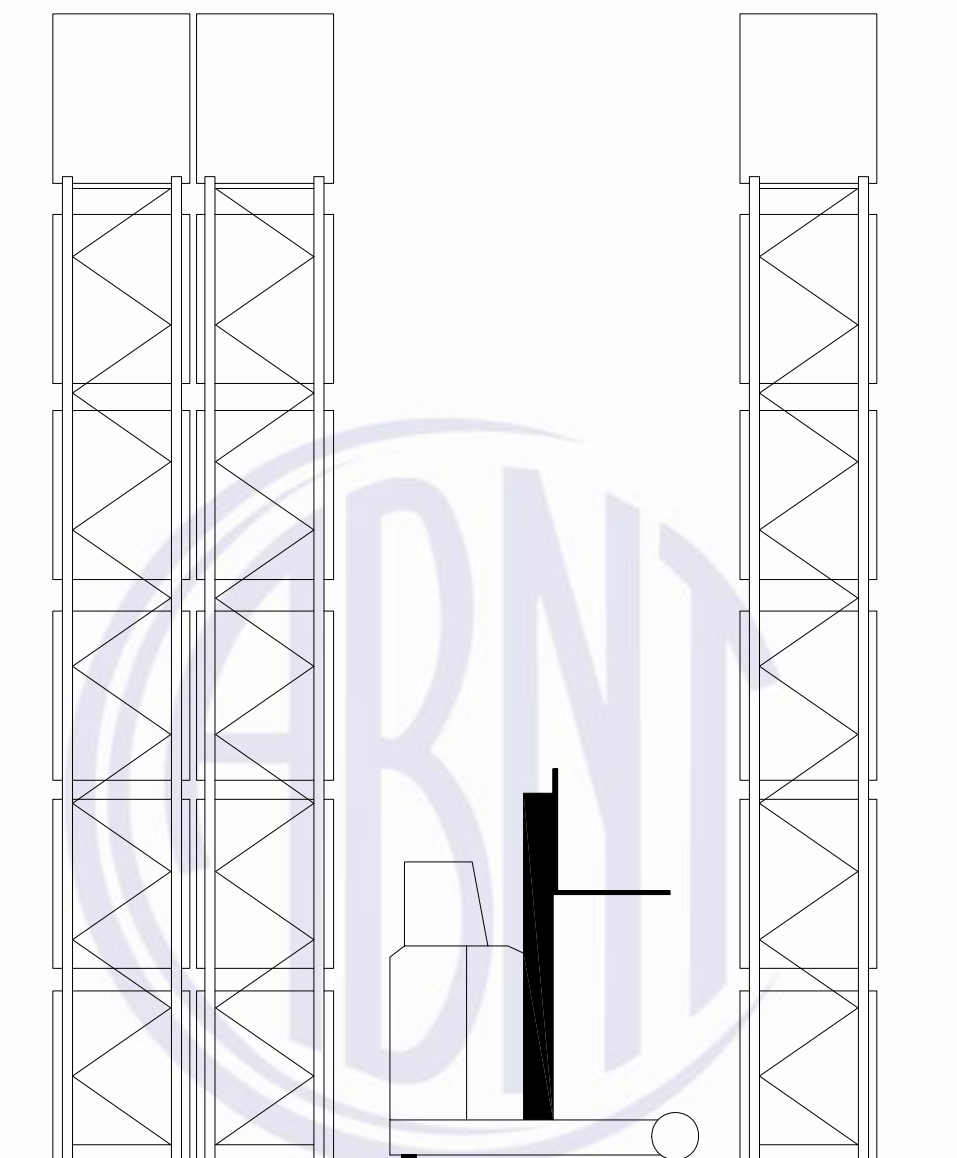


**Figura 6 – Porta-paletes de corredor largo para empilhadeira contrabalançada**

### 4.5.2 Classe 400 – Corredor estreito

O porta-paletes Classe 400 de corredor estreito é configurado de maneira semelhante ao porta-paletes de corredor largo, mas que pode ser usado com tipos de empilhadeira mais específicos, conforme a Figura 7.





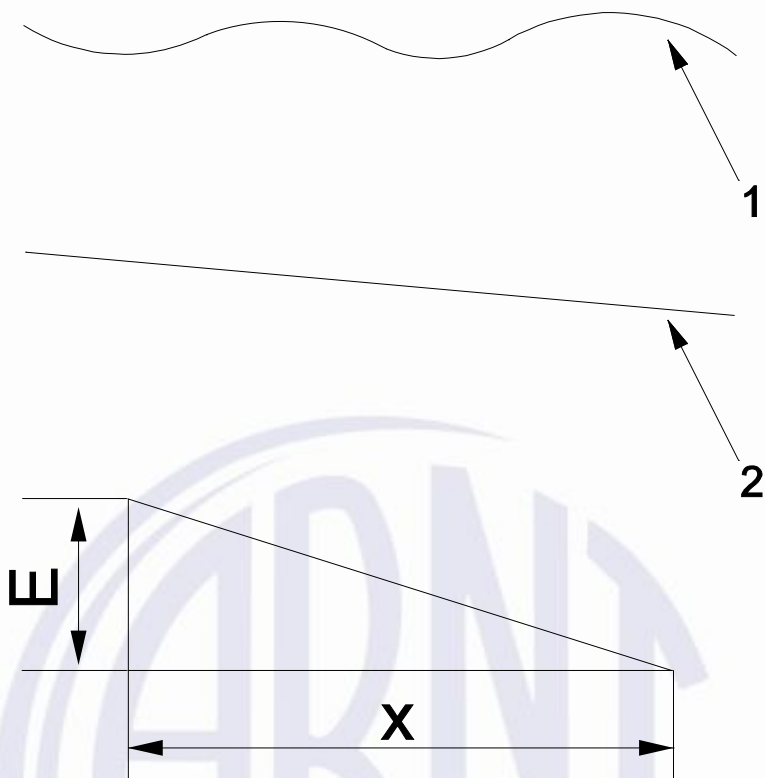
**Figura 7 – Porta-paletes de corredor estreito com empilhadeira retrátil**

## **5 Tolerâncias para porta-paletes classe 400 - Corredor largo e corredor estreito**

### **5.1 Tolerâncias de piso**

#### **5.1.1 Definição de diferença de nível $E$**

Conforme a Figura 8,  $E$  é a diferença de nível entre os pontos fixos distantes 3 m entre eles.



Legenda

- 1 perfil do piso em nível, mas não plano
- 2 perfil do piso plano, mas não nivelado
- X 3 m
- E diferença de nível entre os pontos fixos, com distância de 3 m entre eles

Figura 8 – Planicidade, nivelamento e diferença de nível

5.1.2 Valores-limite para E

O desvio-padrão dos valores de E, calculados em uma grade de 3 m ( $E_{SD}$ ) para pisos horizontais internos, não podem exceder os valores indicados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores-limite de  $E_{SD}$

Classificação	Nível da longarina superior m	$E_{SD}$ mm
FM1 – Empilhadeira sem deslocamento lateral	Acima de 13	2,25
FM2 – Empilhadeira sem deslocamento lateral	Entre 8 e 13	3,25
FM3 – Empilhadeira sem deslocamento lateral	Até 8	4,0
FM3 – Empilhadeira com deslocamento lateral	Até 13	4,0

A construção para FM1 é mais trabalhosa do que a construção para FM2 e FM3, e só deve ser especificada para instalações com um nível de longarina superior a 13 m ou quando outros requisitos de desempenho exigirem um padrão mais elevado de planicidade do piso.

Os limites da Tabela 1 podem ser reduzidos, desde que o especificador indique que o sistema pode ser operado conforme a seguir:

- a) tipo de EMM (equipamento mecânico de manuseio) a ser utilizado;
- b) altura de elevação;
- c) gradientes de piso localizados em áreas em que o EMM realiza as operações de elevação;
- d) mudanças na superfície do piso ao longo do tempo.

$E_{Sd}$  é o desvio-padrão dos valores de  $E$  medidos em uma grade de 3 m.

Uma grade de 3 m é uma grade de pontos sobre a área do piso com 3 m de lado em ambas as direções ortogonais ao edifício.

Todos os pontos da grade de 3 m devem estar a  $\pm 15$  mm do ponto de referência horizontal (nível) em que o plano de referência se encontra, em toda ou em uma parte significativa da área do edifício.

## 5.2 Tolerâncias de montagem

As tolerâncias máximas permitidas após a montagem, com o porta-paletes na condição descarregada, devem ser conforme as Tabelas 2 e 3 e a Figura 9.

NOTA As tolerâncias de montagem também são aplicáveis, se o porta-paletes for desmontado e montado novamente (remanejado).

**Tabela 2 – Tolerâncias medidas no plano horizontal** (continua)

Limites de tolerância no plano horizontal X, Z mm		
Símbolo da dimensão	Descrição da tolerância	Tolerâncias de montagem para os porta-paletes classe 400
$\delta A$	Variação da dimensão nominal da largura de entrada entre duas colunas em qualquer nível de longarinas.	$\pm 3$
$\delta A_t (n)$	Variação da dimensão nominal do comprimento total do porta-paletes, cumulativa com o número de módulos 'n', medido perto do nível do piso.	$\pm 3 n$
B	Desalinhamento das colunas em lados opostos do corredor, cumulativo com o número de módulos "n" medido perto do nível do piso. Para o operador no alto, isso se aplica apenas às colunas do corredor. Para o operador embaixo, isso se aplica às colunas do corredor e às colunas traseiras.	Não se aplica
$\delta B_0$	Variação da dimensão nominal frontal do porta-paletes (ou estação de coleta ou depósito) em relação ao eixo Z do sistema em questão, medida perto do nível do piso.	$\pm 10$

Tabela 2 (conclusão)

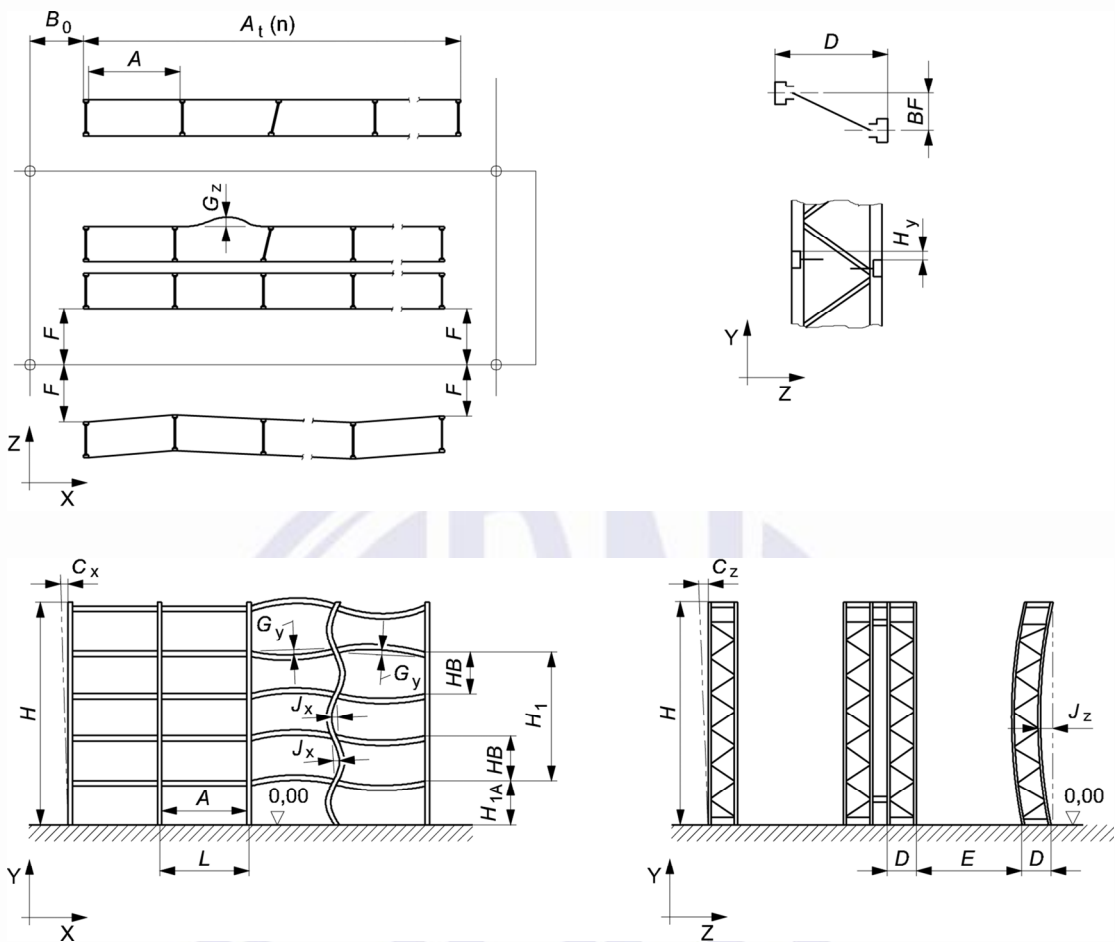
Limites de tolerância no plano horizontal X, Z		
mm		
Símbolo da dimensão	Descrição da tolerância	Tolerâncias de montagem para os porta-paletes classe 400
BF	Desalinhamento das colunas opostas do montante do porta-paletes, medido no topo da estrutura.	40
C <sub>x</sub>	Fora de prumo de cada montante na direção X. <sup>a</sup>	± H/350
C <sub>z</sub>	Fora de prumo de cada montante na direção Z. <sup>a</sup>	± H/350
δD	Variação da dimensão nominal da profundidade do porta-paletes.	Profundidade do montante: ± 6
δE	Variação da dimensão nominal da largura do corredor perto do nível do piso.	± 15
δE <sub>1</sub>	Variação da dimensão nominal da largura entre trilhos-guia.	Não se aplica
δE <sub>2</sub>	Variação de montantes em um lado do trilho-guia.	Não se aplica
δF	Variação nominal do alinhamento de um corredor, medido perto do nível do piso, relativo ao “eixo x do sistema de linha de referência do corredor” ou conforme especificado pelo fornecedor da empilhadeira.	± 15
F <sub>1</sub>	Variação entre colunas adjacentes medida próximo ao nível do piso na direção Z.	Não se aplica
G <sub>z</sub>	Desalinhamento da longarina na direção Z.	± A/400 O maior dos valores abaixo
J <sub>x</sub>	Alinhamento vertical na direção x entre as longarinas espaçadas HB.	± 3 ou ± HB/400
J <sub>z</sub>	Curvatura inicial de um montante na direção Z.	± H/500
T <sub>w</sub>	Torção da longarina no meio do vão (por metro)	1°
NOTA A FEM 10.2.14-1/4.103-1 fornece maiores subsídios sobre este assunto (ver Bibliografia [7]). Ver Figura 9.		

Exemplar para uso exclusivo - Código Identificador #552140# RNP:2612398694 (Pedido 894836 Impresso: 17/03/2024)

Tabela 3 – Tolerâncias medidas na direção vertical

Limites de tolerância na direção vertical Y		
mm		
Símbolo da dimensão	Descrição da tolerância	Tolerâncias de montagem para porta-paletes classe 400 <sup>a</sup> (o maior valor entre os seguintes)
G <sub>y</sub>	Curvatura da longarina na direção Y.	± 3 ou A/500
δH <sub>1A</sub>	Variação de nível da face superior da longarina inferior até a face superior da placa de base.	± 10
δH <sub>1</sub>	Variação de nível da face superior de qualquer nível de longarina H1 até o nível da face superior da longarina inferior.	± 5 ou ± H <sub>1</sub> /500
H <sub>y</sub>	Variação de nível entre as longarinas dianteira e traseira em um plano de carga.	± 10
NOTA Um levantamento pode ser feito para medir as tolerâncias de montagem e as folgas antes do porta-paletes ser carregado. As tolerâncias estabelecidas nesta Norma não são aplicáveis após o carregamento do porta-paletes.		

Exemplar para uso exclusivo - Código Identificador #553498@552140# RNP:2612398694 (Pedido 894836 Impresso: 17/03/2024)



Legenda

- A distância livre entre dois montantes
- $A_t(n)$  comprimento total do porta-paletes (compreendendo 'n' módulos)
- $B_0$  distância entre o eixo Z do sistema e a parte frontal do porta-paletes
- BF desalinhamento de colunas opostas de um mesmo montante do porta-paletes
- $C_z, C_x$  fora de prumo vertical nas direções Z e X, respectivamente
- D profundidade do montante de porta-paletes
- E largura do corredor
- F distância do eixo x do corredor até a face frontal do porta-paletes
- $G_z, G_y$  desalinhamento da longarina nas direções Z e Y, respectivamente
- H altura da face superior da placa de base até o topo da coluna
- HB altura medida entre duas longarinas adjacentes, tomada na face superior
- $H_y$  variação de nível entre as longarinas dianteira e traseira em um mesmo plano de carga
- $H_{1A}$  altura da face superior da placa de base até a face superior da longarina do nível inferior
- $H_1$  altura da face superior da longarina inferior até a face superior de uma longarina de qualquer outro nível
- $J_x$  desalinhamento vertical do montante na direção x entre os níveis de longarinas adjacentes
- $J_z$  desalinhamento inicial de um montante na direção Z
- L distância entre centros de colunas adjacentes

Figura 9 – Tolerâncias horizontais e verticais



Os levantamentos de medição podem ser realizados conforme acordado entre as partes interessadas (ver Anexo C).

### 5.3 Tolerâncias de deformações

#### 5.3.1 Deformações do piso

As deformações relativas devem ser consideradas na etapa de projeto, e as informações devem ser fornecidas pelo cliente ou por seu representante ao fornecedor do porta-paletes, para avaliação das tensões adicionais na estrutura.

#### 5.3.2 Tolerância de deformação da longarina na direção Y

Quando os planos de carga são efetivamente contínuos ao longo de dois ou três módulos, as flechas positivas e negativas das longarinas devem ser levadas em consideração (ver Anexo D).

A deformação máxima das longarinas sob carga não pode exceder os critérios de utilização, e os valores-limite de deflexão devem ser acordados com o especificador em cada projeto, levando em consideração os requisitos específicos da instalação.

Na ausência de quaisquer requisitos específicos, os seguintes valores-limite de flecha vertical devem ser utilizados:

- a) flecha vertical máxima de uma longarina:  $L/200$

onde

$L$  é o vão da longarina;

- b) flecha vertical máxima de um balanço:  $L/100$

onde

$L$  é o comprimento do balanço a partir da linha central da coluna.

#### 5.3.3 Deformações de montantes nas direções X e Z

Os valores-limite de deflexão devem ser acordados com o especificador em cada projeto, levando em consideração os requisitos específicos da instalação.

Na ausência de quaisquer requisitos específicos, a deformação permitida nas colunas na direção X ou Z, devido às cargas aplicadas, não pode exceder 1/200 da altura do porta-paletes, medida na estrutura descarregada e após a conclusão da montagem.

#### 5.3.4 Encurtamento vertical

A deformação no eixo y de qualquer nível de longarina depende do acúmulo de tensão devido à compressão no segmento individual da coluna entre os níveis de longarina abaixo do nível que está sendo considerado, e deve ser levado em consideração pelo especificador ao definir o sistema de seleção de altura de uma aplicação em corredores muito estreitos.

Esses valores devem ser fornecidos pelo fornecedor do porta-paleta.

5.4 Folgas para unidades de carga e equipamentos de manuseio

5.4.1 Folgas relativas à colocação de unidades de carga

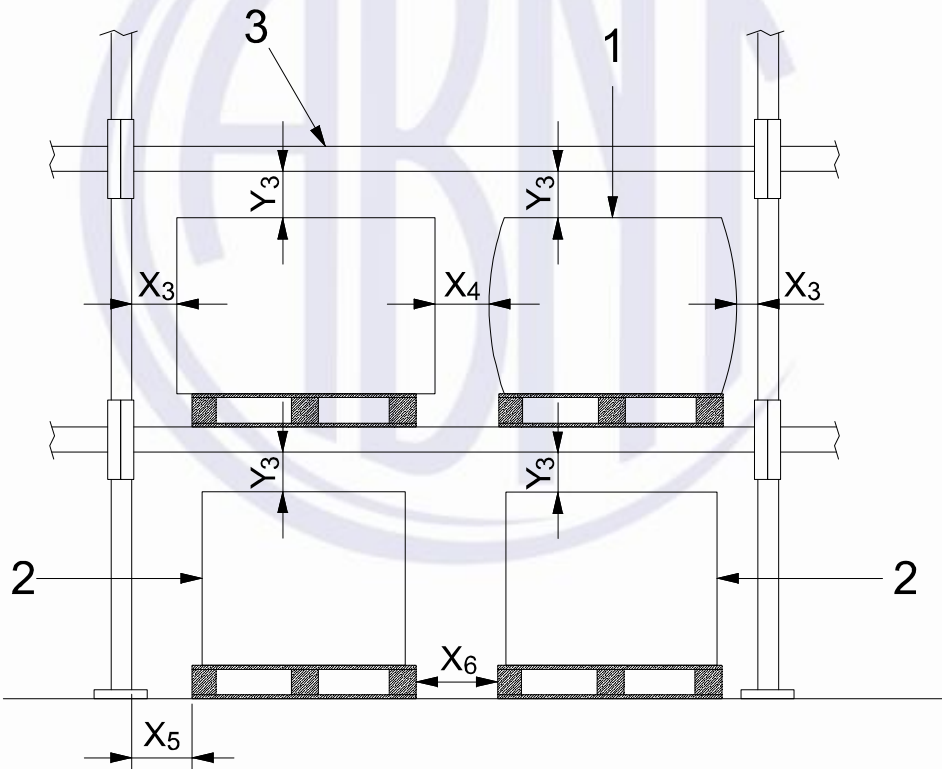
As folgas devem ser consideradas em relação às medidas externas do palete e da carga (ou seja, incluindo qualquer excesso de carga). As dimensões máximas da unidade de carga devem ser especificadas pelo usuário.

5.4.2 Folgas horizontais e verticais em um módulo

5.4.2.1 Empilhadeiras retráteis e empilhadeiras contrabalançadas

As folgas horizontais e verticais para empilhadeiras retráteis e empilhadeiras contrabalançadas não podem ser menores que os limites da Figura 10 e da Tabela 4.

NOTA Em ambientes de alto risco (ver B.5), conforme determinado pelo especificador, podem ser necessárias folgas maiores, para manter as condições de trabalho seguras.



Legenda

- 1 palete com carga saliente
- 2 palete sem carga saliente
- 3 longarina sem deflexão

Figura 10 – Folgas horizontais e verticais para empilhadeiras

Tabela 4 – Folgas horizontais e verticais no plano de carga para empilhadeiras

Altura $Y_h$ do piso até o nível da longarina mm	Corredor largo e corredor estreito	
	$X_3$ $X_4$ $X_5$ $X_6$ mm	$Y_3$ mm
3 000	75	75
6 000	75	100
9 000	75	125
12 000	100	150
15 000	100	175
Acima de 15 m	Não aplicável	Não aplicável

Valores menores que  $Y_3$ ,  $X_3$ ,  $X_4$ ,  $X_5$  e  $X_6$ , mas não inferiores a 75 mm, podem ser usados sujeitos a um sistema de visibilidade indireta auxiliar, como a televisão de circuito fechado (CFTV) ou um sistema equivalente para guiar o operador. Seleção automática de altura ou marcas no mastro da empilhadeira não podem ser consideradas soluções adequadas.

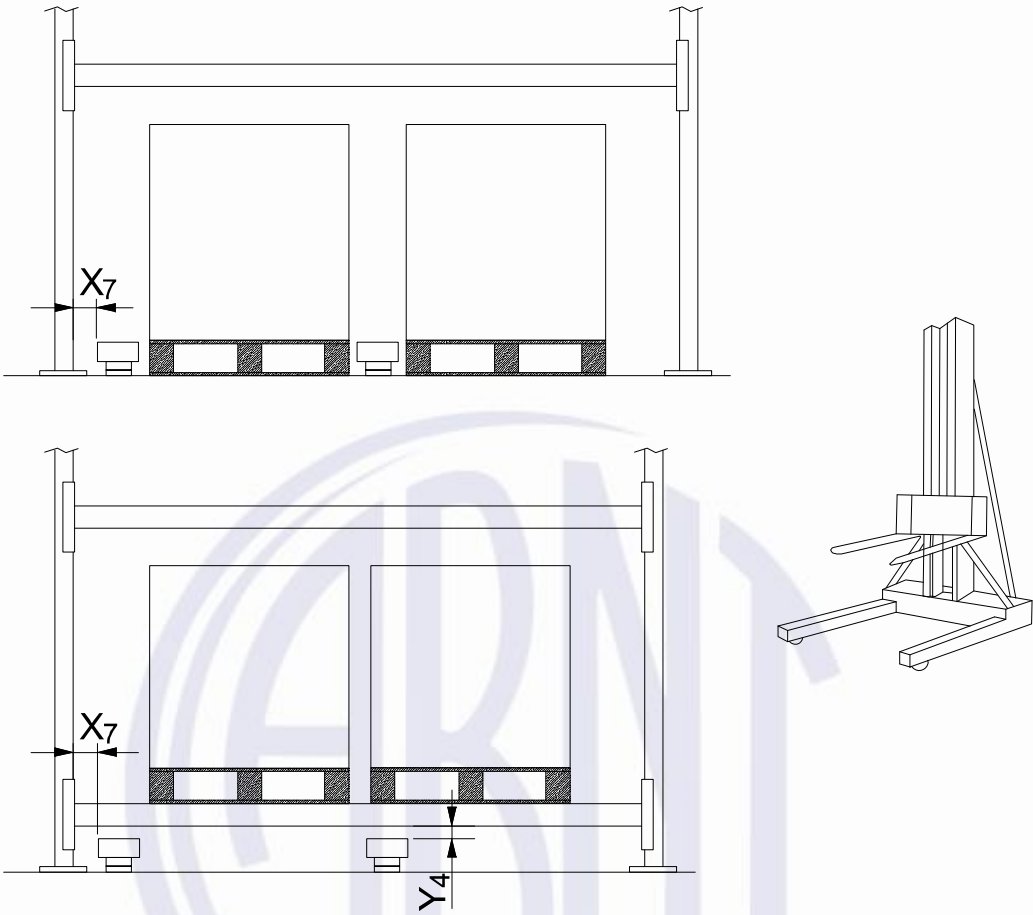
Ao nível do piso, a folga mínima deve ser de 75 mm mais  $Y_b$ , onde  $Y_b$  é o espaço necessário entre o piso e a parte inferior do palete ao retirar ou depositar uma unidade de carga, como no caso de uma empilhadeira retrátil, para acomodar a altura da patola, se o palete ou a sua carga for mais largo que a dimensão entre as patolas.  $Y_b$  deve ser fornecido pelo fornecedor da empilhadeira.

NOTA As folgas verticais  $Y_3$  variam de acordo com a altura do porta-paletes e com a localização da unidade de carga.

Para outros valores de  $Y_h$ , as folgas podem ser obtidas por interpolação linear.

#### 5.4.2.2 Empilhadeira patolada

Ao recolher ou depositar uma unidade de carga no piso, um espaço livre é deixado em ambos os lados do palete, para permitir que as patolas passem por ambos os lados da carga. A patola deve estar distante das colunas da estrutura em no mínimo 75 mm, como mostrado em  $X_7$  da Figura 11. Se houver uma longarina junto ao piso, a patola deve estar distante da face inferior da longarina em no mínimo 40 mm, como mostrado em  $Y_4$  da Figura 11.



**Legenda**

- $X_7$  folga entre a coluna e a patola
- $Y_4$  folga entre a face inferior da longarina e a patola

**Figura 11 – Folgas para empilhadeiras patoladas**

**5.4.2.3 Protetores de coluna, placas de base e montantes**

Para a determinação dos requisitos de folga horizontal em um plano de carga com placas de base e protetores de coluna que estão dentro da área de folga, deve-se atender ao seguinte:

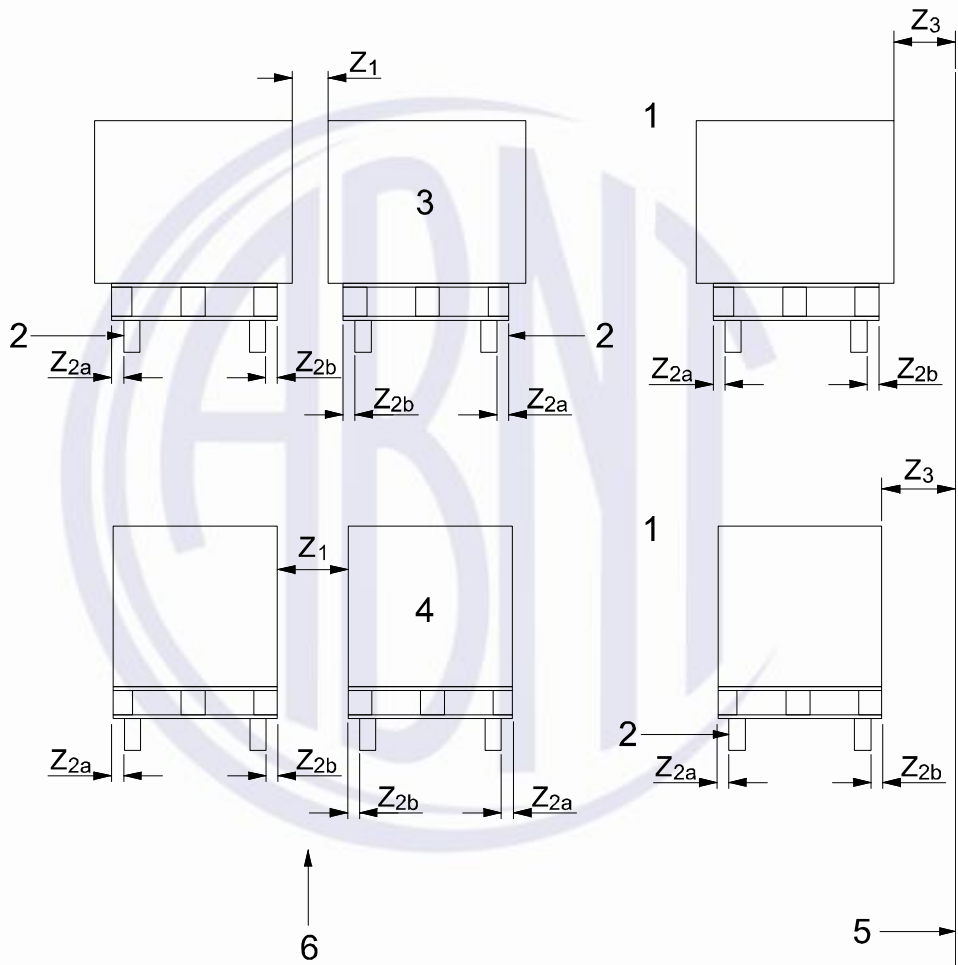
- a) as placas de base e os fixadores até 75 mm a partir do montante podem estar dentro da região de folga sem aumento nos requisitos de folga;
- b) os protetores de coluna até 600 mm de altura do piso e 25 mm a 40 mm da face da coluna podem estar dentro da região de folga, sem aumento nos requisitos de folga;
- c) os protetores de coluna ligados à coluna até a altura de 1 000 mm do piso e a 15 mm da face da coluna podem estar dentro da região de folga, sem aumento nos requisitos de folga.

5.4.3 Folga horizontal na profundidade

5.4.3.1 Requisitos

A armazenagem de mercadorias em estruturas porta-paletes não caracteriza empilhamento e não está sujeita aos afastamentos e distâncias mínimas mencionados na legislação vigente (ver Bibliografia [18]).

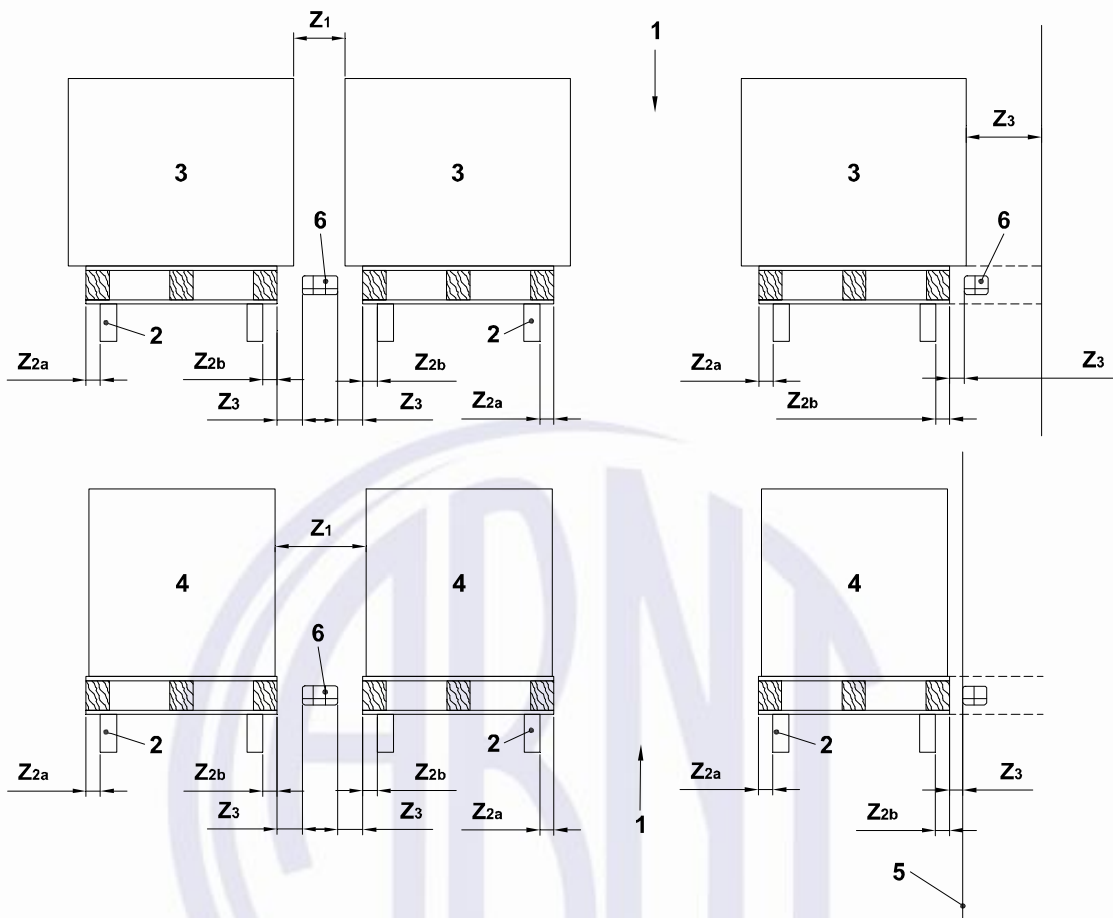
As folgas horizontais na profundidade são mostradas nas Figuras 12 e 13.



Legenda

- 1 corredor
- 2 longarinas
- 3 palete com carga excedente
- 4 palete com carga não excedente
- 5 limitador de segurança, obstrução por contraventamento ou parede atrás das unidades de carga
- 6 sem obstruções atrás das unidades de carga
- $Z_1$  folga entre os paletes ou entre as cargas na parte de trás
- $Z_{2a}, Z_{2b}$  balanço do palete na parte da frente e na parte traseira das longarinas, respectivamente
- $Z_3$  folga entre o palete ou a carga do palete e o batente de segurança, obstrução por contraventamento ou parede atrás das unidades de carga

Figura 12 – Folgas horizontais na profundidade



Legenda

- 1 corredor
- 2 longarinas
- 3 palete com carga excedente
- 4 palete com carga não excedente
- 5 elemento de obstrução (contraventamento, limitador de segurança, etc.) ou parede atrás das unidades de carga
- 6 limitador de segurança
- $Z_1$  folga entre os paletes ou entre as cargas na parte de trás
- $Z_{2a}, Z_{2b}$  balanço do palete na parte da frente e na parte traseira das longarinas, respectivamente
- $Z_3$  folga entre o palete ou a carga do palete e o batente de segurança, obstrução por contraventamento ou parede atrás das unidades de carga

Figura 13 – Folga horizontal na profundidade com limitador de segurança ou elemento de obstrução

A folga horizontal Z na profundidade está relacionada com:

- a) o excedente máximo da carga na parte de trás do porta-paletes;
- b) a tolerância de colocação da carga na direção Z ( $Z_2$ ).

No caso de porta-paletes de dupla entrada, o espaço  $Z_1$  entre dois paletes ou entre cargas na parte de trás deve ser maior ou igual a  $2Z_2$ , mas no mínimo igual a 100 mm.



Quando o porta-paletes de dupla entrada não possuir distanciadores,  $Z_1$  deve ser no mínimo igual a  $2Z_2$  ou 100 mm, com um incremento de  $H/100$  (onde  $H$  é a altura do nível de carga mais elevado com relação ao piso).

Quando houver um limitador de segurança atrás de uma unidade de carga,  $Z_3$  deve ser maior ou igual a  $Z_2$ , e no mínimo igual a 50 mm.

#### 5.4.3.2 Situação simétrica com posicionamento manual em Z

A situação simétrica com posicionamento manual em Z do palete deve atender ao seguinte:

- a) unidade de carga suportada por um par de longarinas na frente e atrás;
- b) carga com as mesmas dimensões do palete e com balanço do palete nas longarinas dianteira e traseira ( $Z_2$ ) igual a 50 mm no mínimo. Se a distância entre a face da coluna e a face da longarina for menor do que 5 mm, então o balanço do palete pode ser considerado com relação à face da coluna;
- c) tolerância de posição entre o montante e a longarina de até 10 mm;
- d) tolerância de colocação na direção Z de  $\pm 50$  mm da posição nominal.

No caso de porta-paletes de dupla entrada, a folga nominal  $Z_1$  entre duas unidades de carga deve ser, portanto, maior ou igual a 100 mm ( $2Z_2$ ).

#### 5.4.3.3 Situações não simétricas e/ou $Z_2 \neq 50$ mm

As situações não simétricas e/ou  $Z_2 \neq 50$  mm são situações especiais em que o balanço do palete na parte da frente ou na parte de trás das longarinas deve ser determinado pelo especificador ou pelo fornecedor da empilhadeira. A tolerância de colocação na posição nominal na direção Z deve ser determinada pelo especificador ou pelo fornecedor da empilhadeira.

No caso de porta-paletes de dupla entrada, a folga nominal  $Z_1$  entre duas unidades de carga deve ser maior ou igual a duas vezes as tolerâncias de posicionamento na direção Z, conforme determinado pelo especificador ou pelo fornecedor da empilhadeira, mas de pelo menos 100 mm.

NOTA Podem ser utilizados acessórios como planos de contenção ou transversinas, resultando em uma gama maior de profundidades aceitáveis. Em geral, quando estes acessórios são usados, o palete é confinado dentro da profundidade do montante, sem balanço do palete na frente ou atrás.

O Anexo E apresenta informações adicionais.

#### 5.4.4 Dimensões da largura do corredor

##### 5.4.4.1 Folga mínima do corredor para giro de empilhadeiras de 90°

A largura do corredor para um giro de 90° da empilhadeira e da unidade de carga é determinada pelo fornecedor da empilhadeira, incorporando as dimensões da unidade de carga especificadas no projeto (ver Anexo B).

A folga mínima do corredor deve ser determinada pelo especificador com base em uma análise de risco com tolerância de manobra de 200 mm, isto é, uma folga mínima em ambos os lados de 100 mm (ver Anexo B).

Quando houver um sistema de tráfego de duas vias em um corredor, os requisitos de folga de 5.4.5 também devem ser aplicados.

5.4.4.2 Unidade de carga no nível mais baixo

As folgas dos corredores são baseadas na situação em que a unidade de carga no nível mais baixo do porta-paletes é armazenada sobre o piso. O palete ou a sua carga deve ser colocado de modo a não obstruir a largura livre do corredor.

5.4.5 Folgas para corredores principais

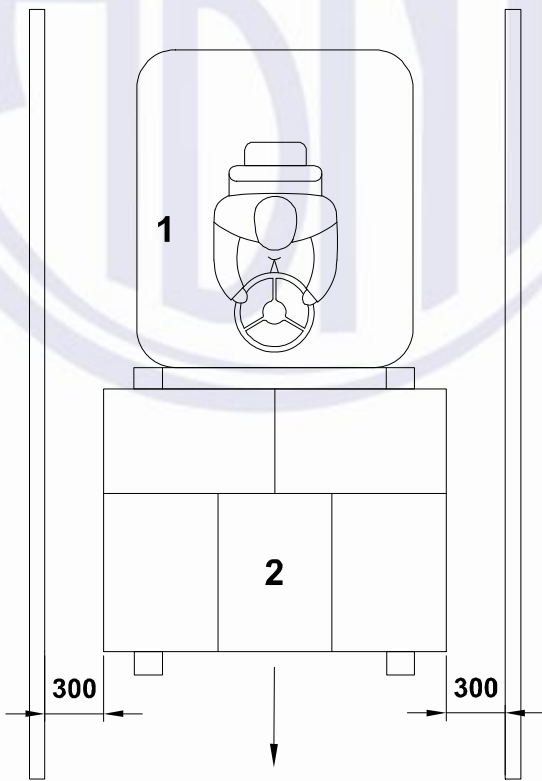
Para corredores principais unidirecionais, a largura mínima do corredor deve ser maior que a largura da empilhadeira ou da carga em 600 mm, conforme a Figura 14.

Para os corredores principais de mão dupla, a largura mínima do corredor deve ser maior que duas vezes a largura da empilhadeira ou da carga em 900 mm, conforme a Figura 15.

O tráfego de pedestres deve ser segregado do tráfego de veículos motorizados sempre que possível. Para estes casos, deve-se atender à legislação vigente. Se o tráfego de pedestres não puder ser segregado, deve haver uma folga mínima de 500 mm em pelo menos um dos lados, conforme a Figura 16.

NOTA      Recomenda-se verificar se existem legislações vigentes que estabelecem valores mínimos.

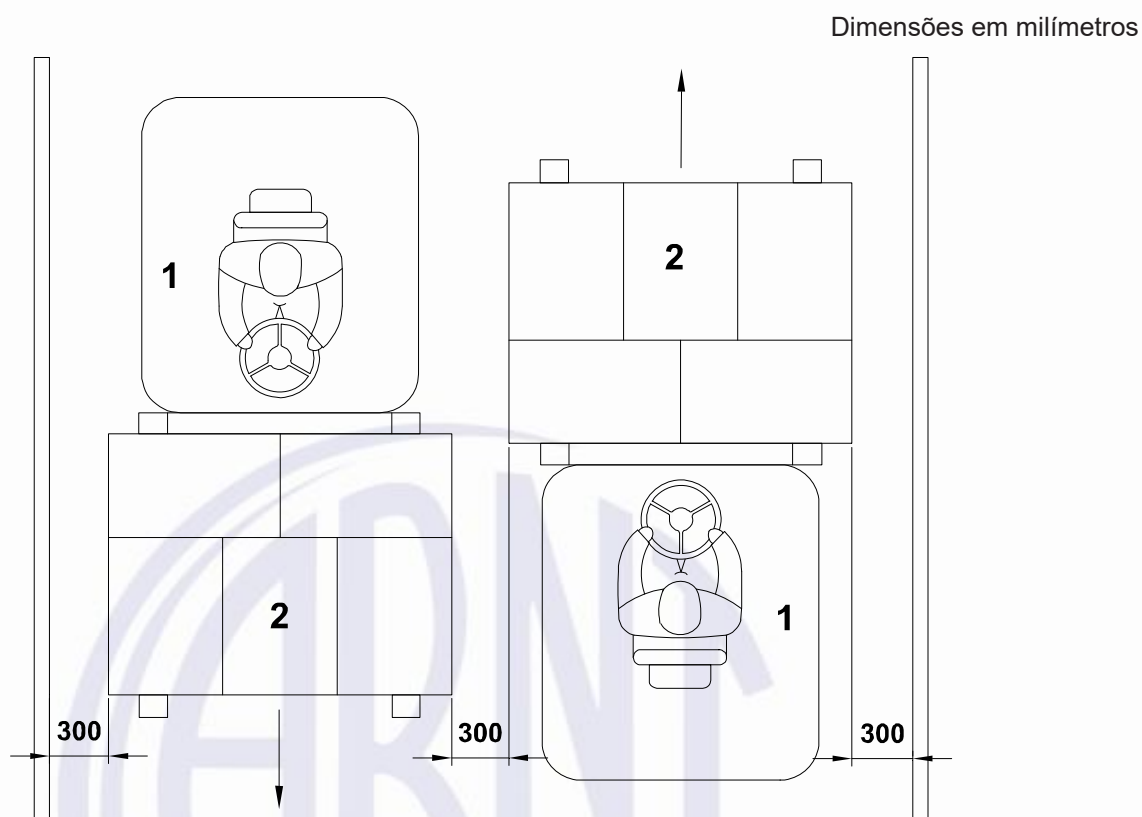
Dimensões em milímetros



Legenda

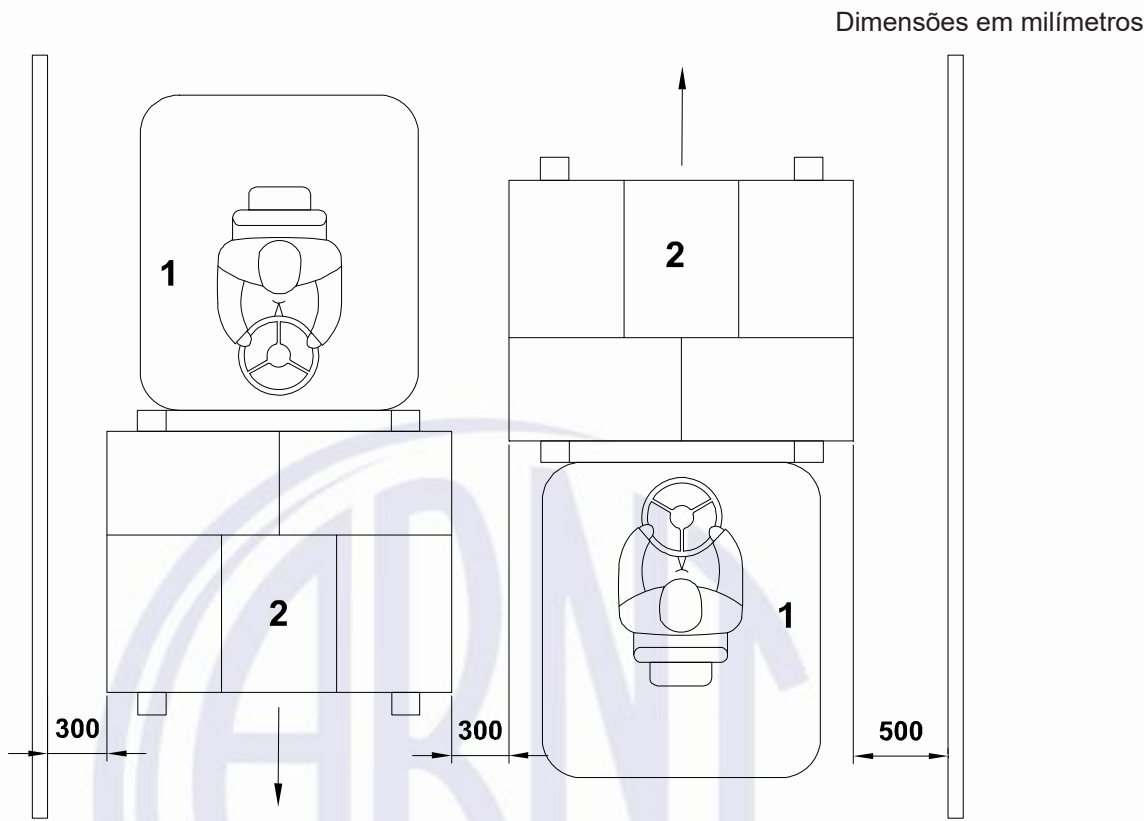
- 1 veículo motorizado
- 2 unidade de carga

Figura 14 – Folgas do corredor principal para um sistema unidirecional de empilhadeira sem tráfego de pedestres

**Legenda**

- 1 veículo motorizado
- 2 unidade de carga

**Figura 15 – Folgas do corredor principal para um sistema bidirecional de empilhadeira sem tráfego de pedestres**



**Legenda**

- 1 veículo motorizado
- 2 unidade de carga

**Figura 16 – Folgas do corredor principal para um sistema bidirecional de empilhadeira com tráfego de pedestres**

**6 Tolerâncias para porta-paletes classe 300 – Corredor muito estreito**

**6.1 Tolerâncias de piso**

**6.1.1 Definição de  $E$ ,  $Z$  e  $Z_{\text{Inclinação}}$**

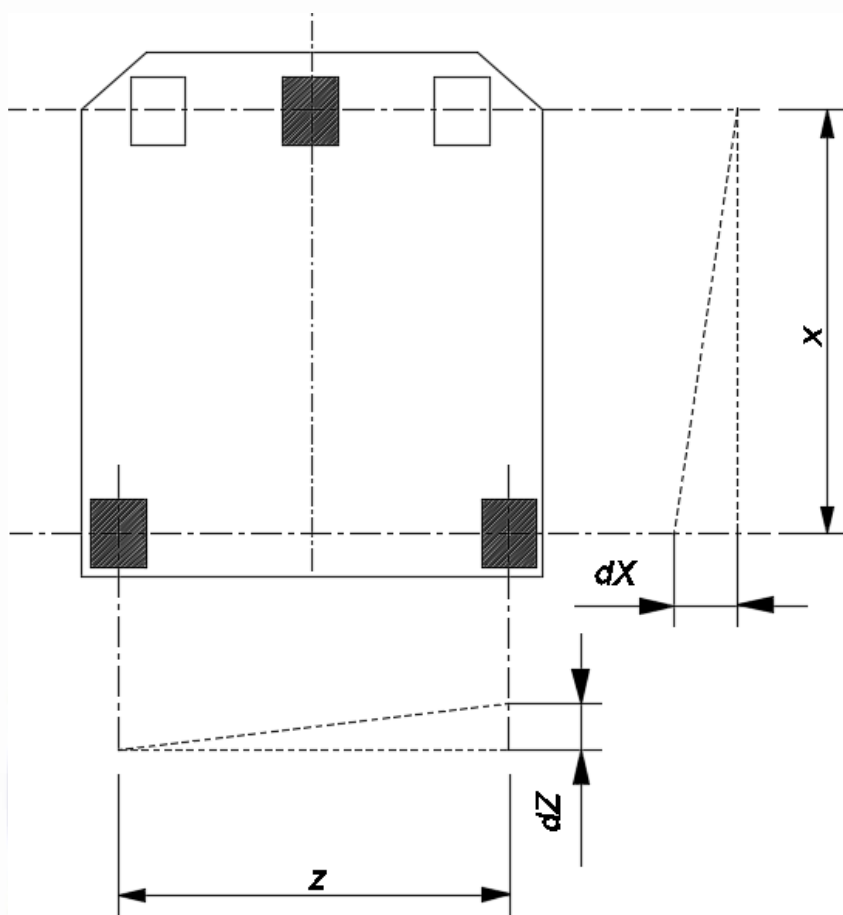
$E$  é a diferença de cota vertical entre pontos fixos adjacentes distantes em 3 m, e  $Z$  é a distância entre os centros das rodas dianteiras da empilhadeira, expressa em milímetros.  $Z_{\text{Inclinação}}$  é a inclinação do corredor na direção transversal, medida entre os centros de rodas dianteiras das empilhadeiras, expressa em milímetros por metro, devido às tolerâncias e deformações.

**6.1.2 Definição  $dZ$  e  $dX$**

O valor de  $dZ$  é a diferença de cota vertical entre o centro das rodas dianteiras da empilhadeira.

O valor de  $dX$  é a diferença de cota vertical entre o centro do eixo dianteiro e o centro do eixo traseiro. O espaçamento entre eixos é considerado como sendo uma dimensão teórica de 2 m.

Os valores de  $dZ$  e  $dX$  devem ser determinados conforme a Figura 17.



#### Legenda

- $Z$  distância entre os centros das rodas dianteiras da empilhadeira (mm)  
 $X$  distância entre os eixos ou 2 000 mm

**Figura 17 – Determinação de  $dZ$  e  $dX$**

O intervalo de medição entre as leituras deve ser menor ou igual a 300 mm, com leituras adicionais a cada 50 mm de cada lado no ponto de tangência da roda com o piso.

#### 6.1.3 Definição de $d^2Z$ e $d^2X$

O valor de  $d^2Z$  é a mudança em  $dZ$  ao longo de um avanço de 300 mm na trajetória das rodas.

O valor de  $d^2X$  é a mudança em  $dX$  ao longo de um avanço de 300 mm na trajetória das rodas.

Os valores  $d^2Z$  e  $d^2X$  devem ser determinados conforme as Figuras 18 e 19.

Dimensões em milímetros

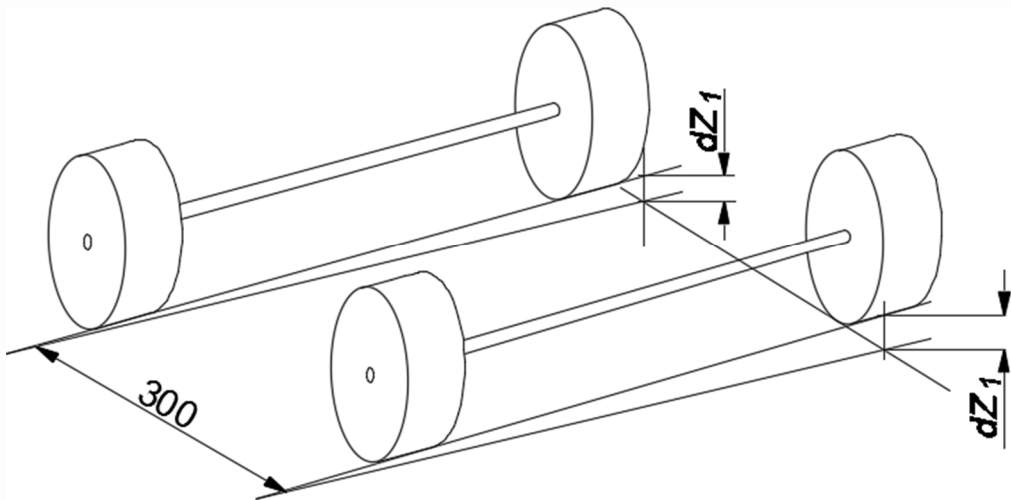


Figura 18 – Determinação de  $d_2Z = dZ_2 - dZ_1$

Dimensões em milímetros

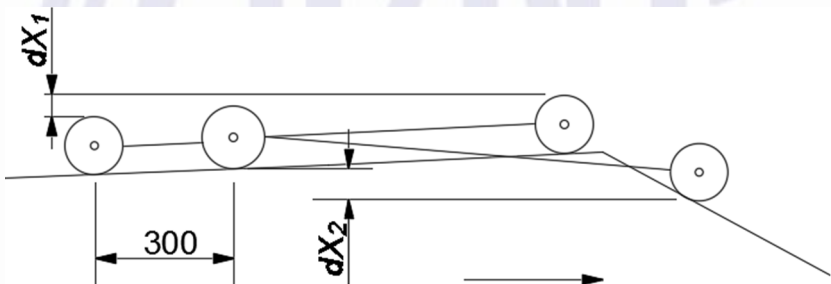


Figura 19 – Determinação de  $d^2X = dX_2 - dX_1$

6.1.4 Valores-limite das propriedades do piso

Para os porta-paletes da classe 300B, as tolerâncias totais do piso devem ser consideradas com base em um projeto específico.

Para os porta-paletes classe 300A, os valores das propriedades do piso não podem exceder os valores indicados nas Tabelas 5 e 6. Os valores da Tabela 6 são baseados em uma empilhadeira com uma distância entre os eixos de 2 000 mm; para outras dimensões, o projetista pode ajustar os valores por extrapolação linear. Os valores indicados na Tabela 6 ou os valores obtidos por extrapolação não podem ser excedidos.

Na Tabela 6, diferentes classificações de piso podem ser utilizadas para limitar os valores especificados nas direções paralela e transversal ao corredor.

NOTA Os valores indicados na Tabela 6 referem-se às folgas de segurança entre a empilhadeira e o porta-paletes e à qualidade do piso na trajetória da empilhadeira, com pouca influência nas folgas de segurança entre a empilhadeira e o porta-paletes.

Tabela 5 – Classificação e valores-limite de  $Z_{\text{Inclinação}}$  e  $E_{\text{Sd}}$ 

Classificação	Nível da longarina superior m	$Z_{\text{Inclinação}}$ mm / m	$E_{\text{Sd}}$ mm
DM 1	Mais de 13	1, 3	3, 25
DM 2	8 a 13	2, 0	3, 25
DM 3	Até 8	2, 5	3, 25

Tabela 6 – Valores-limite de  $dZ$ ,  $d^2Z$ ,  $dX$  e  $d^2X$ 

Classificação	$dZ$	$d^2Z$	$dX$	$d^2X$
Cálculo	$Z \times Z_{\text{Inclinação}}$	$dZ \times 0,75$	$2 \times 1,1 \times Z_{\text{Inclinação}}$	Valores fixos
DM 1	$Z \times 1,3$	$Z \times 1,0$	2,9	1,5
DM 2	$Z \times 2,0$	$Z \times 1,5$	4,4	2,0
DM 3	$Z \times 2,5$	$Z \times 1,9$	5,5	2,5
A tolerância de nível do piso deve ser de no máximo $\pm 15$ mm em relação ao ponto de referência.				

## 6.2 Tolerâncias de montagem

### 6.2.1 Geral

As tolerâncias máximas permitidas após a montagem, com os porta-paletes na condição descarregada, devem ser as indicadas nas Tabelas 7 e 8 e na Figura 20.

As tolerâncias de montagem, deformações e folgas também devem ser aplicadas se o porta-paletes for desmontado e remontado.



Tabela 7 – Tolerâncias de medidas horizontais

Limites de tolerância para o plano horizontal X Z mm		
Símbolo da dimensão	Descrição da tolerância	Tolerâncias de montagem para o porta-paletes classe 300
$\delta A$	Variação da dimensão nominal da largura de entrada entre duas colunas em qualquer nível de longarina.	$\pm 3$
$\delta A_t(n)$	Variação da dimensão nominal do comprimento total da linha de porta-paletes, acumulativa com o número de módulos $n$ , medida próximo da placa de base.	$\pm 3n$
B	Desalinhamento dos montantes ao longo de um corredor, acumulativo com o número de módulos $n$ , medido próximo ao nível do piso. Para a classe 300A, isso se aplica apenas às colunas do corredor. Para a classe 300B, isso se aplica às colunas do corredor e traseiras.	O maior dos valores abaixo: $\pm 10^a$ ou Para a classe 300A: $\pm 1,0n$ Para a classe 300B: $\pm 0,5n$
$\delta B_0$	Variação da distância nominal da face frontal do porta-paletes nas estações C&D, em relação ao ponto de referência no eixo Z do sistema, medida próximo da placa de base.	$\pm 10$
$C_x$	Desaprumo de cada montante na direção X.	$\pm H/500$
$C_z$	Desaprumo de cada montante na direção Z.	Sem curso fixo $\pm H/500^a$ Com curso fixo $\pm H/750^{a,b}$
$\delta D$	Variação da dimensão nominal da profundidade do porta-paletes (simples ou dupla entrada).	Simples entrada $\pm 3^a$ Dupla entrada $\pm 6$
$\delta E$	Variação da dimensão nominal da largura do corredor próximo ao nível do piso.	$\pm 5$
$\delta E_1$	Variação da dimensão nominal da distância entre os trilhos-guia.	+ 5 ou 0
$\delta E_2$	Variação das colunas em um lado do trilho-guia.	$\pm 5$
$\delta F$	Variação nominal do alinhamento de um corredor, medida próximo do nível do piso em relação ao eixo $x$ de referência especificado pelo fornecedor da empilhadeira.	$\pm 10$
$F_1$	Variação do alinhamento entre colunas adjacentes, medida próximo do nível do piso na direção Z.	$\pm 5$
$G_z$	Curvatura da longarina na direção Z.	$\pm A/400$
$J_x$	Curvatura da coluna na direção $x$ entre as longarinas espaçadas por HB.	$\pm 3^a$ ou $\pm HB/750$
$J_z$	Curvatura inicial do montante na direção Z.	$\pm H/500$
$T_w$	Torção da longarina no meio do vão.	$1^\circ/m$
<sup>a</sup> Na montagem de porta-paletes classe 300, aplica-se a maior tolerância.		
<sup>b</sup> $H/500$ também é um valor aceitável quando o balanço do palete sobressai da longarina frontal em 75 mm ou mais e os blocos ou travessas do palete estão apoiados sobre a longarina.		

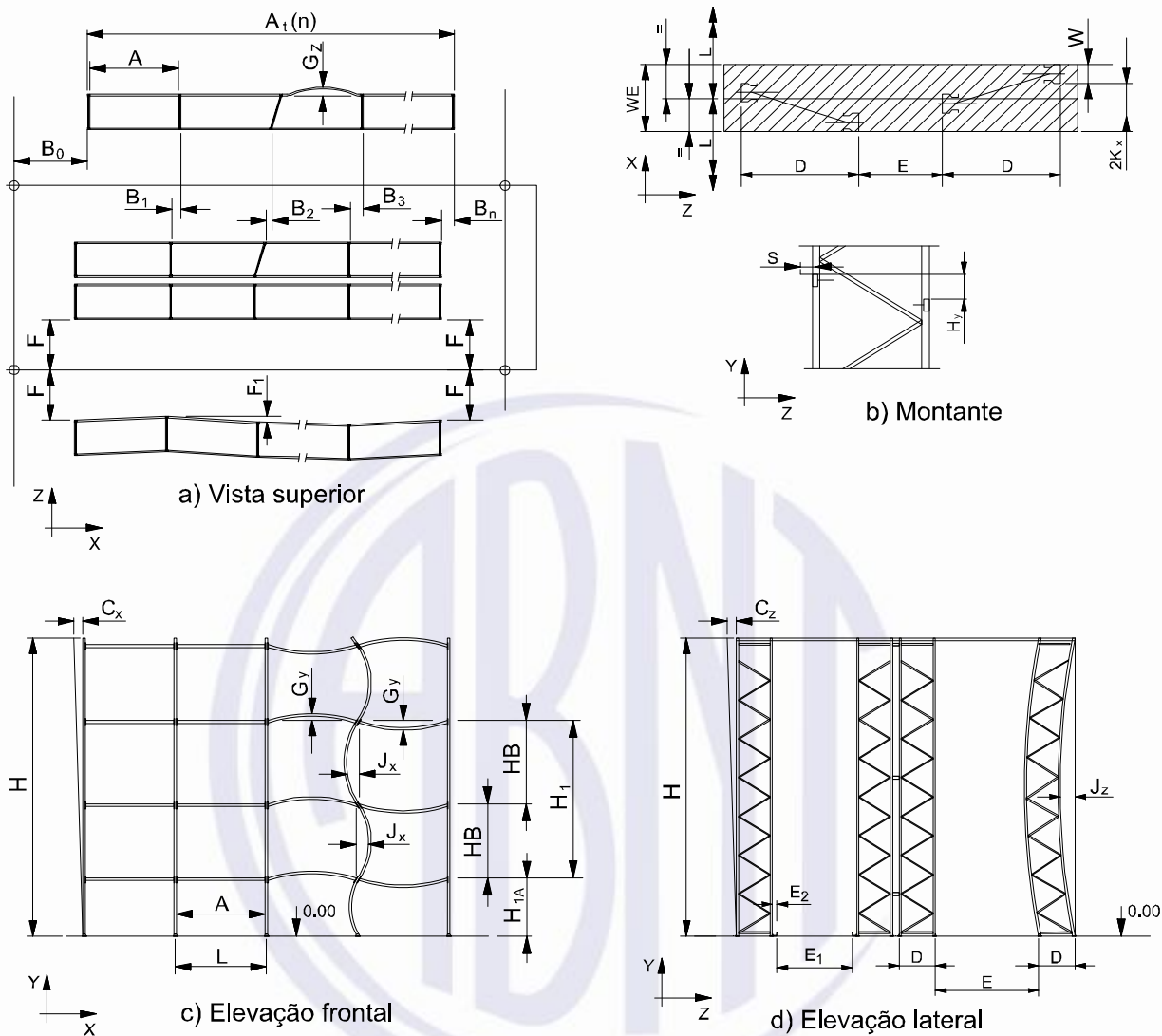
Exemplar para uso exclusivo - Código Identificador #553498@552140# RNP:2612398694 (Pedido 894836 Impresso: 17/03/2024)

Tabela 8 – Tolerâncias de medidas verticais

Limites de tolerância na direção vertical Y mm		
Símbolo da dimensão	Descrição da tolerância	Tolerâncias de instalação para os porta-paletes classes 300A e 300B
$G_y$	Curvatura da longarina na direção Y.	$\pm 3$ ou $\pm A/500^a$
$\delta H_1$	Variação de nível da face superior de qualquer nível de longarina H1 até o nível da face superior da longarina inferior.	300A: $\pm 5$ ou $\pm H_1/500^a$ 300B: $\pm 3$ ou $\pm H_1/1\,000^a$
$\delta H_{1A}$	Variação do nível da face superior da primeira longarina em relação ao nível do piso em cada coluna.	$\pm 7$
$\delta H_3$	Tolerância de altura do trilho-guia superior, se este for fornecido.	Se o trilho-guia superior for fornecido, o limite de tolerância será determinado pelo fornecedor ou pelo fabricante de empilhadeiras.
$H_y$	Variação do nível entre as longarinas frontal e traseira em um mesmo plano de carga.	$\pm 10$
<sup>a</sup> Na montagem de porta-paletes classe 300, aplica-se a maior tolerância.		

**NOTA** Uma medição pode ser usada para verificar as tolerâncias de montagem antes que o porta-paletes seja carregado. As tolerâncias estabelecidas nesta Norma não são aplicáveis após o carregamento da estrutura. As medições são realizadas conforme acordado entre as partes interessadas (ver Anexo C).

As folgas específicas dadas nesta Norma são valores mínimos. O especificador deve determinar as folgas gerais do sistema, usando as folgas e tolerâncias conforme indicado nesta Norma. Se folgas maiores forem necessárias, elas devem ser especificadas pelo fornecedor da empilhadeira ou pelo especificador (ver Anexo F).



Legenda

- A medida livre entre duas colunas
- $B_0$  distância entre um ponto de referência no eixo Z e o início da linha de porta-paletes
- $B_1B_2$  desalinhamento das colunas ao longo do corredor nos módulos 1 e 2, respectivamente
- $C_zC_x$  desaprumo das colunas nas direções Z e X, respectivamente
- D profundidade do montante do porta-paletes
- E largura do corredor
- $E_1$  distância entre os trilhos-guia
- $E_2$  distância entre os trilhos-guia e a coluna
- F distância entre o eixo de referência x e a face frontal da coluna
- $F_1$  variação no alinhamento entre colunas adjacentes, medida próximo ao nível do piso na direção Z
- $G_z, G_y$  curvatura das longarinas nas direções Z e Y, respectivamente
- H altura da placa de base ao topo da coluna
- HB altura da face superior da longarina até a face superior da longarina imediatamente acima
- $H_y$  variação do nível de carga entre as longarinas dianteira e traseira em um mesmo compartimento

$H_{1A}$	altura do topo da placa de base até a face superior da primeira longarina
$H_1$	altura entre a face superior da primeira longarina até a face superior de qualquer outro nível de longarina acima
$J_x$	curvatura da coluna na direção X entre os níveis de longarina adjacentes
$J_z$	curvatura inicial de uma coluna na direção Z
L	distância entre os eixos de colunas

**Figura 20 – Tolerâncias horizontais e verticais**

### 6.2.2 Faixa de tolerância de alinhamento dos montantes na direção X

A faixa de tolerância de alinhamento para os montantes frontalmente opostos, resultante do deslocamento das placas de base, do desaprumo e da curvatura inicial das colunas, não pode exceder WE.

Esta tolerância é aplicável somente à classe 300B e é calculada pela seguinte equação:

$$WE = W + 2CX + B_{Max} + 2J_x \quad (1)$$

onde

$WE$  é a faixa de tolerância de alinhamento para os montantes frontalmente opostos, resultante do deslocamento das placas de base, do desaprumo e da curvatura inicial das colunas;

$W$  é a largura da coluna;

$C_x$  é o desaprumo da coluna, conforme a Tabela 7;

$B_{Max}$  é igual a 10 mm ou 0,5  $n$ , conforme a Tabela 7;

$J_x$  é a curvatura da coluna entre os níveis de longarina, conforme a Tabela 7.

**NOTA** Essa tolerância auxilia o operador ao nível do piso a posicionar visualmente os paletes, usando como referência o posicionamento dos paletes opostos.

## 6.3 Tolerâncias de deformação

### 6.3.1 Deformações do piso

As deformações relativas ao piso devem ser incluídas na fase de planejamento, e as informações devem ser dadas pelo especificador ou pelo cliente ao fornecedor do porta-paletes, para avaliação das tensões adicionais na estrutura. Os limites indicados em 6.1 incluem a deformação do piso.

A deformação do piso deve ser considerada em um projeto específico, para permitir que o efeito da deformação no funcionamento da empilhadeira possa ser avaliado e acordado entre as partes interessadas.

### 6.3.2 Tolerância de deformação das longarinas na direção Y

Os valores-limite de deformação das longarinas devem ser acordados com o especificador em cada projeto, levando em consideração os requisitos específicos da instalação.

Na ausência de requisitos específicos, os valores-limite de deformação indicados na Tabela 9 devem ser utilizados no posicionamento das extremidades do garfo.

Quando os vãos de longarinas são efetivamente contínuos ao longo de dois ou três módulos, as deformações positivas e negativas das longarinas devem ser levadas em consideração (ver Anexo D).

Tabela 9 – Deformação máxima das longarinas sob carga

Tipo de longarina	Classe 300A mm		Classe 300B mm	
	c <sup>c</sup>	d <sup>b</sup>	c <sup>c</sup>	d <sup>b</sup>
Longarina normal	L/200 <sup>a</sup>	L/200 <sup>a</sup>	L/200 <sup>a</sup> máx. de 10 mm para os níveis de longarina acima de 6 m	L/200 <sup>a</sup>
Longarina em balanço	L/100 <sup>a</sup> máx. de 15 mm		L/100 <sup>a</sup> máx. de 15 mm máx. de 10 mm para os níveis de longarina acima de 6 m	
<sup>a</sup> L é o vão da longarina (de eixo a eixo de coluna) <sup>b</sup> deformação positiva <sup>c</sup> deformação negativa				

6.3.3 Deformações do montante

Os valores-limite de deformação devem ser acordados com o especificador em cada projeto, levando em consideração os requisitos específicos da instalação.

Na ausência de requisitos específicos, devem ser utilizados os seguintes valores-limite de deflexão:

- a) o deslocamento dos montantes nas direções X ou Z, devido às cargas aplicadas, não pode exceder 1/200 da altura do porta-paletes, medido desde as colunas do porta-paletes descarregado e após o término da montagem;
- b) o deslocamento do eixo Y em qualquer nível de longarina depende do acúmulo de tensão de compressão nos segmentos verticais da coluna entre os níveis de longarina abaixo do nível considerado, e deve ser levado em consideração pelo especificador ou fornecedor da empilhadeira ao considerar o sistema de seleção de altura.

Os valores-limite devem ser fornecidos pelo fornecedor do porta-paletes.

6.3.4 Deformação do trilho-guia

A deformação do trilho-guia inferior é influenciada pelo tipo de empilhadeira para corredor muito estreito. As seções transversais dos trilhos e os requisitos de tamanho e fixação devem ser especificados pelo fornecedor da empilhadeira.

6.4 Folgas para unidades de carga e empilhadeiras

6.4.1 Folgas relativas à colocação da unidade de carga

As folgas devem ser consideradas e relacionadas às dimensões máximas da unidade de carga que devem ser especificadas pelo fornecedor ou utilizador. Se não houver valor específico no projeto,

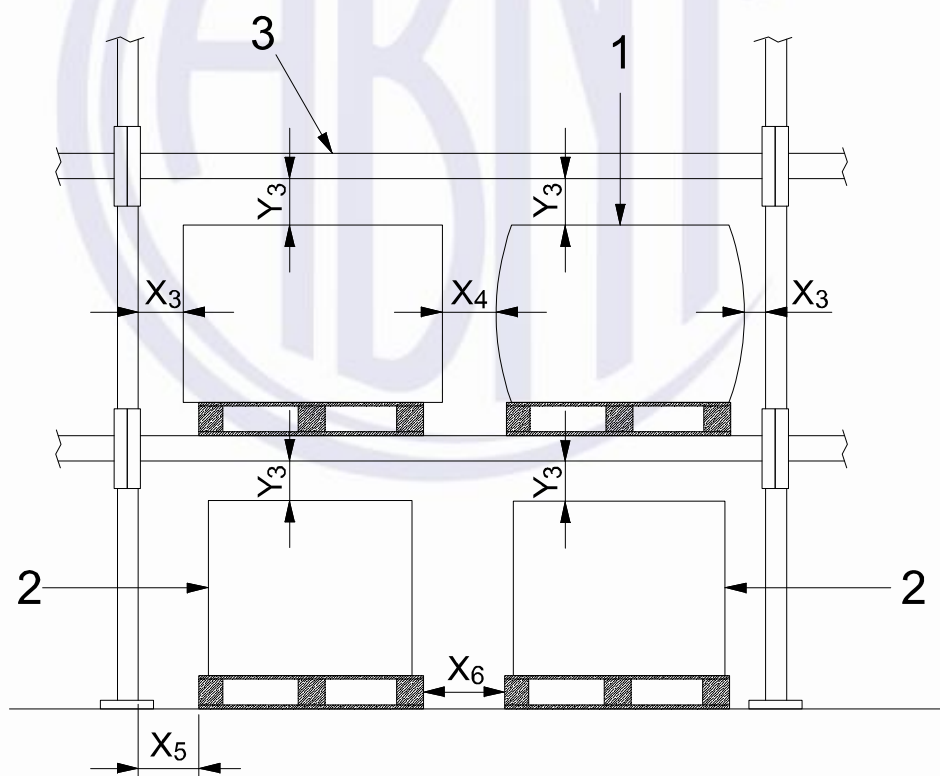
deve-se atender aos requisitos a seguir e o especificador deve assegurar que os valores sejam aceitáveis de acordo com os requisitos gerais do sistema:

- a deformação da empilhadeira para corredor muito estreito aumenta à medida que a altura da carga e o alcance aumentam. Desgastes nos mecanismos da empilhadeira, pneus etc. afetam essas deformações em todas as direções X, Y e Z;
- a verticalidade da empilhadeira nas direções X e Z varia à medida que ela se desloca ao longo do corredor, devido a pequenas variações no nível do piso. A tolerância de verticalidade é mais restritiva quanto maior a altura das instalações com corredor muito estreito.

#### 6.4.2 Folgas horizontais e verticais no módulo

As folgas horizontais e verticais mínimas no compartimento devem ser conforme a Figura 21 e a Tabela 10. Deve ser mantido um espaçamento na direção X de pelo menos 75 mm entre as unidades de carga adjacentes ou entre as unidades de carga e coluna.

Quando a movimentação das unidades de carga for relativamente elevada, ou quando outras circunstâncias indicarem, estas folgas mínimas devem ser aumentadas.



#### Legenda

- 1 pallet com carga saliente
- 2 pallet sem carga saliente
- 3 longarina sem deformação

**Figura 21 – Folgas horizontais e verticais**



Tabela 10 – Folgas horizontais e verticais

Y <sub>h</sub> altura do piso até a longarina mm	Porta-paletes Classe 300A mm		Porta-paletes Classe 300B mm	
	X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub> X <sub>6</sub>	Y <sub>3</sub>	X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub> X <sub>6</sub>	Y <sub>3</sub>
3 000	75	75	75	75
6 000	75	75	75	100
9 000	75	75	75	125
12 000	75	75	100	150
15 000	75	75	100	175
Acima de 15 000	75	75	Não se aplica	Não se aplica
NOTA Para outros valores de Y <sub>h</sub> , as folgas podem ser obtidas por interpolação linear.				

A folga Y<sub>3</sub> até o primeiro nível da longarina deve ser aumentada de acordo com a altura do trilho-guia, se a empilhadeira tiver que colocar a unidade de carga inferior no piso sobre um trilho-guia.

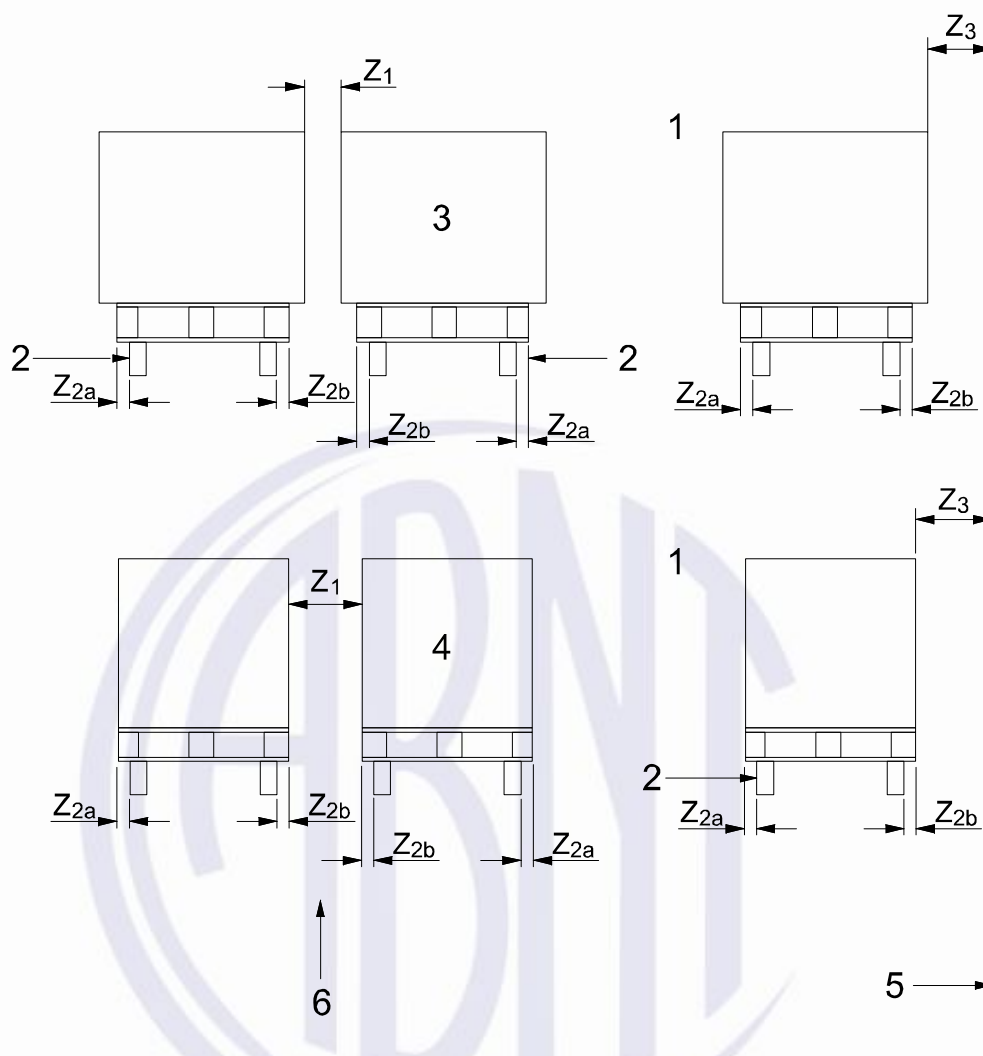
6.4.3 Folgas horizontais na profundidade

6.4.3.1 Requisitos

A armazenagem de mercadorias em estruturas porta-paletes não caracteriza empilhamento e não está sujeita aos afastamentos e distâncias mínimas mencionados na legislação vigente (ver Bibliografia [18]).

As folgas horizontais na profundidade são indicadas na Figura 22.





### Legenda

1	corredor
2	longarina
3	palete com carga saliente
4	palete com carga não saliente
5	batente de segurança traseiro, contraventamento de fundo ou parede atrás da unidade de carga
6	sem obstruções atrás da unidade de carga
$Z_1$	folga entre os paletes ou cargas
$Z_{2a}$ $Z_{2b}$	balanço do palete sobre as longarinas dianteira e traseira respectivamente
$Z_3$	folga entre o palete ou a carga e o batente traseiro da segurança, contraventamento de fundo ou parede atrás da unidade de carga

**Figura 22 – Folgas horizontais na profundidade**

A folga horizontal na profundidade (direção Z) está relacionada com:

- o máximo balanço da unidade de carga na parte de trás do porta-paletes;
- tolerância de colocação da unidade de carga na direção Z ( $Z_2$ ).

No caso de porta-paletes de dupla entrada, a folga  $Z_1$  entre unidades de carga deve ser maior ou igual a  $2Z_2$ , porém, no mínimo 100 mm. Quando há um batente de segurança atrás da unidade de carga e o posicionamento em Z é manual, a medida  $Z_3$  deve ser maior ou igual a  $Z_2$  mas, no mínimo, 50 mm; para um curso constante,  $Z_3$  deve ser definido pelo fornecedor da empilhadeira.

#### 6.4.3.2 Situação simétrica com posicionamento manual em Z

As condições para situação simétrica, com posicionamento manual da unidade de carga em Z, são as seguintes:

- a) unidade de carga apoiada sobre um par de longarinas (dianteira e traseira) no porta-paletes;
- b) balanço do palete igual nas longarinas dianteira e traseira com o balanço  $Z_2$  igual a, no mínimo,  $50 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ .

Se a distância entre a face da coluna e a face da longarina for menor do que 5 mm, então o balanço do palete pode ser considerado com relação à face da coluna.

No caso de porta-paletes de dupla entrada, a folga nominal  $Z_1$  entre duas unidades de carga deve ser maior ou igual a 100 mm ( $2Z_2$ ).

#### 6.4.3.3 Situação simétrica com posicionamento automático em Z (curso fixo)

As condições para situação simétrica, com posicionamento automático em Z da unidade de carga são as seguintes:

- a) unidade de carga apoiada nas longarinas dianteira e traseira no porta-paletes;
- b) balanço do palete igual nas longarinas dianteira e traseira com o balanço  $Z_2$  entre 50 e  $100 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$  – (ver Nota em 6.4.3.3).

A tolerância de colocação na direção Z em relação à posição nominal deve ser de 25 mm, a menos que definido de outra forma pelo especificador ou fornecedor de empilhadeira, mas não pode ser superior a 75 mm.

No caso de porta-paletes de dupla entrada, a folga nominal  $Z_1$  entre duas unidades de carga deve ser maior ou igual a duas vezes a tolerância de colocação na direção Z conforme definido pelo especificador ou fornecedor de empilhadeira, mas de pelo menos 100 mm.

A fim de respeitar a exigência de que a unidade de carga seja adequadamente apoiada sobre um par de longarinas, o especificador ou fornecedor deve assegurar que o seguinte critério seja alcançado.

A soma da tolerância de colocação na direção transversal ao corredor com o desaprumo da coluna deve ser menor ou igual a  $Z_2$ .

NOTA A dimensão  $Z_2 = 100 \text{ mm}$  para o balanço do palete pode ser preferencial para o posicionamento automático na direção Z, para garantir que as travessas e os blocos dos paletes estejam apoiados sobre as longarinas.

#### 6.4.3.4 Situação não simétrica e/ou $Z_2 \neq 50 \text{ mm}$

Nas situações não simétricas, o balanço da unidade de carga nas longarinas dianteira e traseira deve ser especificada pelo especificador ou fornecedor de empilhadeira.

A tolerância de colocação na direção Z em relação à posição nominal deve ser especificada pelo especificador ou fornecedor de empilhadeira.

No caso de porta-paletes de dupla entrada, a folga nominal  $Z_1$  entre duas unidades de carga deve ser maior ou igual a duas vezes a tolerância de colocação na direção Z conforme definido pelo especificador ou fornecedor de empilhadeira, mas de pelo menos 100 mm.

A fim de atender o requisito de que a unidade de carga seja adequadamente suportada por um par de longarinas, o especificador ou fornecedor da empilhadeira deve assegurar que a soma da tolerância de colocação na direção transversal ao corredor com o desaprumo da coluna seja menor ou igual a  $Z_2$ .

O Anexo E possui informações adicionais.

## 6.5 Dimensões de largura do corredor

A folga mínima do corredor deve ser especificada pelo especificador ou fornecedor de empilhadeira incorporando os fatores aplicáveis (ver Anexo F).

## 6.6 Estação de coleta e depósito (longarinas de espera)

O projeto das estações C&D específicos para empilhadeira para corredor muito estreito e os procedimentos operacionais devem estar de acordo com os limites de tolerância de posição da unidade de carga nas direções X e Z, usados na determinação do espaço mínimo e folgas do compartimento.

As tolerâncias, deformações, folgas e o método de utilização da estação C&D devem ser de responsabilidade do especificador, utilizador ou fornecedor da empilhadeira para corredor muito estreito.

O operador de empilhadeira para corredores muito estreitos deve ser treinado e instruído a posicionar a unidade de carga na posição correta nas estações C&D e, portanto, não é necessário que a estação de C&D atue como auxiliar de posicionamento.

## 7 Transelevadores classes 100 e 200

### 7.1 Tolerâncias de piso

#### 7.1.1 Interdependência do porta-paletes e transelevador com a variação de nível do piso do armazém

Os porta-paletes devem ser nivelados por um plano de referência (horizontal ou inclinado).

#### 7.1.2 Nível de piso para transelevador

Com o piso descarregado, o nivelamento deve estar de acordo com os seguintes valores, em relação a um nível dado no plano horizontal:

- a) comprimento do corredor até 150 m:  $\pm 15$  mm;
- b) comprimento do corredor de 250 m:  $\pm 20$  mm.

A interpolação linear pode ser usada para comprimentos de corredor entre 150 m e 250 m.

### 7.2 Tolerâncias de montagem

#### 7.2.1 Generalidades

As tolerâncias máximas permitidas após a montagem, com os porta-paletes na condição descarregada, devem ser as indicadas nas Tabelas 11, Tabela 12 e Figura 23.

NOTA 1 As tolerâncias de montagem, deformações e folgas também são aplicáveis se o porta-paletes for desmontado e remontado em outro local.

Um levantamento de medição pode ser feito para medir as tolerâncias de instalação e folgas antes do porta-paletes ser carregado. As tolerâncias estabelecidas nesta Norma não podem ser aplicadas após o carregamento do porta-paletes.

NOTA 2 Os levantamentos de medição podem ser feitos quando requeridos conforme acordo entre as partes interessadas (ver Anexo C).

Tabela 11 – Tolerâncias medidas horizontalmente (continua)

Limites de tolerância horizontais para o plano X Z			
mm			
Símbolo da dimensão	Descrição da tolerância	Tolerâncias de montagem por classe de porta-paletes	
		Classe 200	Classe 100
$\delta A$	Variação da dimensão nominal da folga na largura de entrada entre duas colunas em qualquer nível de longarina.	$\pm 3$	$\pm 3$
$\delta A_t$	Variação da dimensão nominal do comprimento total da linha de porta- paletes, acumulativa com o número de módulos ‘n’ medida próximo da placa de base.	$A_t \leq 40\text{ m}$ $\pm 20$ $A_t \geq 40\text{ m}$ $\pm 5A_t / 10\,000$	$A_t \leq 40\text{ m}$ $\pm 20$ $A_t \geq 40\text{ m}$ $\pm 5A_t / 10\,000$
$B$	Desalinhamento das colunas opostas transversalmente ao corredor, acumulativo com o número de módulos “n” medido próximo do nível do piso.	Contido em $K_x$	Contido em $K_x$
$\delta B_0$	Variação da distância nominal da face frontal do porta-paletes nas estações C&D, em relação ao ponto de referência no eixo Z do sistema, medida próximo da placa de base.	$\pm 10$	$\pm 10$
$C_x$	Desaprumo de cada montante na direção X	Contido em $K_x$	Contido em $K_x$
$C_z$	Desaprumo de cada montante na direção Z	Contido em $K_z$	Contido em $K_z$
$\delta D$	Variação da dimensão nominal da profundidade do porta-paletes (módulos simples ou duplos)	Contido em $K_z$	Contido em $K_z$
$G_z$	Curvatura de uma longarina na direção Z	$\pm A/400$	$\pm A/400$
$J_x$	Curvatura de uma coluna na direção $\times$ entre longarinas espaçadas de uma altura h	Contido em $K_x$	Contido em $K_x$
$J_z$	Curvatura inicial de um montante na direção Z	Contido em $K_z$	Contido em $K_z$
$K_x$	Variação de colunas frontalmente opostas resultante do deslocamento das placas de base, desaprumo e curvatura inicial das colunas sobre a altura total.	$\pm 15$	$\pm 15$
$K_z$	Variação do alinhamento das colunas em uma linha de porta-paletes, resultado do deslocamento das placas de base, do desaprumo e da curvatura inicial das colunas sobre a altura total.	$\pm 15$	$\pm 15$

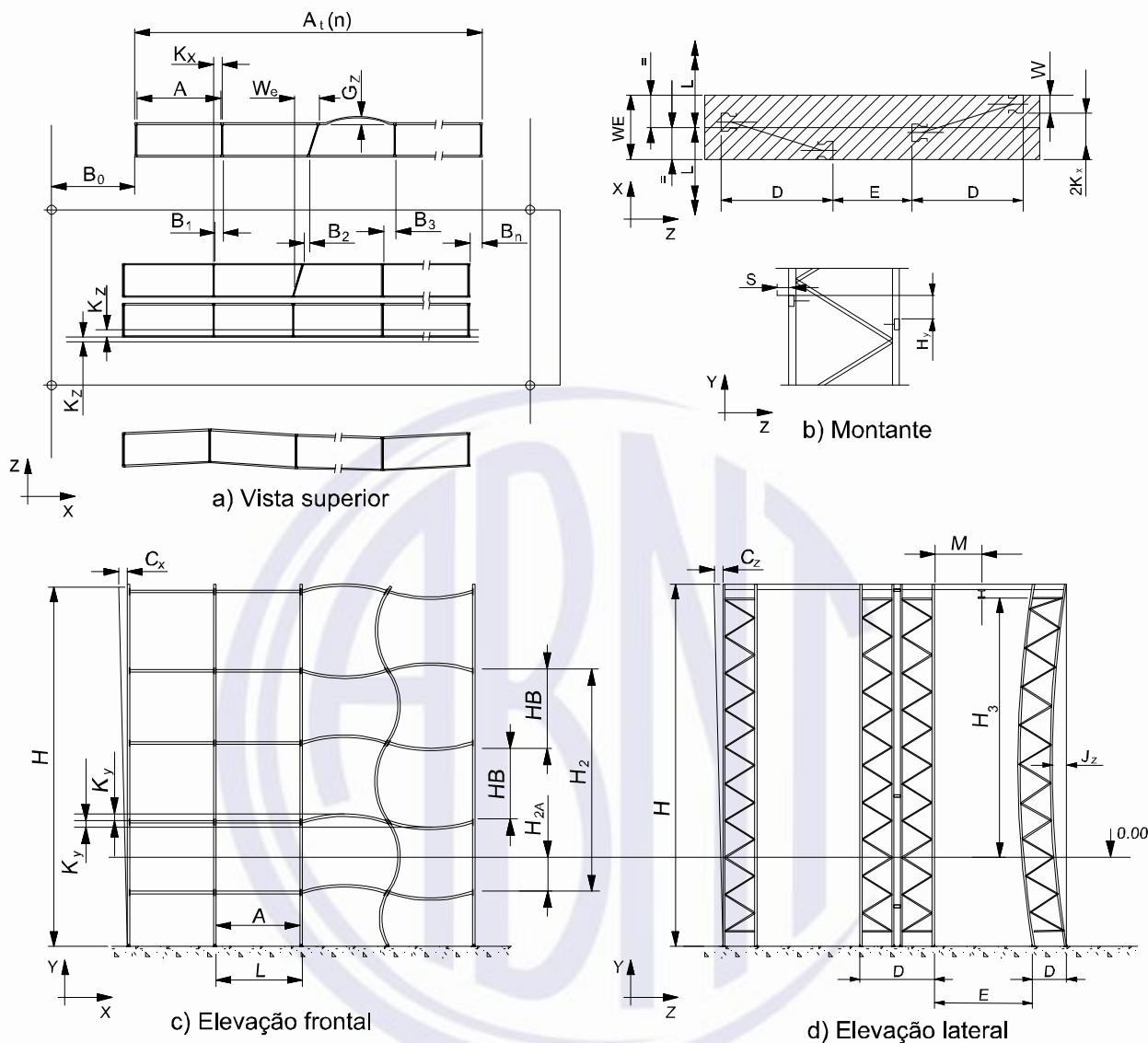
Tabela 11 (conclusão)

Símbolo da dimensão	Descrição da tolerância	Tolerâncias de montagem por classe de porta-paletes	
		Classe 200	Classe 100
$\delta M$	Variação nominal do trilho-guia superior em relação ao sistema de eixos $\times Y$ do corredor, em cada ponto de apoio do trilho, para cada comprimento de 50 m.	Ver 7.2.3.  As tolerâncias da seção do trilho-guia estão de acordo com padrões de fabricação.	Ver 7.2.3.  As tolerâncias da seção do trilho-guia estão de acordo com padrões de fabricação.
$\delta S$	Variação na posição do batente de segurança na parte traseira em relação à face traseira da coluna.	$\pm 5$	$\pm 5$
$T_w$	Torção da longarina no meio do vão.	$1^\circ/\text{m}$	$1^\circ/\text{m}$
<p>NOTA 1 Se os paletes ou as mercadorias paletizadas se projetarem além do montante, a(s) tolerância(s) <math>D</math> e/ou <math>JZ</math> são irrelevantes a menos que a leitura de profundidade feita pelo sistema de detecção por fotocélula seja comprometido.</p> <p>NOTA 2 É benéfico que todas as colunas de cada lado do corredor e o mastro do transelevador inclinem-se em uma mesma direção. Caso o mastro do transelevador se inclinar na direção contrária, então, a inclinação do mastro pode ser corrigida para maior precisão da tolerância.</p>			

Tabela 12 – Tolerâncias medidas verticalmente

Limites de tolerância vertical para direção Y mm			
Símbolo da dimensão	Descrição da tolerância	Tolerâncias de montagem por classe de porta-paletes	
		Classe 200	Classe 100
$\delta H_b$	Variação da dimensão nominal da distância entre dois níveis de longarinas adjacentes.	$\pm 3$	$\pm 3$
$\delta H_2$	Variação na altura entre o nível de longarina mais baixo e a mais alto.	0,5% da altura $H_2$	0,5% da altura $H_2$
$\delta H_{2A}$	Variação da parte superior do nível de longarina mais baixo em relação ao plano de referência do sistema	$\pm 5$	$\pm 5$
$\delta H_3$	Variação da distância nominal entre a borda inferior do trilho-guia superior e o plano horizontal X-Z do sistema de referência.	$+ 10 / - 5$	$+ 10 / - 5$
$K_y$	Tolerância de nível em cada nível individual de todas as longarinas situadas nesse nível em ambos os lados de um mesmo corredor e em todos os corredores servidos pelo mesmo transelevador.	$\pm 10$	$\pm 5$
$H_y$	Variação do nível entre a superfície superior da longarina traseira e a superfície superior da longarina frontal.	$+ 2 / - 4$	$+ 2 / - 4$
<p>NOTA <math>H_2</math> refere-se a cada nível de longarina que pode ser acessado pelo mesmo transelevador. Quando um transelevador não pode ser transferido de um corredor para outro, então a tolerância se aplica a todos os níveis de longarina em um mesmo corredor.</p>			





**Legenda**

- $A$  entrada livre entre dois montantes
- $A_t(n)$  comprimento total do porta-paletes
- $B_1, B_2$  desalinhamento de montantes através de um corredor nos módulos 1 e 2 respectivamente
- $C_z, C_x$  fora de prumo da coluna nas direções  $Z$  e  $x$  respectivamente
- $D$  profundidade do montante do porta-paletes (simples ou dupla entrada)
- $E$  largura do corredor
- $H$  altura da parte superior da placa de base ao topo da coluna
- $HB$  altura da superfície superior da longarina à superfície superior da longarina acima
- $H_y$  variação dos níveis entre as longarinas dianteira e traseira em um mesmo plano de carga
- $H_{2A}$  altura do ponto de referência no eixo  $x$  em relação à superfície superior da longarina inferior
- $H_2$  altura da superfície superior longarina inferior à superfície superior da longarina superior
- $H_3$  altura do ponto de referência no eixo  $x$  à face inferior do trilho-guia superior

**Figura 23 – Pontos de referência e tolerâncias dimensionais do porta-paleta (continua)**

Exemplar para uso exclusivo - Código Identificador #553498@552140# RNP:2612398694 (Pedido 894836 Impresso: 17/03/2024)

$J_z$	curvatura inicial do montante na direção z
$K_x$	desalinhamento entre montantes opostos
$K_y$	tolerância de nível em cada longarina de um mesmo plano de carga em relação ao nível em ambos os lados de um corredor individual e em todos os corredores servidos pelo mesmo transelevador
$K_z$	desalinhamento de montantes em uma linha de porta-paletes
$L$	distância entre eixos de colunas
$M$	distância da face frontal da coluna ao centro do trilho-guia superior
$S$	distância do batente traseiro da segurança à face posterior da coluna

**Figura 23** (conclusão)**7.2.2 Faixa de tolerância de posição dos montantes na direção X**

A faixa de tolerância de montantes frontalmente opostos, resultante do deslocamento das placas de base, do fora de prumo e curvatura inicial das colunas não pode exceder  $WE$ .

$$WE = W + 2K_x$$

onde

$WE$  é a faixa de tolerância de posição dos montantes frontalmente opostos resultante do desalinhamento das placas de base, do desaprumo e da curvatura inicial das colunas;

$W$  é a largura da coluna;

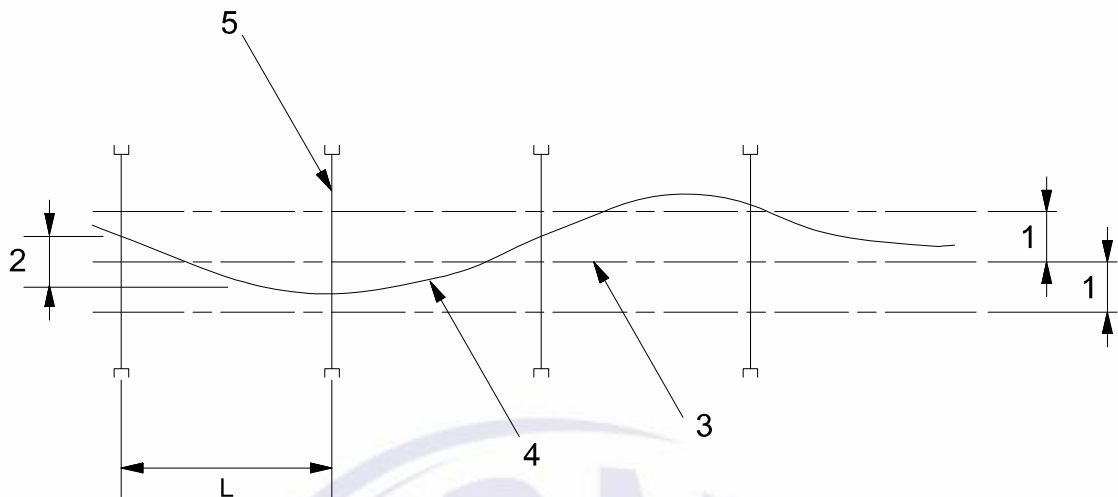
$K_x$  é a variação entre montantes frontalmente opostos conforme a Tabela 11.

**7.2.3 Tolerâncias de fabricação e montagem do trilho-guia superior**

Os requisitos de tolerância de fabricação e tolerâncias de montagem do trilho-guia superior na condição descarregado, conforme a Figura 24, devem ser os seguintes:

- entre dois pontos adjacentes de fixação na viga superior, o desalinhamento do trilho-guia superior deve estar dentro de uma faixa de tolerância de  $L/750$  em relação ao eixo de referência;
- nos pontos de fixação na viga superior ao longo de todo o comprimento do corredor, o desalinhamento do trilho-guia superior deve estar dentro de uma faixa de tolerância de  $\pm 5$  mm com relação eixo de referência.





**Legenda**

- 1 desalinhamento máximo do trilho-guia superior de 5 mm em relação ao eixo de referência nos pontos de fixação às vigas superiores ao longo de todo o comprimento do corredor
- 2 L/750 desalinhamento máximo do trilho-guia superior entre dois pontos de fixação às vigas superiores adjacentes
- 3 eixo de referência
- 4 trilho-guia superior
- 5 viga superior
- L distância entre dois pontos de fixação do trilho-guia nas vigas superiores

**Figura 24 – Tolerâncias para o trilho-guia superior (vista em planta)**

Nas emendas, a faixa de rolamento dos rolos de guia deve ser plana (sem descontinuidade). Qualquer variação nas dimensões da seção do trilho-guia superior deve ser menor que  $\pm 1$  mm medido em um comprimento de 200 mm (100 mm para cada lado da junta).

Não pode haver inscrições (ou seja, letras em alto-relevo) sobre as superfícies de rolamento e o tipo e dimensionamento do trilho-guia superior (geralmente uma seção de aço laminado a quente padrão ou perfil tubular) e seu método de conexão (emendas) são de responsabilidade do fornecedor do transelevador.

A especificação deve incluir:

- 1) extensão do trilho com um comprimento adicional mínimo de 2 mm;
- 2) rigidez à flexão das vigas superiores a que o trilho deve ser fixado;
- 3) força estática equivalente da roda do transelevador;
- 4) espaçamento entre rodas.

O Anexo H possui recomendações adicionais de fabricação.

**7.3 Limites de deformação**

**7.3.1 Deformação do piso devido ao assentamento e deflexão do piso**

**7.3.1.1 Generalidades**

A deflexão do piso resulta em tensões adicionais e inclinação do porta-paletes e pode ser considerável.

A deflexão do piso deve ser incluída na fase de planejamento e as informações devem ser fornecidas pelo especificador ou cliente para o fornecedor do porta-paletes, para avaliação das tensões adicionais e sua influência nas folgas e deformações.

### 7.3.1.2 Condições para um piso quase rígido

O piso pode ser considerado quase rígido, o que implica que as deformações deste não afetam o comportamento estrutural (deformações e tensões) do porta-paletes, se as seguintes condições forem atendidas:

- a) a rotação angular em qualquer local do piso dentro da área do porta-paletes não pode exceder o arco  $\tan (1/2\ 000)$ ;
- b) a deformação vertical global não pode exceder  $1/2\ 000$  do comprimento total de armazenagem;
- c) a deformação vertical global não pode exceder  $1/2\ 000$  da largura total de armazenagem.

O comportamento a curto e longo prazo da laje/subestrutura deve ser considerado na avaliação da deformação.

### 7.3.2 Limites de deformação da longarina na direção Y

A deformação máxima das longarinas não pode exceder aos critérios de manutenção.

Os valores-limite de deflexão devem ser acordados com o especificador projeto a projeto, considerando os requisitos específicos da instalação.

Na ausência de quaisquer requisitos específicos, os valores-limite de deformação indicados na Tabela 13 devem ser usados para localização das pontas do garfo.

Onde os vãos de longarinas forem efetivamente contínuos em dois ou três módulos, as flechas positivas e negativas devem ser consideradas (ver Anexo D).

**Tabela 13 – Deformação máxima das longarinas na área das pontas do garfo**

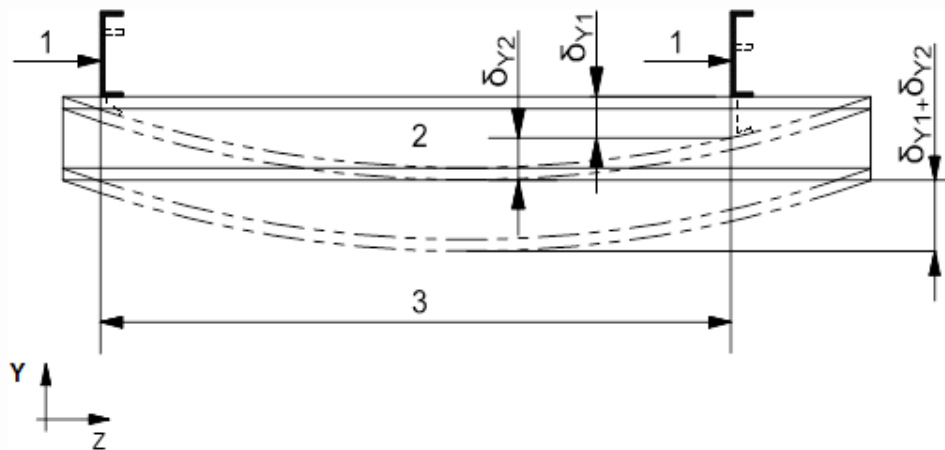
Tipo da longarina	Classe 100 mm		Classe 200 mm	
	c	d	c	d
Deformação por flexão				
Longarina normal	$L/300$ Máximo de 10	$L/300$ Máximo de 7	$L/200$ Máximo de 15	$L/200$ Máximo de 9
Longarina em balanço	$L/100$ Máximo de 12	$L/100$ Máximo de 8	$L/100$ Máximo de 15	$L/100$ Máximo de 10
<b>Legenda</b> <i>L</i> vão da longarina (medido entre o centro das colunas ou o comprimento do balanço a partir do centro da coluna) <i>d</i> flecha positiva <i>c</i> flecha negativa				

7.3.3 Deformações do trilho-guia superior

7.3.3.1 Deflexões no eixo Y

A deformação vertical do trilho-guia superior é mostrada na Figura 25. O movimento vertical do trilho-guia superior em relação ao plano de referência do sistema não pode exceder à limitação definida pelo especificador ou pelo fornecedor do transelevador.

Os efeitos das cargas aplicadas ao porta-paletes e cargas da cobertura devem ser considerados neste cálculo.



Legenda

- 1 vigas-suporte
- 2 trilho-guia superior
- 3 extensão do trilho-guia
- $\delta_{Y1}$  deflexão da viga-suporte sobre a extensão do corredor, incluindo a compressão vertical
- $\delta_{Y2}$  deflexão do trilho-guia superior entre vigas suporte
- $\delta_{Y1} + \delta_{Y2}$  movimento vertical total do trilho-guia no meio do vão devido às cargas gravitacionais

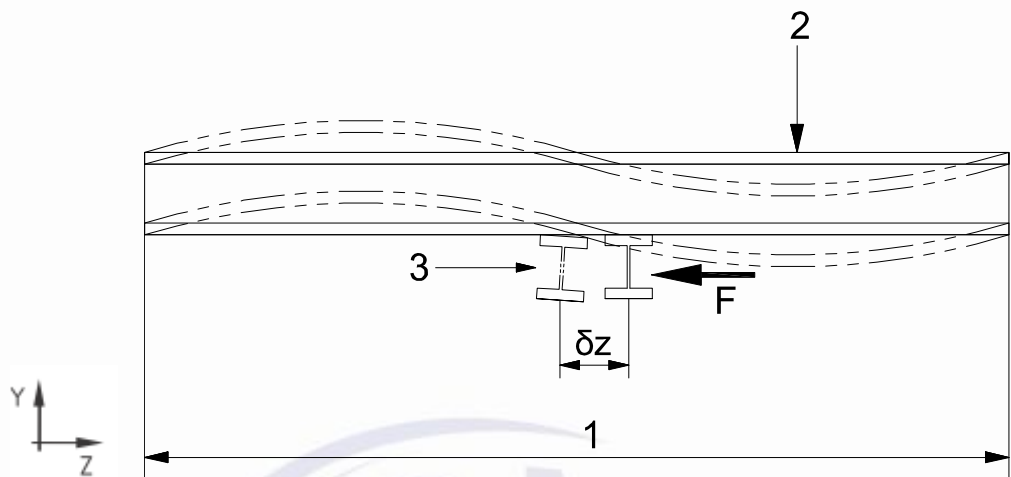
Figura 25 – Deformações verticais do trilho-guia superior

7.3.3.2 Deflexões no eixo Z

A deformação lateral do trilho-guia superior é mostrada na Figura 26. A deflexão lateral do trilho-guia superior em relação às posições de suporte do trilho-guia não pode exceder à limitação da deflexão ajustada pelo especificador ou pelo fornecedor do transelevador.

NOTA A deflexão no eixo Z é calculada na posição dos rolos de guia e pode ser excedido em outro ponto do trilho-guia.

A linha de ação da carga da roda-guia do transelevador na direção Z é geralmente excêntrica ao suporte lateral das vigas superiores. Portanto o trilho-guia pode girar sobre o eixo X. As cargas da roda-guia também causam flexão da alma do trilho-guia e rotação do trilho-guia sobre o seu eixo longitudinal X. Isto deve ser considerado no cálculo das deflexões Y e Z em 7.3.3.



Legenda

- 1 largura do corredor
- 2 viga-suporte superior
- 3 trilho-guia superior
- F força horizontal das rodas-guia medida no meio do vão entre duas vigas-suportes superiores
- $\delta z$  deflexão lateral máxima do trilho do transelevador devida à deformação da viga-suporte superior e do trilho do transelevador resultante da força da horizontal das rodas-guia

Figura 26 – Deformação lateral do trilho-guia superior

7.3.4 Deformações do montante nas direções X e Z

As deformações máximas do montante com base no estado-limite de serviço (fator de carga  $\gamma = 1,0$ ) devem ser as indicadas na Tabela 14 e devem ser calculadas para incluir os efeitos da força de apenas um transelevador. O cálculo das deformações deve ser feito conforme a ABNT NBR 17150-1.

NOTA O fora do prumo inicial dos montantes quando montados pela primeira vez aumenta as cargas gravitacionais, as forças do transelevador e as cargas de vento e não retornam completamente à tolerância original de montagem.

Tabela 14 – Deformações dos montantes com base no estado-limite de manutenção (fator de carga  $\gamma = 1,0$ )

Altura do porta-paletes m	Deslocamento em Z - Tipos de controle do transelevador A B C ou D mm	Deslocamento em X - Usando euro paletes 800 × 1 200 mm Tipos A ou D mm	Deslocamento em X - Usando euro paletes 800 × 1 200 mm Tipos B ou C mm	Deslocamento em X - Usando paletes 1 000 × 1 200 mm Tipos A B C ou D mm
15	15	12 <sup>a</sup>	10	12
20	20	16 <sup>a</sup>	10	16
25	25	20 <sup>a</sup>	10	20
30	30	20 <sup>a</sup>	10	24
35	35	20 <sup>a</sup>	10	28
40	40	20 <sup>a</sup>	10	32

<sup>a</sup> Os valores de deslocamento para o tipo D são valores máximos permitidos com base em garfos telescópicos 165 mm × 60 mm. Os valores podem ser aumentados pelo especificador ou pelo fornecedor do transelevador usando o garfo telescópico de dimensões específicas para o projeto.

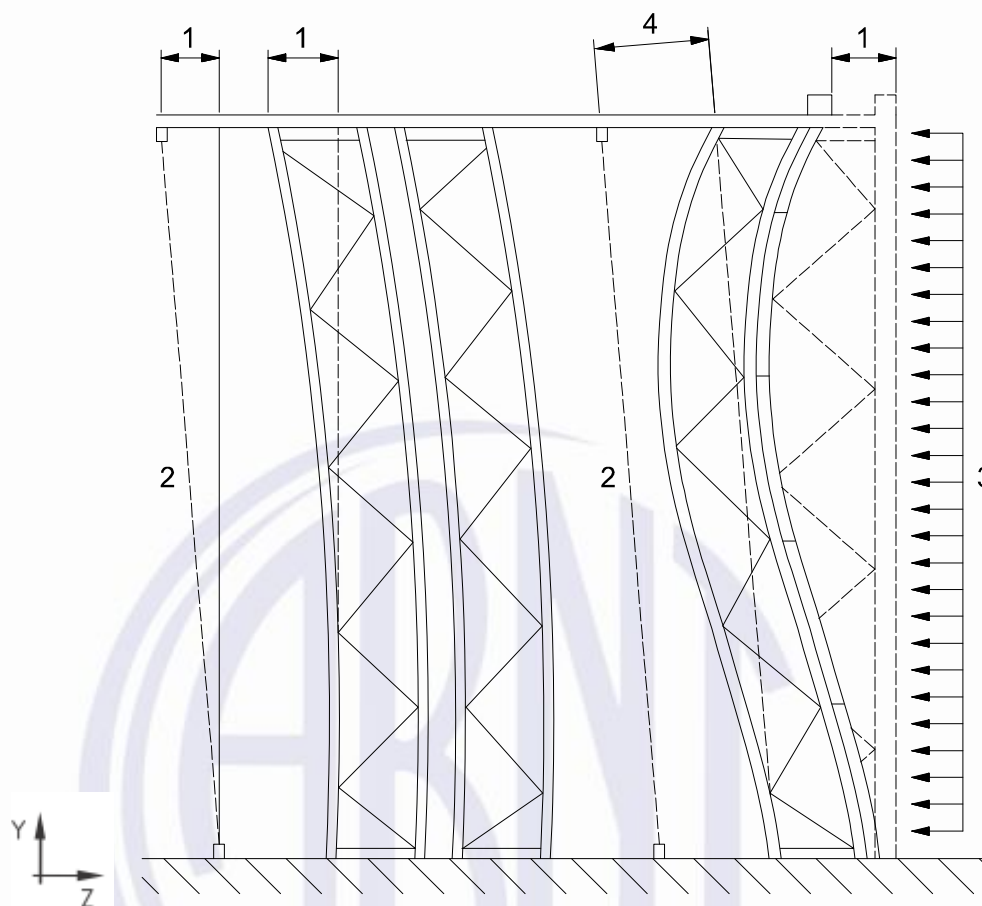
Os tipos de controle de transelevador são descritos a seguir.

- a) A: controle manual;
- b) B: controle parcial ou totalmente automático para o posicionamento no sistema de coordenadas;
- c) C: controle parcial ou totalmente automático para o posicionamento no sistema de coordenadas e incremento adicional de precisão de posicionamento (na direção Y);
- d) D: controle parcial ou totalmente automático para o posicionamento no sistema de coordenadas e incremento adicional de precisão de posicionamento (nas direções X e Y).

#### **7.3.5 Deformação do montante nas direções X e Z para edifícios auto-portantes de armazenagem**

A deformação causada pela carga do vento na estrutura do porta-paletes na direção Z é mostrada na Figura 27. A deformação da estrutura do porta-paletes deve ser calculada usando uma velocidade do vento igual a 70 % do valor indicado na norma nacional relevante, salvo se indicado de outra forma na especificação do projeto.

**NOTA** Este requisito se aplica apenas à funcionalidade do sistema e não a outros requisitos de rigidez. Isto significa que as cargas de vento aplicadas à estrutura são diferentes para o cálculo de força e deflexão.



#### Legenda

- 1 deformação da parede e do porta-paletes
- 2 inclinação do mastro do transelevador
- 3 vento
- 4 deformação do montante de borda (medida a partir de uma linha reta vertical do pé ao topo da coluna)

**Figura 27 – Deformação da carga de vento da estrutura do porta-paletes na direção Z**

A menos que especificado de outra forma nos requisitos do projeto, os seguintes valores-limite para as deflexões “1” e “4” devem ser usados:

- a) “1” deve ser menor do que os valores do deslocamento na direção Z dados na Tabela 14;
- b) “4” deve ser inferior a 15 mm.

Se as deformações excederem os valores-limite, o projetista do porta-paletes deve fornecer os valores de deflexão calculados ao especificador e ou fabricante do transelevador.

**NOTA** Os limites de deflexão podem ser aceitáveis dependendo do tipo da unidade de carga a ser armazenada e das técnicas de manuseio de carga adotadas.

#### 7.3.6 Encurtamento elástico de colunas

O deslocamento no eixo Y de qualquer nível de longarina depende do acúmulo de tensão de compressão nos segmentos de coluna localizados abaixo do nível de longarina considerado

e deve ser considerado pelo especificador ou fornecedor do transelevador quando considerar o sistema de seleção de altura. Estes valores devem ser informados pelo fornecedor do porta-paletes.

## **7.4 Folgas para unidades de carga e transelevador**

As folgas definidas na especificação do projeto devem ser usadas e é responsabilidade do especificador assegurar-se de que as folgas sejam aceitáveis de acordo com os requisitos globais do sistema. Tolerâncias e deformações de tamanho da unidade de carga a ser armazenada devem ser determinadas pelo especificador ou usuário (ver Anexo G).

As folgas do corredor são as folgas entre a borda mais externa do transelevador e a borda mais externa do porta-paletes ou da carga do palete.

## **7.5 Deformação do limitador de segurança**

### **7.5.1 Deformação**

A deformação horizontal do limitador de segurança deve ser especificada pelo fornecedor ou pelo especificador do transelevador e limitada para assegurar o posicionamento seguro da unidade de carga no porta-paletes (ver EN 15629).

### **7.5.2 Folgas**

A folga nominal da unidade de carga para o limitador de segurança deve ser especificada pelo fornecedor do transelevador.

## **8 Tolerâncias e deformações do armazém**

Para especificação das tolerâncias e deformações do armazém, ver a EN 15629.

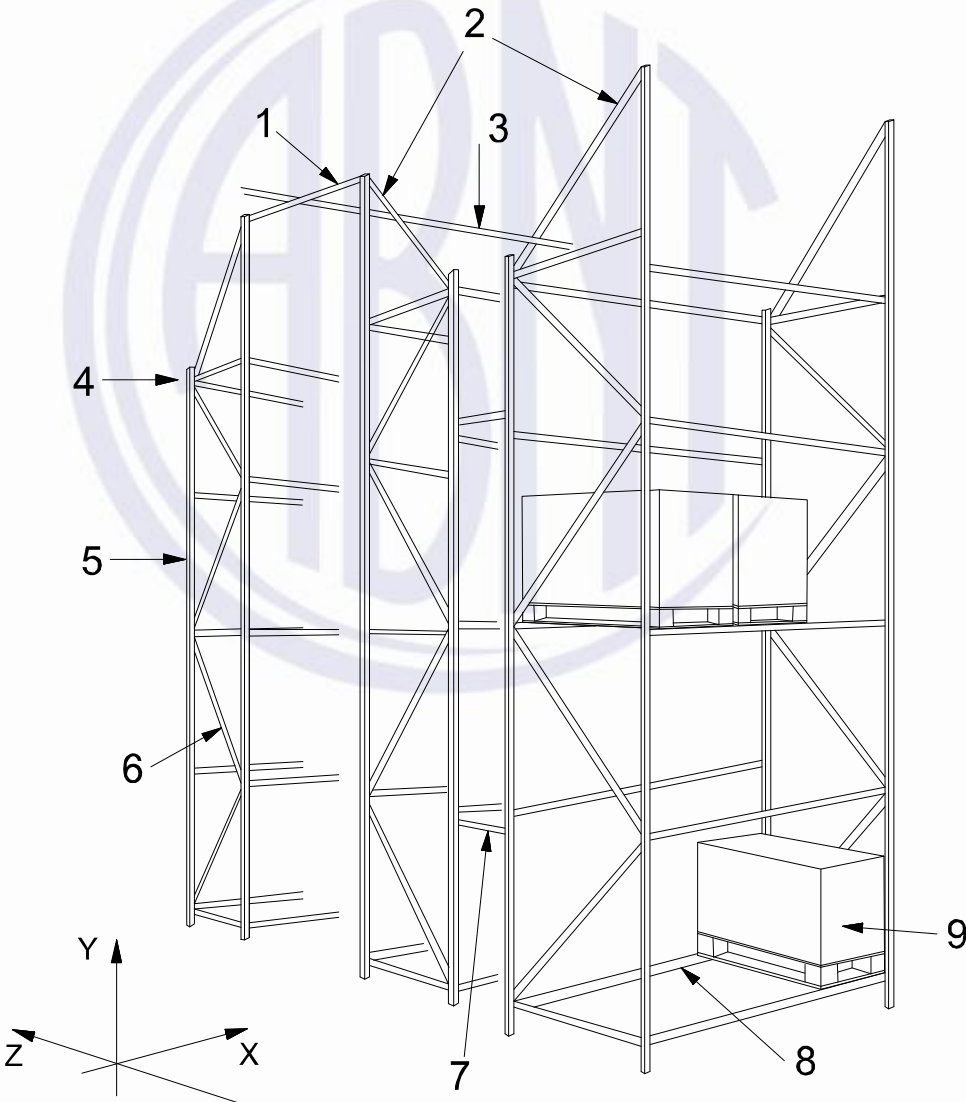


Anexo A  
(informativo)

Componentes do porta-paletes

A.1 Generalidades

O porta-paletes de simples entrada (ver Figura A.1) é o tipo mais comum de porta-paletes em uso. Normalmente é usado sem travamento e trilho-guia superior, exceto para transelevadores.



Legenda

1	travamento superior	4	montante	7	distanciador
2	porta-paletes de dupla entrada	5	porta-paletes de simples entrada	8	longarina
3	trilho-guia superior	6	contraventamento do montante	9	unidade de carga

Figura A.1 – Componentes do porta-paletes

## A.2 Componentes principais

O porta-paletes consiste em dois componentes principais: montantes e longarinas.

Os montantes são montados usando pares de colunas continuamente perfuradas conectadas por membros de contraventamento parafusados, rebitados ou soldados e são interligados por longarinas aos pares para formar uma linha de módulos.

Os pares de longarinas são espaçados verticalmente em cada módulo em um número de níveis para fornecer posições para os paletes ou unidades de carga. Cada par de longarinas em cada nível pode suportar uma, duas ou mais unidades de carga dependendo do comprimento e resistência.

A conexão entre longarinas e colunas é feita normalmente usando um conector que encaixa nas perfurações da coluna, e que permitem que as longarinas sejam ajustadas verticalmente para acomodar unidades de carga de várias alturas.

As longarinas têm a sua resistência e rigidez incrementadas, aumentando-se a altura e/ou a largura da seção e/ou a espessura do aço ou a sua qualidade. As colunas são similarmente variadas na resistência.

## A.3 Propriedades

A resistência, a rigidez e a estabilidade do porta-paletes no sentido transversal ao corredor (direção Z) são obtidas pelos montantes e suas ligações ao piso de concreto. Na direção paralela ao corredor (direção X), a resistência, a rigidez e a estabilidade do porta-paletes não contraventado são obtidas pela interação de montantes e longarinas através das ligações por conectores de encaixe (ou de outra maneira) junto com as placas de base e fixações ao piso de concreto.

As instalações de porta-paletes são geralmente construídas com um paleta em profundidade em cada lado do corredor de operação. Se o porta-paletes puder ser acessado pela empilhadeira ou transelevador somente por um dos lados então é chamado de linha de simples entrada. Se o porta-paletes puder ser acessado por ambos os lados, então é chamado de linha de dupla entrada.

As linhas de porta-paletes podem ter sua resistência, rigidez e estabilidade incrementadas pela inclusão de uma coluna adicional e mais um plano de contraventamento. Uma coluna de reforço pode ser colocada na parte de trás do porta-paletes de simples entrada ou no centro (entre montantes) do porta-paletes de dupla entrada. O contraventamento horizontal é incluído entre as longarinas dianteiras e traseiras para dar maior estabilidade às colunas dianteiras.

Um travamento superior é colocado no sentido transversal ao corredor (direção Z), sentido onde é requerido pelo equipamento de manipulação ou por outras razões estruturais. O travamento superior pode ser usado para suportar iluminação, trilho-guia superior etc.

## **Anexo B** (informativo)

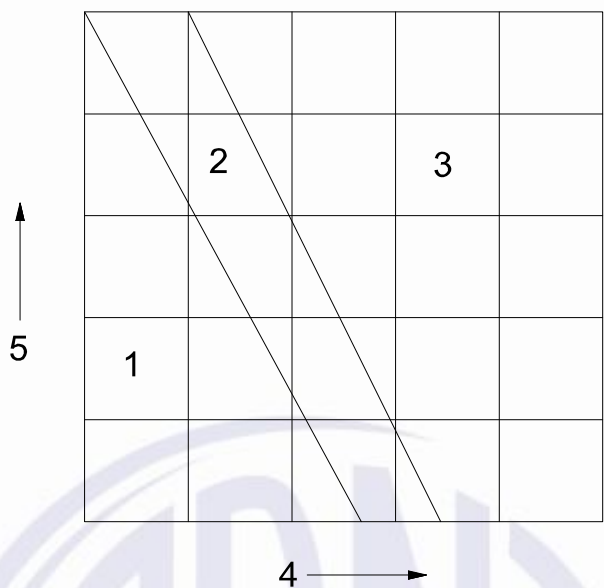
### **Diretrizes gerais de segurança**

#### **B.1 Generalidades**

As diretrizes de segurança na concepção de sistemas de armazenagem são baseadas nas seguintes premissas:

- a) o uso do sistema de armazenagem está de acordo com as definições preparadas pelo especificador (ver EN 15629);
- b) o ambiente de trabalho está em boas condições (boas práticas de uso);
- c) as unidades de carga são seguras e estáveis;
- d) os paletes e outros acessórios de manuseio de carga são usados dentro dos limites de projeto;
- e) a interface operacional entre o porta-paletes e o EMM está de acordo com as folgas, conforme especificado nesta Norma;
- f) a manutenção do equipamento mecânico de manuseio é feita corretamente;
- g) os operadores dos equipamentos de movimentação são habilitados para o trabalho;
- h) o ambiente de trabalho é identificado como um ambiente de risco “padrão” pelo especificador;
- i) as tolerâncias e deformações do piso (ver FEM 10.2.14/4.103 Bibliografia [7]) são adequadas às operações que estão ocorrendo;
- j) é nomeado um responsável pela segurança do armazém conforme a EN 15635 (ver Bibliografia [15]);
- k) existe um programa de inspeção periódica, conforme recomendado pela EN 15635 (ver Bibliografia [15]);
- l) existe um programa de manutenção, conforme recomendado pela EN 15635 (ver Bibliografia [15]).

Se estas premissas não forem atendidas, pode existir um risco maior de acidentes, danos ao porta-paletes etc. Isso resulta em um incremento de risco que leva a outras ações preventivas ou corretivas a serem realizadas para manter um ambiente de trabalho seguro. Estas disposições podem incluir folgas maiores, redução na movimentação, proteções ao porta-paletes etc., indicado esquematicamente na Figura B.1.



**Legenda**

- 1 zona operacional de baixo risco
- 2 zona operacional de médio risco
- 3 área operacional de alto risco
- 4 aumento da magnitude dos danos
- 5 frequência crescente de acidentes

**Figura B.1 – Risco**

**B.2 Unidades de carga**

Em relação às unidades de carga, as responsabilidades do usuário são:

- a) o uso de unidades de carga com peso máximo igual ou inferior ao considerado no projeto;
- b) o correto posicionamento das unidades de carga no porta-paletes;
- c) o uso e a conservação de paletes adequados à operação e à estrutura de armazenagem.

**B.3 Largura do corredor operacional para manobra**

As folgas do corredor baseiam-se nas situações em que a unidade de carga mais baixa é depositada no piso de concreto, e o palete ou sua carga devem ser colocados de modo a não reduzir a largura do corredor operacional.

A folga de manobra é a dimensão pela qual a largura do corredor é aumentada, com base nas dimensões e nas propriedades da empilhadeira com a carga. Na ausência de informações do fabricante de empilhadeira, a folga mínima deve ser de 200 mm.

Quando a unidade de carga no nível mais baixo, for depositada no piso, a utilização de uma faixa de sinalização pintada no piso de cada lado do corredor pode ajudar a controlar este posicionamento.

## B.4 Empilhamento intrusivo

O empilhamento intrusivo não é recomendado pelas seguintes razões:

- a) há um risco maior de dano por impacto nas colunas do porta-paletes ao colocar ou retirar uma unidade de carga;
- b) as folgas do plano de carga devem ser maiores;
- c) há um aumento de risco de acidente para empilhadeiras balançando em pisos irregulares e impactando em unidades de carga quando as folgas do corredor são reduzidas, ficando abaixo dos limites especificados;
- d) a maioria das empilhadeiras não devem girar com unidades de carga suspensas, e, portanto, há risco da empilhadeira se tornar instável e tombar.

## B.5 Ambientes com risco adicional

Em ambientes de maior risco (conforme definido pelo especificador), podem ser necessárias folgas maiores para manter condições de trabalho seguras.

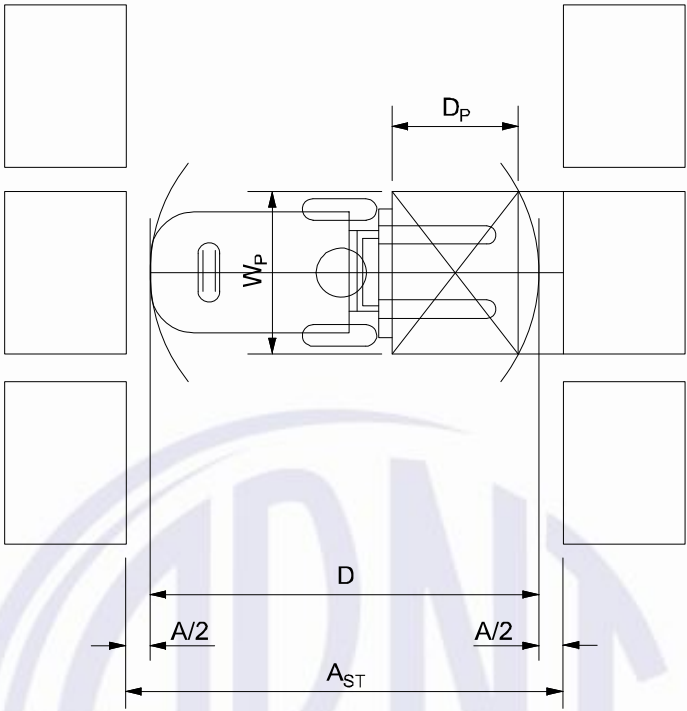
Por exemplo, em uma instalação de corredor largo ou estreito, a folga mínima do corredor pode ser aumentada de 200 mm para 350 mm ou mais para segurança devido aos seguintes fatores:

- a) unidades de carga instáveis;
- b) unidades de carga de grandes dimensões que tornam a condução mais difícil;
- c) movimentação intensa e rápida;
- d) em instalações com circulação simultânea de pessoas e equipamentos de movimentação.

## B.6 Requisitos da empilhadeira

Um exemplo típico dos requisitos de largura do corredor para a operação adequada da empilhadeira em um giro de 90° é indicado na Figura B.2.

Para as larguras mínimas do corredor, ver a FEM 4.005 (Bibliografia [3]). As dimensões de giro de empilhadeiras a 90° e do corredor de operação dependem das especificações do fabricante.



**Legenda**

- A folga de manobra  
 $D_p$  profundidade do palete ou da carga (o que for maior)  
D largura de giro a 90° da empilhadeira e unidade de carga  
 $A_{ST}$  largura mínima do corredor operacional entre as faces das unidades de carga ou estrutura em qualquer nível  
 $W_p$  largura do palete ou da carga (o que for maior)  
NOTA A posição da unidade de carga pode ser indicada por marcação no piso.

**Figura B.2 – Dimensão da largura do corredor**

**B.7 Tolerâncias e deformações do piso**

**B.7.1 Generalidades**

As tolerâncias e deformações do piso são determinadas para assegurar que o sistema de porta-paletes e empilhadeiras possam operar com segurança. As empilhadeiras são usadas tanto em movimento livre como em movimento definido. O movimento livre é encontrado em corredores largos e estreitos, bem como em armazenagem aberta e o movimento definido é geralmente encontrado em instalações de corredor muito estreito.

Nas áreas de livre circulação, as tolerâncias e deformações do piso devem ser controladas ao longo de 3 m em ambas as direções, para assegurar uma interface adequada entre a estrutura e a empilhadeira. Supõe-se que as empilhadeiras sempre transportam cargas em nível baixo quando se deslocam.

Nas áreas de movimento definido, as tolerâncias devem ser definidas com base nas especificações e dimensões da empilhadeira. Supõe-se que as empilhadeiras podem transportar cargas em níveis alto ou baixo enquanto se deslocam.

### B.7.2 Pisos inclinados

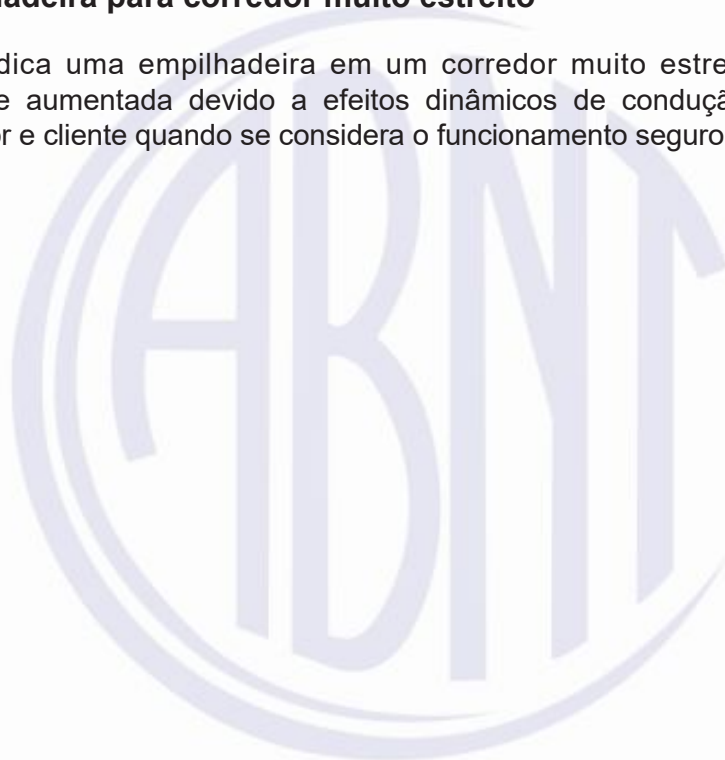
O porta-paletes montado em piso inclinado segue a inclinação do piso, a menos que seja corrigido com calços de nível ou com uso de argamassa de nivelamento. Se for montado para seguir a inclinação do piso, o porta-paletes inclina-se com relação a vertical no mesmo ângulo que a inclinação do piso.

Os pisos não podem ser inclinados, exceto se especificado.

O fornecedor da empilhadeira deve ser consultado para verificar o efeito de um piso inclinado na interface entre a empilhadeira e o porta-paletes.

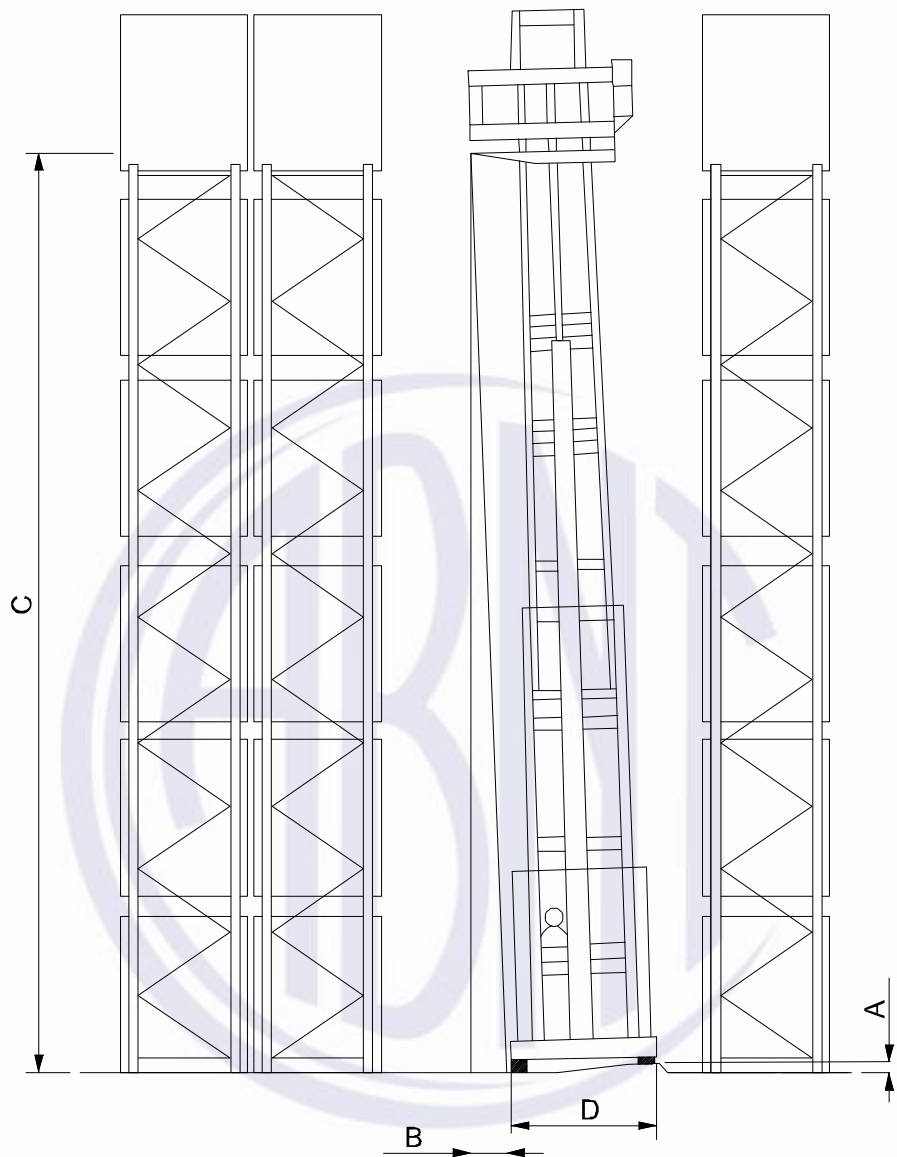
### B.7.3 Empilhadeira para corredor muito estreito

A Figura B.3 indica uma empilhadeira em um corredor muito estreito; a inclinação pode ser significativamente aumentada devido a efeitos dinâmicos de condução e deve ser considerada pelo especificador e cliente quando se considera o funcionamento seguro do sistema como um todo.





Dimensões em milímetros



**Legenda**

- A irregularidade do piso devido a deformações dentro das tolerâncias
- B inclinação estática
- C altura de elevação
- D largura da empilhadeira

**Figura B.3 – Relação entre nivelamento e inclinação estática do mastro da empilhadeira (mastro assumido como rígido)**

## **Anexo C** (informativo)

### **Inspeção de medição de porta-paletes**

#### **C.1 Generalidades**

A inspeção de medição confere as tolerâncias de montagem e folgas antes que o porta-paletes seja carregado. As tolerâncias indicadas nesta Norma podem não ser aplicáveis após o carregamento.

As inspeções de medição são realizadas conforme acordo entre as partes interessadas.

#### **C.2 Ponto de referência**

Antes da montagem de um porta-paletes, deve ser definido entre as partes interessadas um ponto de referência para as linhas de medição.

#### **C.3 Principais linhas e pontos de referência**

As principais linhas de grade de referência são:

- o eixo X do sistema na direção paralela ao corredor do porta-paletes;
- o ponto de referência no eixo Y;
- o eixo Z do sistema na direção perpendicular ao corredor do porta-paletes.

#### **C.4 Relatório da inspeção de medição**

##### **C.4.1 Generalidades**

A inspeção deve basear-se nas coordenadas do porta-paletes no plano XZ e de acordo com o nível de longarina no eixo Y. As medições devem ser registradas em relatório.

##### **C.4.2 Condições de medição**

Se as condições ambientais como a temperatura e a velocidade do vento puderem afetar as medições, estas devem ser igualmente registradas, e deve ser utilizado um fator de correção adequado.

## **Anexo D** (informativo)

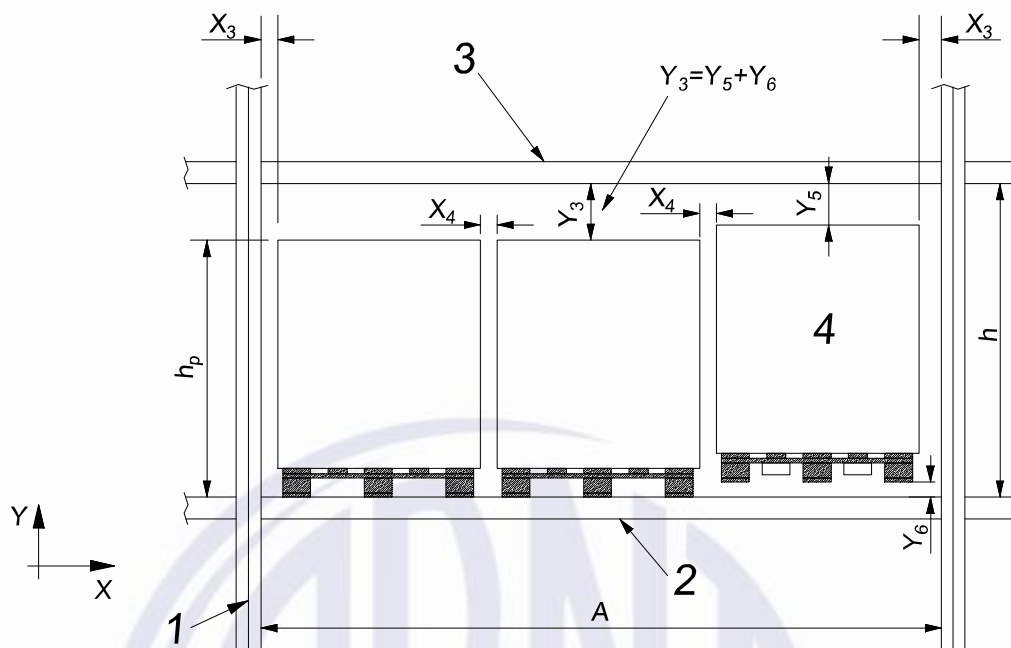
### **Alterações nas folgas devido às deformações de flecha positiva e negativa da longarina**

#### **D.1 Efeitos das deformações de flecha positiva e negativa da longarina nas folgas $X_3$ , $X_4$ e $Y_1$ , $Y_2$ e $Y_3$ para longarinas bi apoiadas**

A deflexão da longarina reduz a folga nominal  $X_4$ ; isso geralmente não é prejudicial para unidades de carga abaixo de 3 m de altura. Em situações extremas, a inclinação da carga deve ser calculada e as folgas aumentadas conforme necessidade.

As folgas X e Y da unidade de carga e do porta-paletes são mostradas na Figura D.1. A folga  $Y_6$  é determinada por:

- a) tolerância de nível entre a longarina frontal e a longarina traseira;
- b) equipamento de movimentação de carga durante a colocação ou retirada de unidade de carga;
- c) operação de colocação.

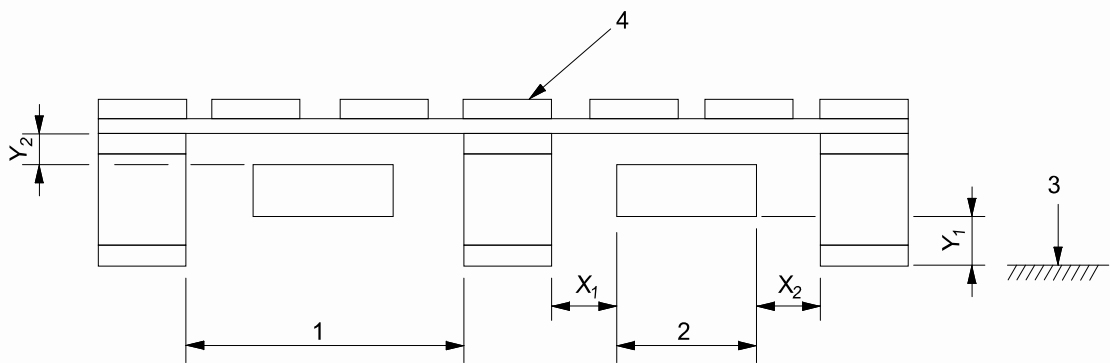


#### Legenda

1	coluna
2	longarina
3	longarina sem deformação
4	unidade de carga sustentada pelos garfos da empilhadeira
$h_p$	altura de projeto da unidade de carga e paleta
$h$	altura do compartimento
$A$	vão livre para armazenagem entre montantes
$X_3$	folga entre o montante e a unidade de carga
$X_4$	folga entre as unidades de carga
$Y_3$	folga entre o topo da unidade de carga e a face inferior da longarina
$Y_5$	folga entre o topo da unidade de carga suspensa e a face inferior da longarina
$Y_6$	folga entre a face inferior do palete suspenso e a face superior da longarina
$\alpha_3, \alpha_4$	ângulos de carga nos compartimentos 3 e 4, respectivamente

**Figura D.1 – Folgas X e Y entre unidade de carga e porta-paletes**

A folga entre o equipamento de movimentação de carga e a unidade de carga sobre as longarinas é apresentada na Figura D.2. Em um paleta pequeno com abertura pequena deve-se considerar a folga entre o paleta e o garfo permitindo a entrada do garfo na abertura pequena.

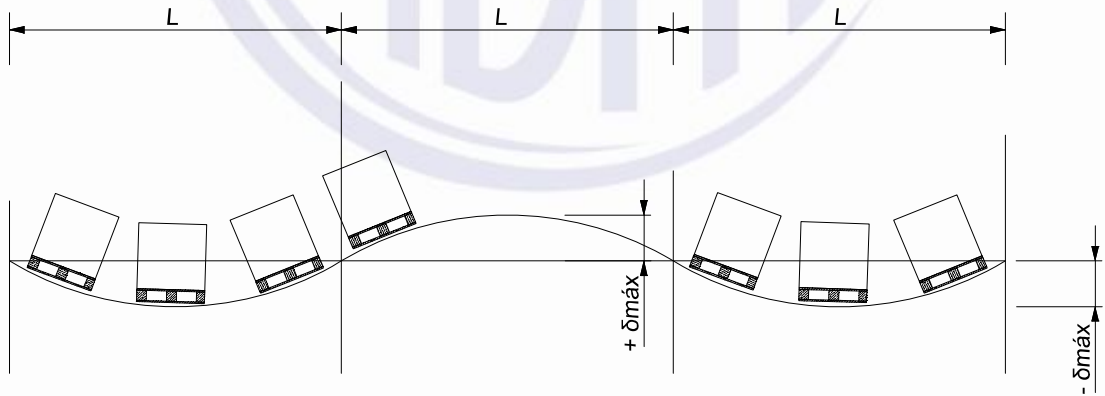


Legenda

- 1 abertura do palete para entrada do garfo
- 2 largura do garfo do equipamento de movimentação de carga
- 3 face superior da longarina
- 4 palete
- $Y_1$  folga entre o garfo e a face superior da longarina
- $Y_2$  folga entre o garfo e a face inferior do palete
- $X_1$  e  $X_2$  folga horizontal entre o garfo e o palete

Figura D.2 – Folgas entre o garfo do equipamento de movimentação e a unidade de carga sobre as longarinas do porta-paletes

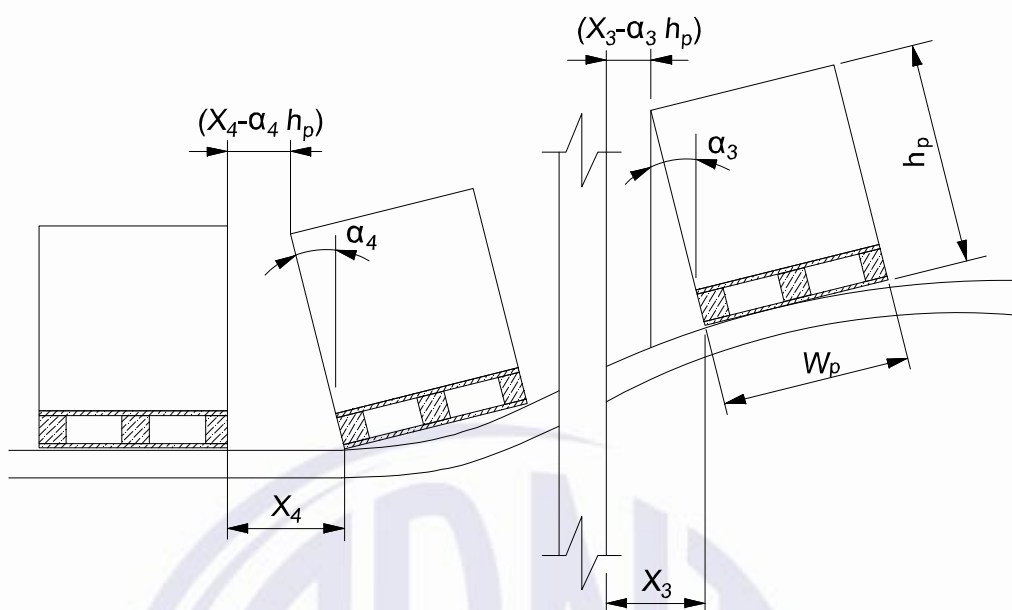
Os efeitos das deformações de flecha positiva e negativa da longarina em  $X_3$ ,  $X_4$  e  $Y_1$ ,  $Y_2$  e  $Y_3$  são mostrados na Figura D.3 e D.4.



Legenda

- $L$  distância entre os centros das colunas
- $+\delta \text{ máx}$  flecha negativa
- $-\delta \text{ máx}$  flecha positiva

Figura D.3 – Efeitos das deformações da longarina nas folgas



#### Legenda

- $h_p$  altura do palete e unidade de carga  
 $W_p$  largura do palete e unidade de carga  
 $\alpha$  ângulo da carga

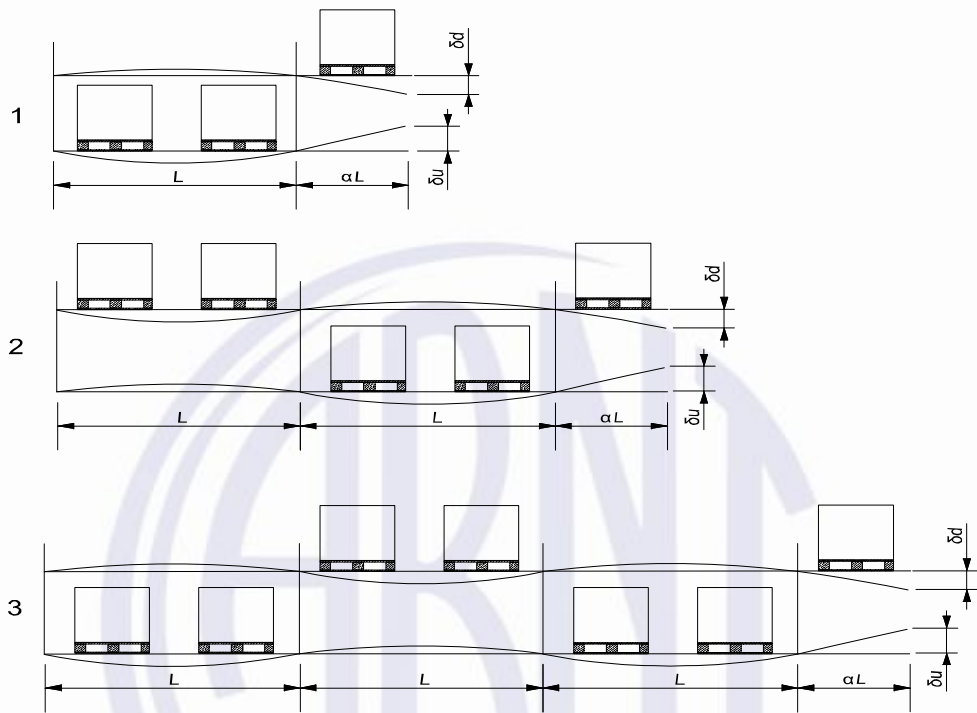
**Figura D.4 – Detalhe ampliado dos deslocamentos da unidade de carga**

O deslocamento  $\alpha_4 \cdot h_p$  precisa ser considerado duas vezes quando houver duas unidades de carga no plano.

A folga adicional  $\alpha_4 \cdot h_p$  a ser usada no cálculo das folgas totais para  $X_3$  e  $X_4$  depende das deflexões verticais relativas dos pontos de apoio da unidade de carga ao longo das longarinas e que afetam a verticalidade da unidade de carga. O modo de cálculo com precisão é mostrado na Figura D.4. Procedimentos semelhantes podem ser seguidos para várias combinações do pior caso de padrões de carregamento para qualquer número de unidades de carga em um par de longarinas e qualquer grau de continuidade de longarina ligadas por ligações rígidas ou semirrígidas às colunas do porta-paletes.

D.2 Efeitos das deformações de flecha positiva e negativa da longarina em  $X_3$ ,  $X_4$  e  $Y_1$ ,  $Y_2$  e  $Y_3$  para longarinas em balanço (estações C&D)

Os efeitos de deflexões da longarina em balanço nas folgas são ilustrados na Figura D.5.



Legenda

- 1 um módulo
- 2 dois módulos
- 3 três módulos
- $L$  distância entre os centros das colunas
- $\delta_u$  deformação de flecha negativa
- $\delta_d$  deformação de flecha positiva
- $\alpha L$  distância entre o centro da coluna e a extremidade da longarina em balanço

Figura D.5 – Tolerâncias para deflexões de longarinas em balanço



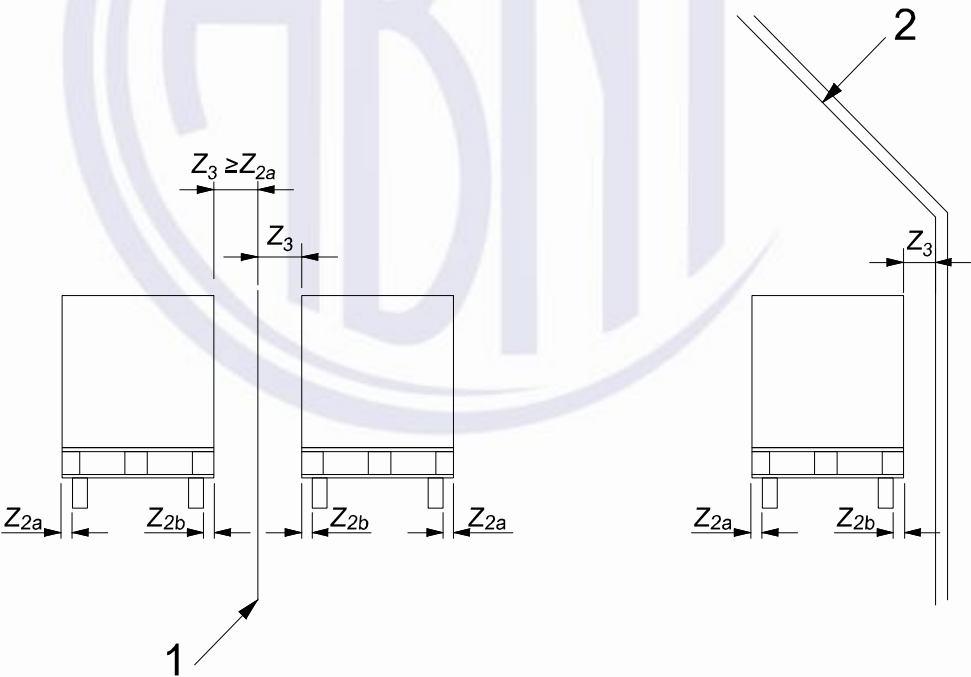
Anexo E  
(informativo)

Informações adicionais para determinar dimensões e folgas na direção da profundidade dos porta-paletes (direção Z)

E.1 Tolerâncias de colocação na profundidade do porta-paletes

As dimensões e folgas na profundidade do porta-paletes (direção Z) são indicadas na Figura E.1. Em uma situação ideal um palete deve ser colocado simetricamente sobre um par de longarinas em um plano de carga de porta-paletes. Tolerâncias de colocação na direção Z precisam ser consideradas ao determinar as folgas da unidade de carga.

O profissional habilitado orienta o posicionamento do palete a partir da face frontal da longarina do lado do corredor durante a colocação do palete. Assim, as tolerâncias de colocação aumentam com valores maiores de  $Z_{2a}$ , porque o excesso permite maior imprecisão.



Legenda

- 1 obstáculo mais desfavorável à colocação adequada da unidade de carga, incluindo o deslocamento da edificação
- 2 obstáculo mais desfavorável à colocação adequada da unidade de carga, incluindo o deslocamento da edificação
- $Z_{2a}$ ,  $Z_{2b}$  balanço do palete nas longarinas frontal e traseira respectivamente
- $Z_3$  folga entre a unidade de carga e a obstrução

Figura E.1 – Folga em relação à edificação devido a tolerância de colocação (direção Z)

As folgas podem ser diferentes das indicadas em 5.4.3 e 6.4.3.

EXEMPLO

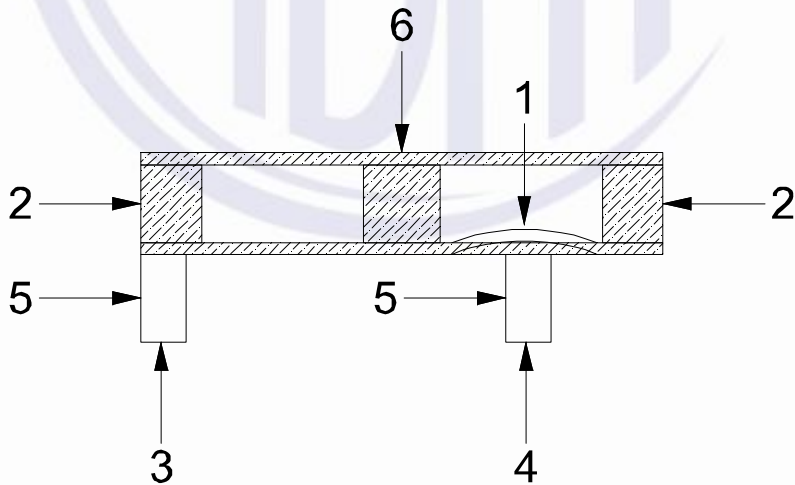
- $Z_{2a}$  é maior ou igual a 50 mm e menor ou igual a 100 mm;
- $Z_{2b}$  é maior ou igual a 50 mm e menor ou igual a 100 mm;
- $Z_{2b}$  é igual a  $Z_{2a}$ .

Os valores mínimos são para assegurar apoio suficiente dos paletes nas longarinas. No entanto, quando apoios secundários são fornecidos entre as longarinas  $Z_{2a}$  e  $Z_{2b}$  podem ser menores que zero. Entretanto, a distância entre as unidades de carga ainda deve ser de no mínimo 100 mm e  $Z_3$  deve ser no mínimo 50 mm.

E.2 Valores maiores para  $Z_{2a}$  e  $Z_{2b}$

Os valores de  $Z_{2a}$  e  $Z_{2b}$  maiores que 50 mm também podem ser usados, desde que atendam ao seguinte:

- a) uma folga traseira maior entre as unidades de carga ( $Z_1$ ) e qualquer obstáculo ( $Z_3$ ) deve ser informada devido às tolerâncias de colocação que podem aumentar com valores maiores de  $Z_{2a}$ ;
- b) com maiores variações de posicionamento, a diferença entre as cargas suportadas pelas duas longarinas aumenta e deve ser considerada no projeto;
- c) a tábua inferior do palete pode estar incorretamente sobrecarregada. A deformação da tábua inferior do palete devido ao posicionamento incorreto é mostrada na Figura E.2.



Legenda

- 1 tábua inferior deformada
- 2 bloco (ou taco) do paleta
- 3 longarina menos carregada
- 4 longarina mais carregada
- 5 longarinas
- 6 carga

Figura E.2 – Deformação da tábua inferior do paleta devido ao seu posicionamento incorreto

Os valores de  $Z_{2a}$  e  $Z_{2b}$  maiores que 50 mm (por exemplo, 75 mm) são normalmente considerados para os casos a seguir.

- 1) garantir as condições seguras de apoio do palete para uma empilhadeira de corredor muito estreito e curso fixo (maior tolerância Z de depósito com maior altura, ver Anexo F);
- 2) reduzir a deformação do palete entre as longarinas, como pode ser o caso dos transelevadores ou de empilhadeiras para corredor muito estreito equipadas com garfos telescópicos com uma altura de 40 mm a 60 mm, dependendo do tipo de palete, do peso e da profundidade. No entanto, esses tipos de equipamentos de movimentação de carga geralmente têm um bom controle do posicionamento dos paletes;
- 3) as unidades de carga são posicionadas com um curso fixo (algumas empilhadeiras para corredor muito estreito podem ter seu curso variável);
- 4) a posição do equipamento de movimentação em relação ao porta-paletes é fixa;
- 5) os paletes utilizados em associação com transelevadores devem ser de qualidade; caso contrário, a elevação e/ou o sistema de manuseio de paletes (transportador) não é confiável.

Devido a E.2-3) e E.2-4), a tolerância de colocação na profundidade (direção Z) é muito menor comparando-se a sistemas que operam com empilhadeiras contrabalançadas.

## **Anexo F** (informativo)

### **Informações adicionais para empilhadeiras de corredor muito estreito operando em sistema de porta-paletes convencional**

#### **F.1 Generalidades**

O especificador é responsável pela definição das folgas, utilizando os valores mínimos citados nesta Norma. Se folgas maiores forem necessárias, elas podem ser especificadas pelo fornecedor ou fabricante de empilhadeiras.

Os fatores de F.2 a F.6 precisam ser considerados para a operação segura do sistema.

#### **F.2 Considerações para a direção Z**

A localização da unidade de carga, quando depositada, depende de vários fatores, incluindo:

- 1) a verticalidade dos montantes do porta-paletes na direção Z;
- 2) a tolerância de posicionamento manual na direção Z; na direção transversal ao corredor  $Z_{2a}$  (ver 6.4.3 e Anexo E).

A folga do corredor deve incluir os seguintes fatores:

- a) a localização da unidade de carga no porta-paletes;
- b) o nível do piso na direção perpendicular ao corredor, fazendo com que a empilhadeira se incline;
- c) a posição da unidade de carga na empilhadeira;
- d) a oscilação estática e dinâmica do mastro da empilhadeira;
- e) o desgaste irregular e deformação dos pneus da empilhadeira;
- f) a folga no mecanismo da empilhadeira, que aumenta com o desgaste;
- g) a tolerância do sistema de orientação;
- h) as tolerâncias da unidade de carga.

#### **F.3 Considerações na direção Y**

A interação entre o porta-paletes, a empilhadeira, e a unidade de carga é controlada na direção Y pela abertura disponível para o garfo, conforme indicado a seguir.

- a) a dimensão entre as tábuas superior e inferior de um palete com tábuas inferiores; ou

- b) a distância da superfície superior da longarina do porta-paletes até a face inferior das tábuas superiores do palete; ou
- c) a distância da superfície superior da longarina até a face inferior das tábuas inferiores de um palete quando suspenso pelo garfo.

Geralmente, as empilhadeiras para corredor estreito são equipadas com garfos fixos, mas existem modelos de empilhadeiras com garfos telescópicos.

Um garfo fixo tem cerca de 40 mm de altura e requer uma abertura vertical menor do que um garfo telescópico, enquanto um garfo telescópico tem cerca de 60 mm a 70 mm de altura.

#### **F.4 Considerações na direção X**

Em relação à direção X, na direção paralela ao corredor, depende da instrução para o operador.

#### **F.5 Dispositivo de seleção em altura**

O dispositivo de seleção em altura é usado principalmente em empilhadeiras para corredor muito estreito de classe 300B. Sua finalidade é posicionar automaticamente os garfos elevados a uma altura predeterminada para operações de armazenamento ou retirada da unidade de carga em cada nível do porta-paletes.

Se um dispositivo de seleção em altura for usado, o especificador ou fornecedor da empilhadeira deve determinar se o limite de tolerância dos níveis de longarinas na direção Y e limites de deformação são aceitáveis.

#### **F.6 Estações de coleta e depósito (C&D) – Estações de espera**

Para instalações de corredor muito estreito, as estações C&D podem ser usadas e equipadas com centralizadores de paletes que o posicionam, na direção X, em relação à posição de coleta da empilhadeira no ciclo de entrada e, na direção Z, em relação à posição nominal do palete sobre as longarinas dos porta-paletes.

## Anexo G (informativo)

### Consideração de tolerâncias e deformações na determinação de folgas

#### G.1 Generalidades

A confiabilidade de um sistema é geralmente assegurada pelo projetista, calculando o somatório dos casos mais desfavoráveis relativos aos parâmetros que afetam a interação segura do equipamento de manuseio, unidade de carga e porta-paletes. Estes parâmetros são considerados além de qualquer outro equipamento, por exemplo, um sistema de *sprinklers*, que talvez precise ser considerado.

O cálculo do caso mais desfavorável significa que, se todas as tolerâncias e deformações estiverem no valor máximo e todas afetam o parâmetro em questão, ao mesmo tempo na direção mais desfavorável, as folgas entre partes móveis e estáticas do sistema são suficientes para evitar colisões.

A probabilidade estatística de que a situação mais desfavorável possa surgir é pequena porque um grande número de variáveis está envolvido. Portanto, o sistema de armazenamento pode funcionar de maneira satisfatória, mesmo que uma ou duas tolerâncias e deformações sejam maiores que o especificado.

NOTA Para calcular as folgas quando for utilizado equipamento automatizado de colocação e retirada em armazéns de módulos altos, ver FEM 9.831 [8].

#### G.2 Sistemas de armazenagem que não sejam porta-paletes de simples profundidade

Em sistemas de porta-paletes diferentes dos arranjos de porta-paletes seletivos de simples profundidades, como no de dupla profundidade e de longarinas em balanço, essas recomendações devem ser revisadas e ajustadas para os requisitos operacionais mais seguros ao sistema que está sendo projetado.

NOTA Recomenda-se consultar a FEM 9.831 [8] para outros tipos de porta-paletes abastecidos por transelevadores.

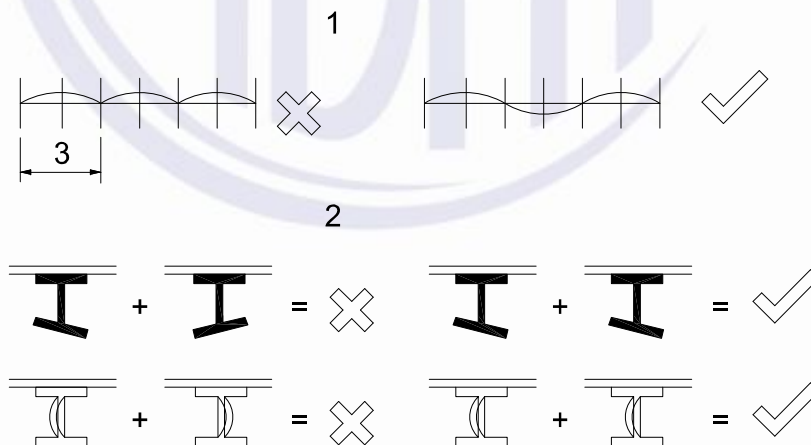
## Anexo H (informativo)

### Recomendações de tolerância do trilho-guia superior

As tolerâncias da seção do trilho-guia superior são determinadas pelo processo de fabricação e não podem ser ajustados depois disso. A seguir são indicadas orientações para minimizar as tolerâncias de montagem da parte superior do trilho:

- ver EN 10034;
- ver EN 10210-2;
- ver EN 10056-2;
- ver ABNT NBR 15980;
- adquirir todo o material para o projeto de um mesmo lote de produção, o que minimiza as chances de grandes diferenças de tolerância entre os segmentos do material fornecido;
- conectar os segmentos dos trilhos às vigas superiores de suporte, considerando a tolerância de alinhamento (ver Figura H.1).

NOTA Os resultados 1 e 2 da Figura H.1 podem não ser alcançados simultaneamente.



#### Legenda

- vista em planta
- seções de perfis do trilho
- comprimento do segmento de trilho, aproximadamente 6 m

**Figura H.1 – Um método para garantir as tolerâncias da seção ao instalar o trilho-guia nas vigas de suporte superior**



## Anexo I (informativo)

### Sistemas de *sprinklers*

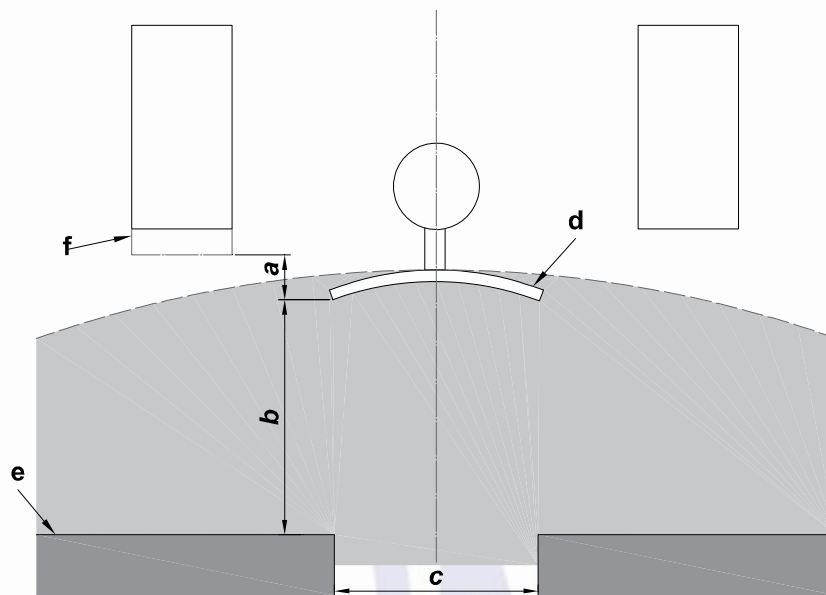
Os *sprinklers* usados em sistemas de armazenamento são geralmente fixados no telhado do edifício e/ou integrados no porta-paletes.

Em ambos os casos, o sistema de aspersão somente é eficaz se a água puder se espalhar conforme necessário, e isso requer que haja folgas suficientes entre os *sprinklers*, unidades de carga armazenadas, porta-paletes e prédio.

As folgas dependem do projeto do sistema de *sprinklers* e precisam levar em consideração as piores posições das mercadorias armazenadas e tolerâncias de colocação. O procedimento geralmente é o seguinte:

- o usuário informa o tipo de produto a ser armazenado, carga e dimensões das unidades de carga;
- o projetista do porta-paletes define as informações deste, incluindo deflexões, tolerâncias e folgas;
- o especificador (ou órgão responsável) fornece os requisitos do *sprinkler*, como folgas, espaço para passagem de água, ações induzidas (esforços) pelo sistema de *sprinklers* e sua posição no porta-paletes;
- a adequação do projeto do porta-paletes aos requisitos do sistema de *sprinklers* deve ser analisada e acordada entre o usuário, o responsável pelo projeto de prevenção de incêndio e o projetista do porta-paletes.

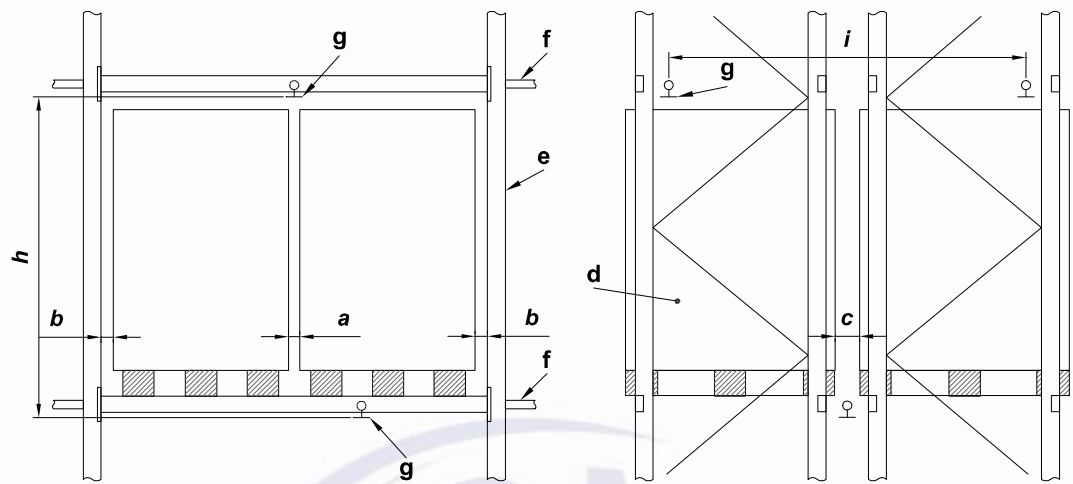
As Figuras I.1, I.2 e I.3 mostram as posições típicas de sistemas de *sprinklers* em porta-paletes e as folgas necessárias a serem especificadas.



### Legenda

- a distância do defletor do *sprinkler* à face inferior da longarina com deflexão máxima
- b dimensão vertical mínima entre a unidade de carga e o defletor do *sprinkler*
- c folga horizontal mínima entre unidades de carga (na posição mais desfavorável)
- d defletor do aspersor
- e unidade de carga
- f flecha máxima da longarina

**Figura I.1 – *Sprinklers* em porta paletes – Dimensões críticas com deflexão da longarina**

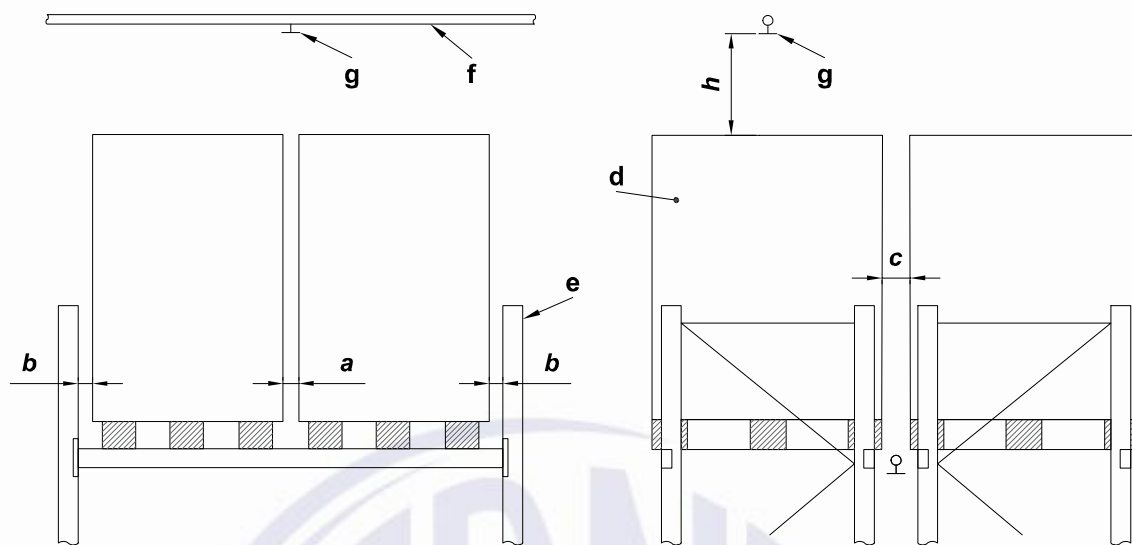


Legenda

- a folga horizontal mínima entre unidades de carga
- b folga horizontal mínima entre a unidade de carga e o porta-paletes
- c folga horizontal mínima entre unidades de carga (na posição mais desfavorável)
- d unidade de carga
- e coluna do porta-paletes
- f tubo de aspersão
- g defletor
- h distância vertical máxima entre aspersores
- i distância horizontal máxima entre aspersores

Figura I.2 – *Sprinklers* em porta-paletes – Dimensões críticas

Exemplar para uso exclusivo - Código Identificador #553498@552140# RNP:2612398694 (Pedido 894836 Impresso: 17/03/2024)



### legenda

- a folga horizontal mínima entre unidades de carga
- b folga horizontal mínima entre unidades de carga e o porta-paletes
- c folga horizontal mínima entre unidades de carga (na posição mais desfavorável)
- d unidade de carga
- e coluna do porta-paletes
- f tubo de aspersão
- g defletor
- h distância vertical entre a unidade de carga e o *sprinkler* (mínimo e máximo)

**Figura I.3 – *Sprinklers* de cobertura – Dimensões críticas**

## Bibliografia

- [1] ABNT NBR 15980, Perfis laminados de aço para uso estrutural – Dimensões e tolerâncias
- [2] ISO 3691-3, *Industrial trucks – Safety requirements and verification – Part 3: Additional requirements for trucks with elevating operator position and trucks specifically designed to travel with elevated loads*
- [3] FEM 4.005, *Industrial Trucks – 90 ° stacking aisle width*
- [4] FEM 10.2.06, *The design of hand loaded static steel shelving systems*
- [5] FEM 10.2.07, *The design of drive in and drive through pallet racking*
- [6] FEM 10.2.08, *The seismic design of static steel pallet racking*
- [7] FEM 10.2.14, *Warehouse floors*
- [8] FEM 9.831, *Calculation principles of storage and retrieval machines – Tolerances, deformations and clearances in high-bay warehouses*
- [9] EN 528, *Rail dependent storage and retrieval equipment – Safety*
- [10] EN 1993-1-1, *Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings*
- [11] EN 1993-1-3, *Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 1-3: General rules – Supplementary rules for cold-formed members and sheeting*
- [12] EN 10034, *Structural steel I and H sections – Tolerances on shape and dimensions*
- [13] EN 10056-2, *Structural steel equal and unequal leg angles – Part 2: Tolerances on shape and dimensions*
- [14] EN 10210-2, *Hot finished structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels – Part 2: Tolerances, dimensions and sectional properties*
- [15] EN 15635, *Steel static storage systems – The application and maintenance of storage equipment*
- [16] European Council Directive 92/59/EEC, *General product safety*
- [17] European Commission Directive 92/58/EEC, *Minimum requirements for the provision of safety and /or health signs at work*
- [18] NR 11 – Norma Regulamentadora nº 11, *Transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais*