

CURSO

TMC 2 INTERPRETAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DE TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS – GD&T

Programa EUCLIDES

(CM-587)

Data: 13 a 15 de junho de 2007

Carga Horária: 16 horas

**Local: Fundação CERTI
Florianópolis - SC**

Ministrante: ADEMIR LINHARES DE OLIVEIRA

Engenheiro Mecânico e Mestre em Metrologia Científica e Industrial pela UFSC. Especialista em Medição por Coordenadas e Tolerâncias Geométricas (GD&T), com treinamentos realizados na Alemanha. Atua na Fundação CERTI desde 1995 nas áreas de Metrologia Dimensional e Garantia da Qualidade, exercendo atualmente as funções de instrutor e consultor técnico do Centro de Metrologia e Instrumentação.

Nota: O material oferecido serve exclusivamente de apoio ao curso, sendo sua reprodução total ou parcial proibida, sem autorização prévia da CERTI.

Fundação CENTROS DE REFERÊNCIA EM TECNOLOGIAS INOVADORAS

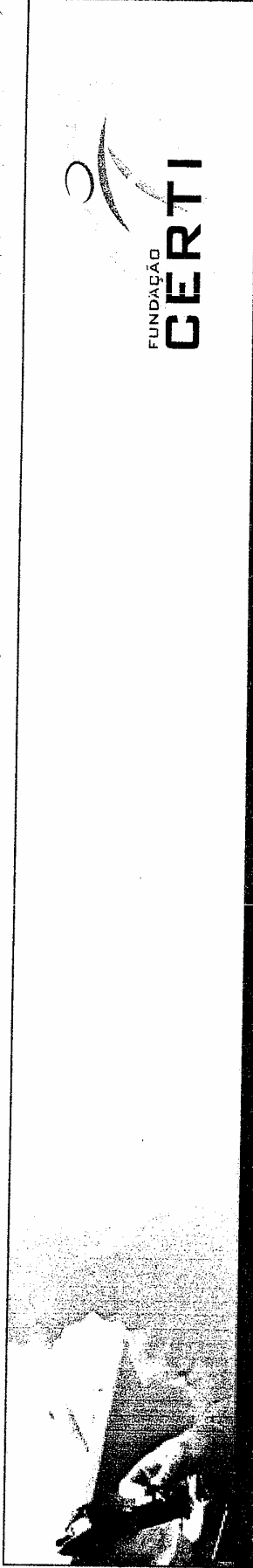
Referência no âmbito nacional e internacional pelo desenvolvimento de projetos inovadores como a uma eletrônica brasileira, os terminais de automação bancária e terminais públicos de acesso à Internet.

Campus da
Universidade Federal
Santa Catarina
Trindade - Florianópolis

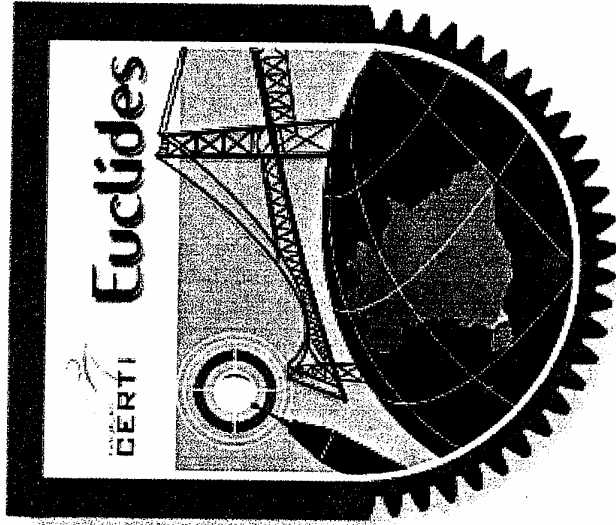
CERTI
Caixa Postal: 5053
Florianópolis - SC
88040-970

Contatos:
Telefone: 48-32392120
Fax: 48-32392119
E-mail: cursos@certi.org.br

Fundação CERTI
CNPJ: 78.626.363/0001-24
Insc. Est.: 251.378.241
Insc. Mun.: 50.111-5



CMI – Centro de Metrologia e Instrumentação



TMC 2 – Interpretação e Representação de Tolerâncias Geométricas

***Programa de Formação em
Tecnologia de Medição por
Coordenadas***

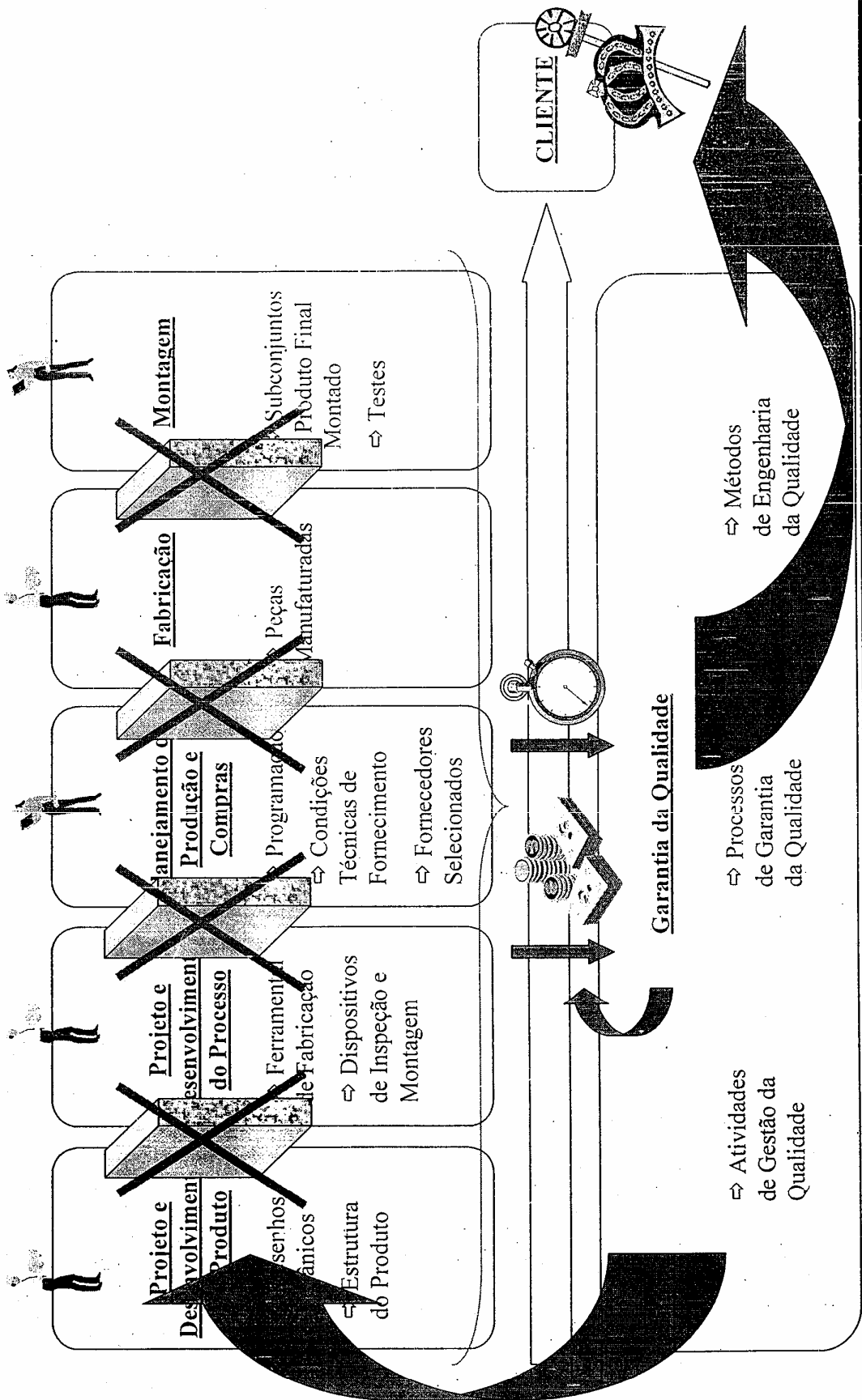
SUMÁRIO

<i>Módulo</i>	<i>Título</i>	<i>Página</i>
Módulo 1	Introdução	01
Módulo 2	Princípio Fundamental da Relação entre Tolerâncias Dimensionais e Geométricas	25
Módulo 3	Normalização	43
Módulo 4	Terminologia e Definições Referentes aos Elementos Geométricos – Sistema GPS	66
Módulo 5	Referências	84
Módulo 6	Tolerâncias Geométricas	102
Módulo 7	Modificadores da Condição de Material	111
Módulo 8	Tolerâncias de Posição	156
Módulo 9	Tipos de Controle Geométrico	167
Módulo 10	Conceitos Adicionais	202
Referências Bibliográficas		220

Módulo 1

Introdução

Garantia da Qualidade no Ciclo de Vida do Produto

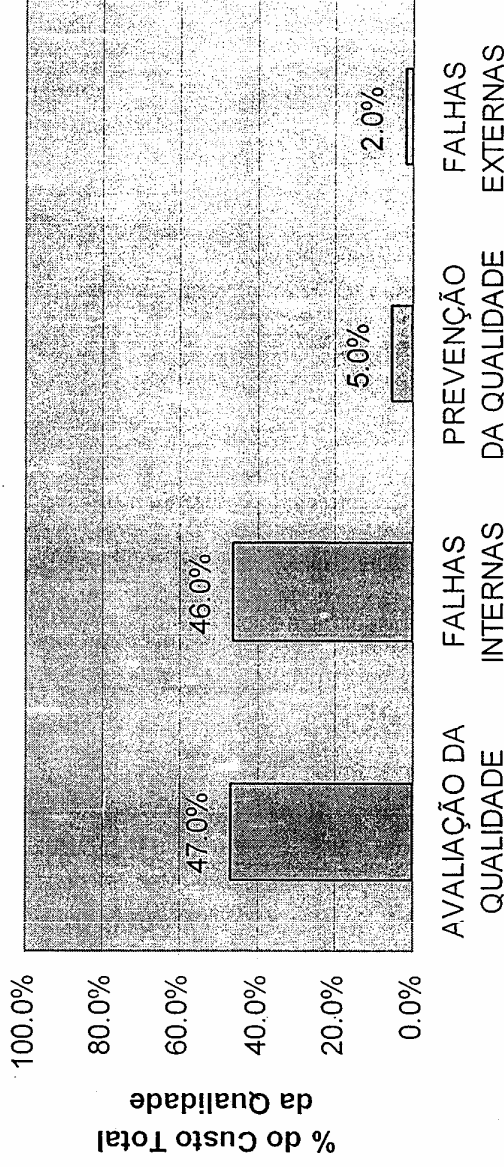


Custos da Qualidade

**Custo da
Qualidade numa
Típica Empresa
nos USA: 20%
do Custo Total
de Manufatura
do Produto**

(fonte: curso
"Introduction to Quality
Engineering da ASQ).

Configuração dos Custos da Qualidade - Típica Empresa
Americana



Categorias dos Custos da Qualidade

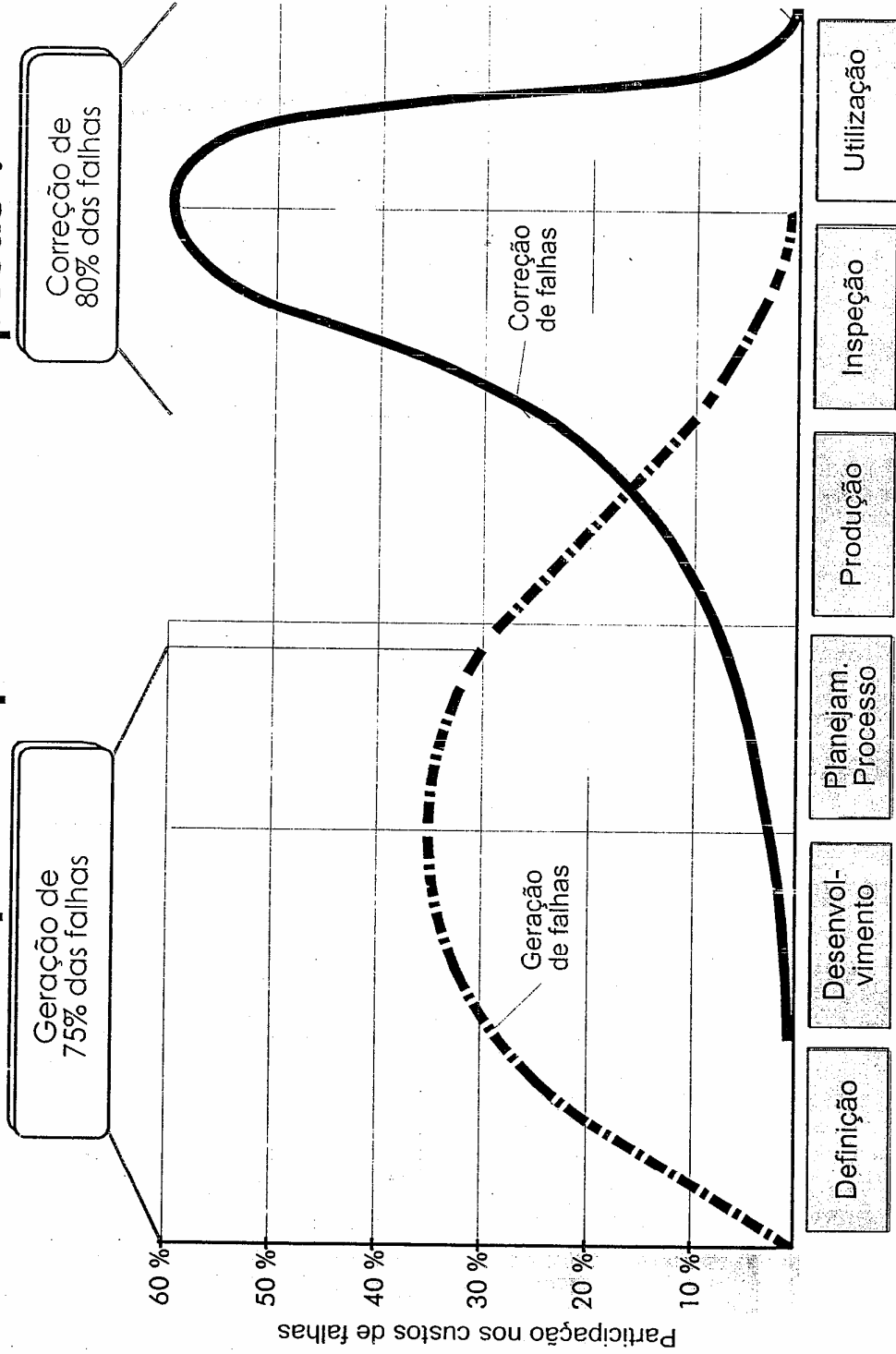
⇒ **Custo da Não Qualidade (falhas internas + falhas externas) numa empresa de manufatura: aproximadamente 15% do Faturamento (de 5% a 35% dependendo da complexidade do produto).**

(fonte: Gryna, Frank M. – "Quality Planning & Analysis").

Caracterização dos Custos das Falhas

Em que fases são geradas ?

Em que fase produzem despesas ?



Fonte: Tilo Pfeifer e Fernando Torres – "Qualitätsmanagement"

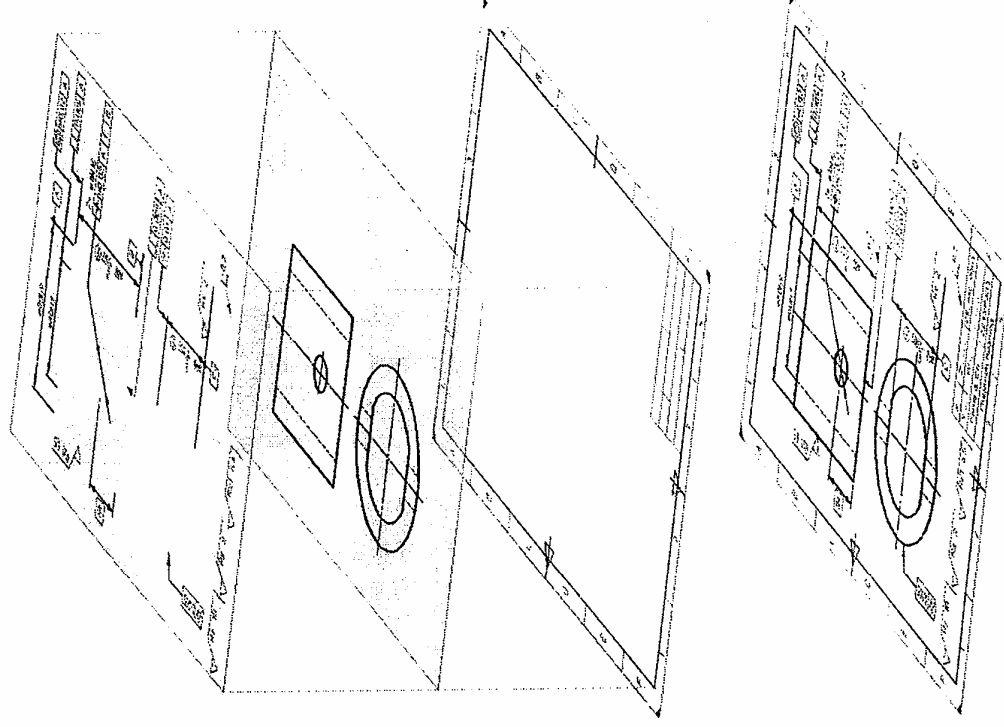
O DESENHO DIVIDE-SE EM TRÊS NÍVEIS

**Nível 3 – Tolerâncias/especificações
geométricas do produto**

Nível 2 – Vistas

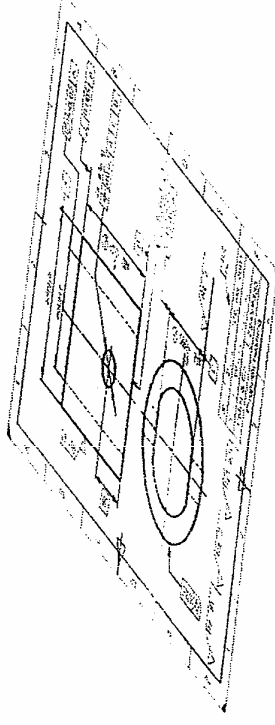
Nível 1 – Folha de desenho

**Desenho de
Engenharia**



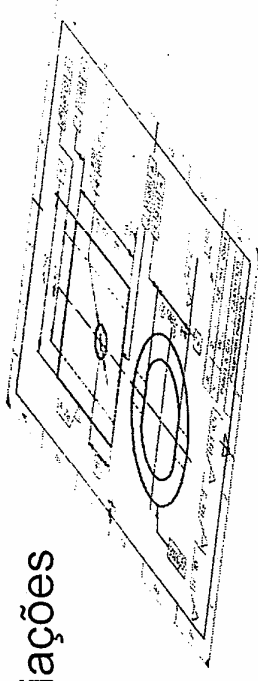
“É estimado que em torno de 80% da documentação de engenharia gerada nos EUA apresenta algum tipo de falha. Geralmente a geometria nominal é bem definida. O que normalmente não é claro são as variações permissíveis em relação à geometria nominal.”

Donald E. Day, presidente do Centro de Tecnologia Mecânica e da Qualidade de Rochester, NY, USA



EXEMPLOS TÍPICOS DE FALHAS EM DESENHOS MECÂNICOS IDENTIFICADOS PELA CERTI NAS INDÚSTRIAS:

- Ausência de norma de referência na legenda do desenho mecânico;
- Representação incorreta do elemento tolerado;
- Representação incorreta da forma da zona de tolerância;
- Representação incorreta do elemento de referência;
- Sistema de referências incompatível com requisitos funcionais da peça;
- Ausência de elementos de referência no desenho mecânico;
- Tipo de controle utilizado mais rigoroso que o necessário;
- Valor tolerado em desacordo com variações típicas do processo;
- ...



Para evitar que as falhas sejam repassadas à fábrica:

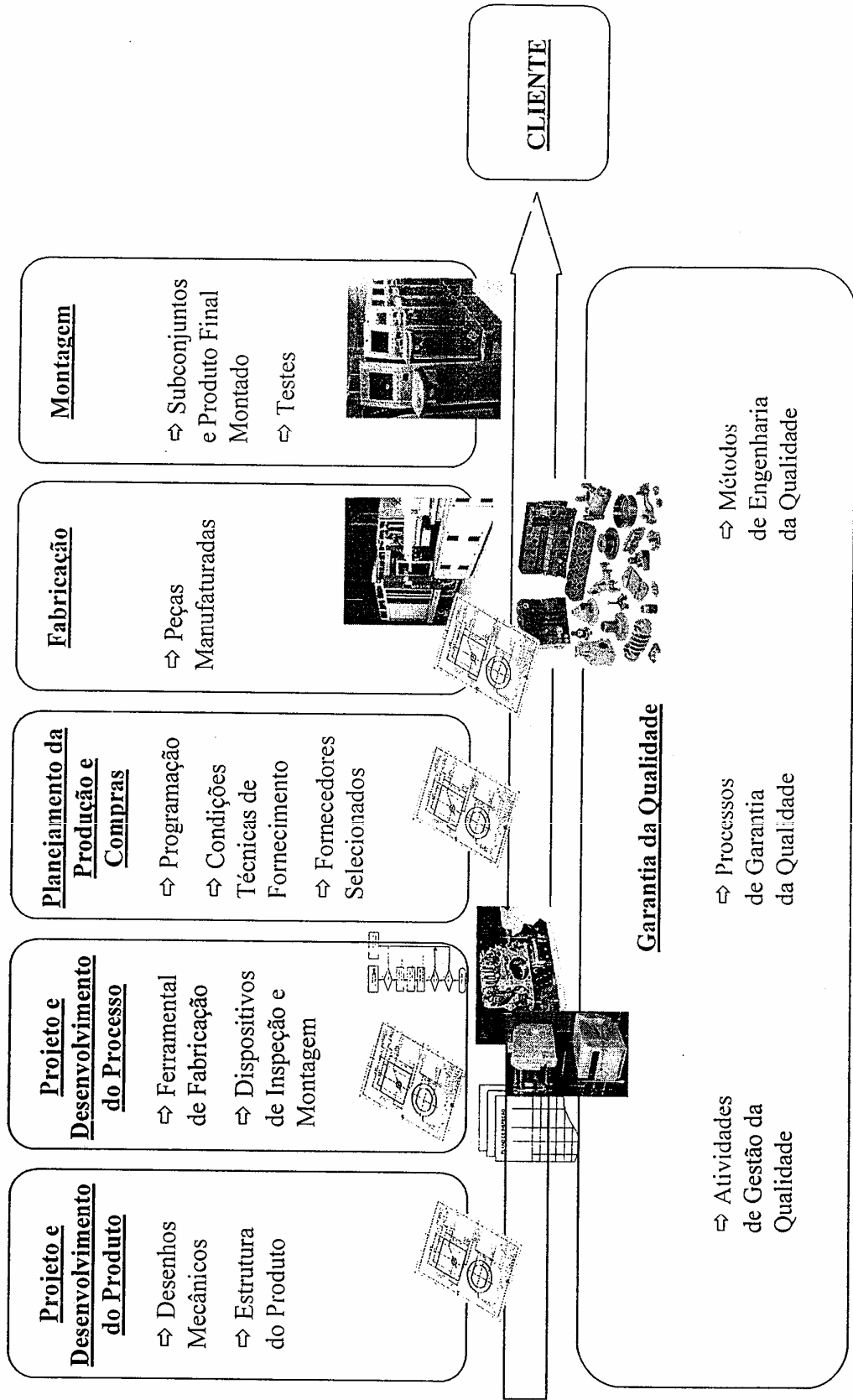


**Recomenda-se uma análise crítica dos
desenhos mecânicos antes de serem
liberados pela Engenharia !!**

- Ação preventiva para corrigir eventuais especificações incorretas ou ambíguas que passaram despercebidas pela Engenharia.
- Sugere-se que as áreas da Qualidade, Metrologia e Processos participem da análise crítica dos desenhos.

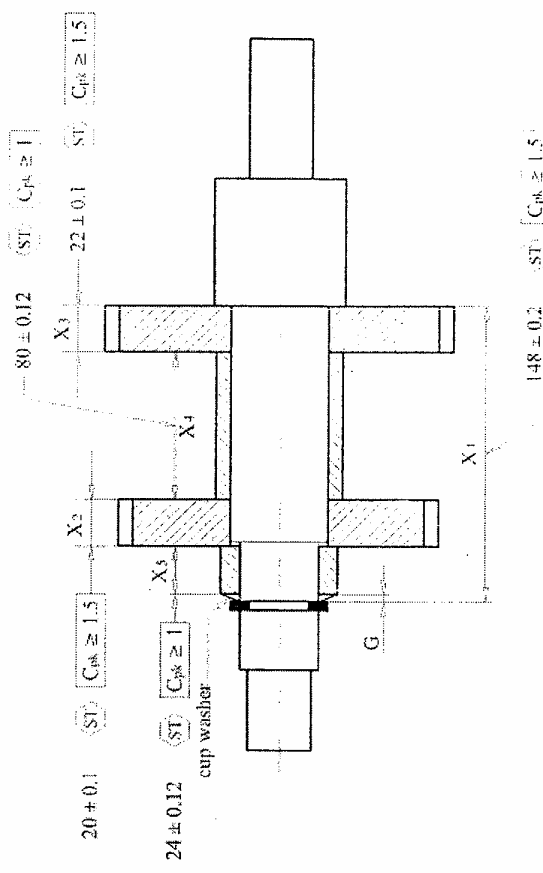


Desenho Mecânico no Ciclo de Vida do Produto



ALGUNS TÓPICOS IMPORTANTES

- Tolerância e funcionalidade;
- Especificação de tolerâncias;
- Análise de tolerâncias;
- Síntese de tolerâncias;
- Tolerância estatística;
- Computer Aided Tolerancing Systems – CAT Systems;

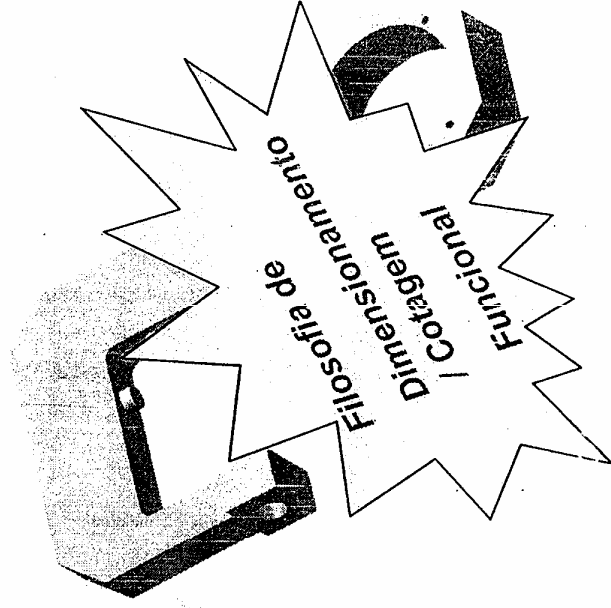


Fonte: Geometrical Product Specification – Course for Technical Universities,
P.H. Osanna, M. Tamre, A. Weckenmann, L. Blunt, W. Jakubiec

- Representação/Interpretação de tolerâncias;
- Normalização sobre tolerâncias;
- Garantia da qualidade geométrica/dimensional;
- Avaliação de conformidade (metrologia industrial e verificações).

Uma filosofia de projeto

GD&T adota a filosofia de dimensionamento na qual o requisito funcional da peça define a forma de cotagem e o valor de tolerância para cada dimensão.



Com este foco...

- As dimensões/cotas refletem os requisitos dos clientes
- A tolerância para cada dimensão/cota reflete a quantidade de variação permitida para que os requisitos dos clientes sejam assegurados

“GEOMETRIC DIMENSIONING AND TOLERANCING”

Filosofia de Dimensionamento Funcional para Projeto de Peças Mecânicas

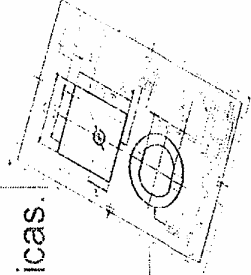
Sistemática de Análise e Especificação de Tolerâncias

Método analítico e preventivo da engenharia de projeto mecânico, que utiliza um conjunto de definições matemáticas para simulação de erros dimensionais e geométricos, dimensionamento e especificação das tolerâncias.

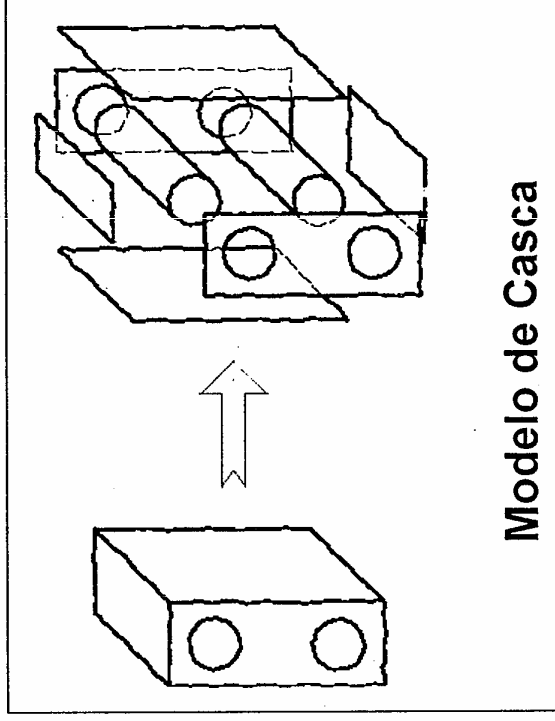
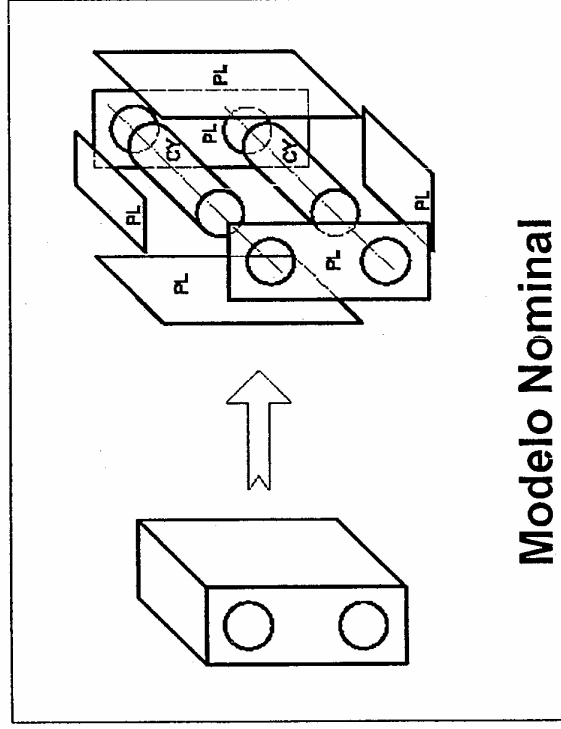


Linguagem de Engenharia Normalizada Internacionalmente

Define dimensões, formas, orientações, posições nominais e respectivas variações admissíveis para elementos de peças mecânicas.



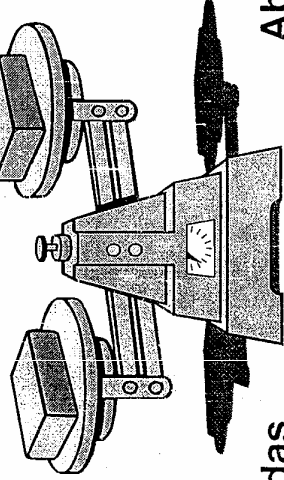
Modelo Nominal X Modelo de Casca



- Partindo-se do modelo nominal, imagina-se o modelo de superfície real (casca), que representa as variações esperadas para a peça.
- O modelo de casca é utilizado para simular variações reais das superfícies da peça (desvios de forma e angulares) e otimizar as tolerâncias.

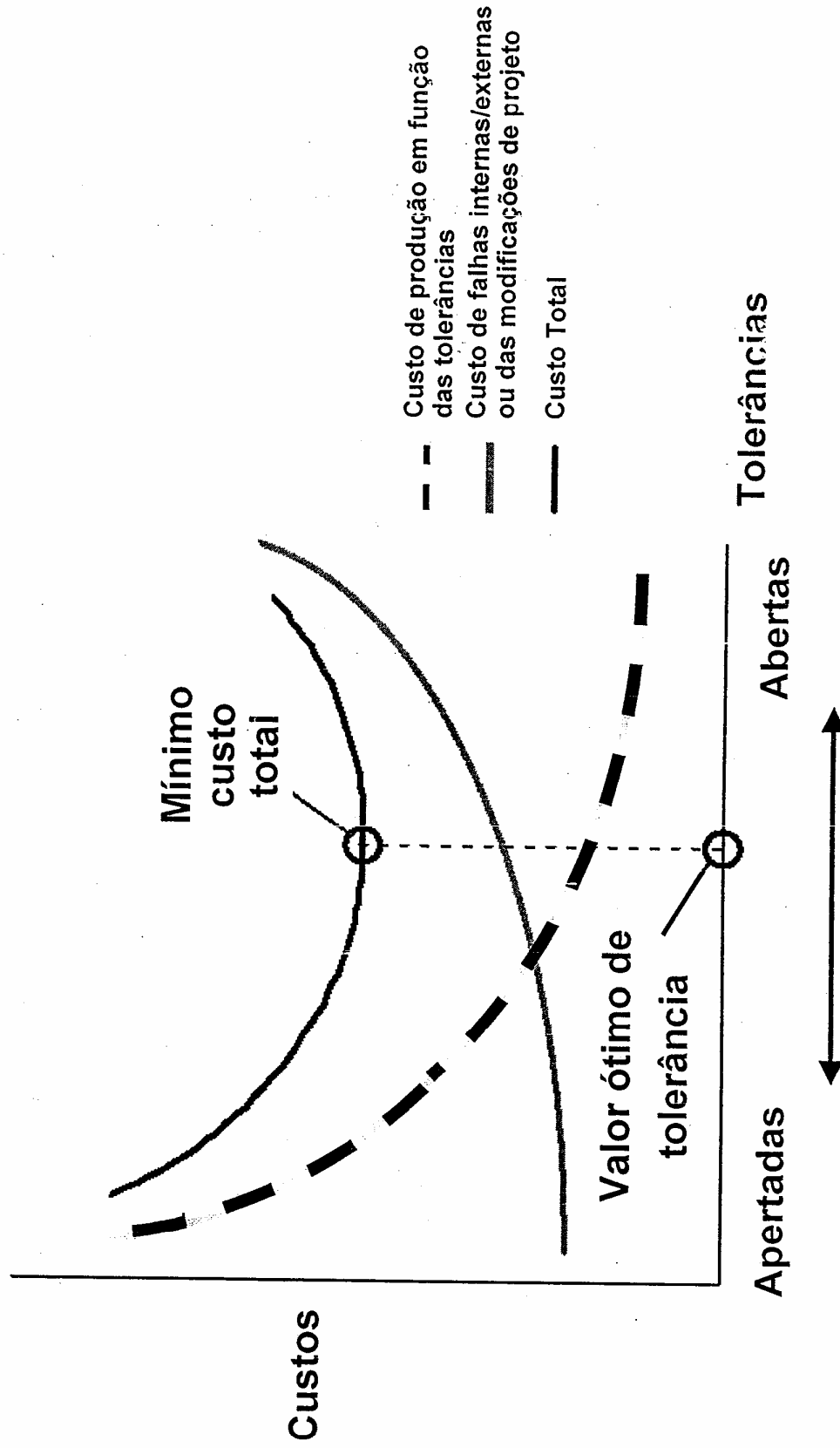
UM ELEMENTO DA INTERFACE ENTRE O PROJETO E A FABRICAÇÃO

Engenharia de projeto
Tolerâncias
Engenharia Industrial



- | | | |
|---|--|--|
| <p>Apertadas</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Ajustes e funcionalidade <input type="checkbox"/> Atendimento dos requisitos de projeto (satisfação dos clientes internos e externos) <input type="checkbox"/> Redução das dimensões do produto com aumento de funções (assegurar inexistência de interferências) <input type="checkbox"/> Robustez do projeto às variações <input type="checkbox"/> Custo das modificações de projeto | <p>Existência de Requisitos Concorrentes</p> | <p>Abertas</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Custo de produção <input type="checkbox"/> Seleção do processo <input type="checkbox"/> Máquinas-ferramenta <input type="checkbox"/> Habilidade do operador <input type="checkbox"/> Ferramental, dispositivos de fixação <input type="checkbox"/> Custo de inspeção <input type="checkbox"/> Montabilidade <input type="checkbox"/> Refugo e retrabalho |
|---|--|--|

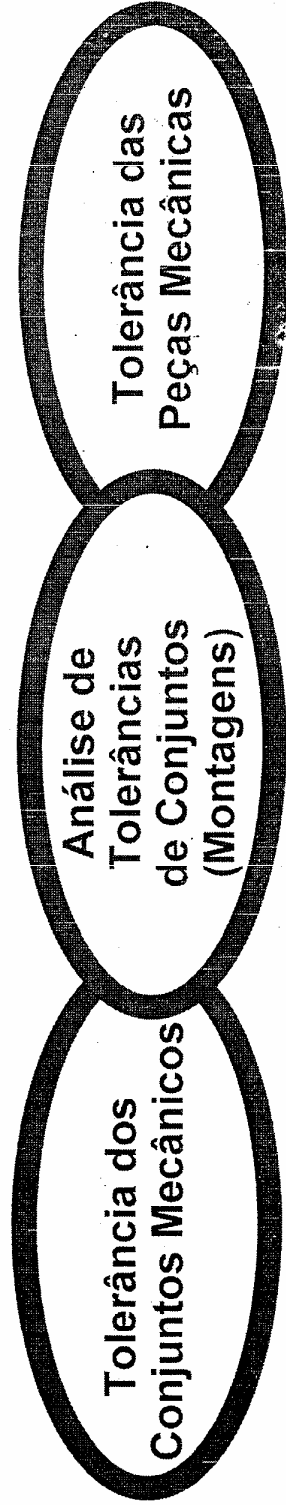
CUSTOS x TOLERÂNCIAS



Fonte: Angela Trego, "A Comprehensive System for Modeling Variation in Mechanical Assemblies."

Sistemática de Análise de Tolerância

Análise de Tolerância Promove a Engenharia Simultânea



Requisitos
de Projeto



Métodos
de Análise

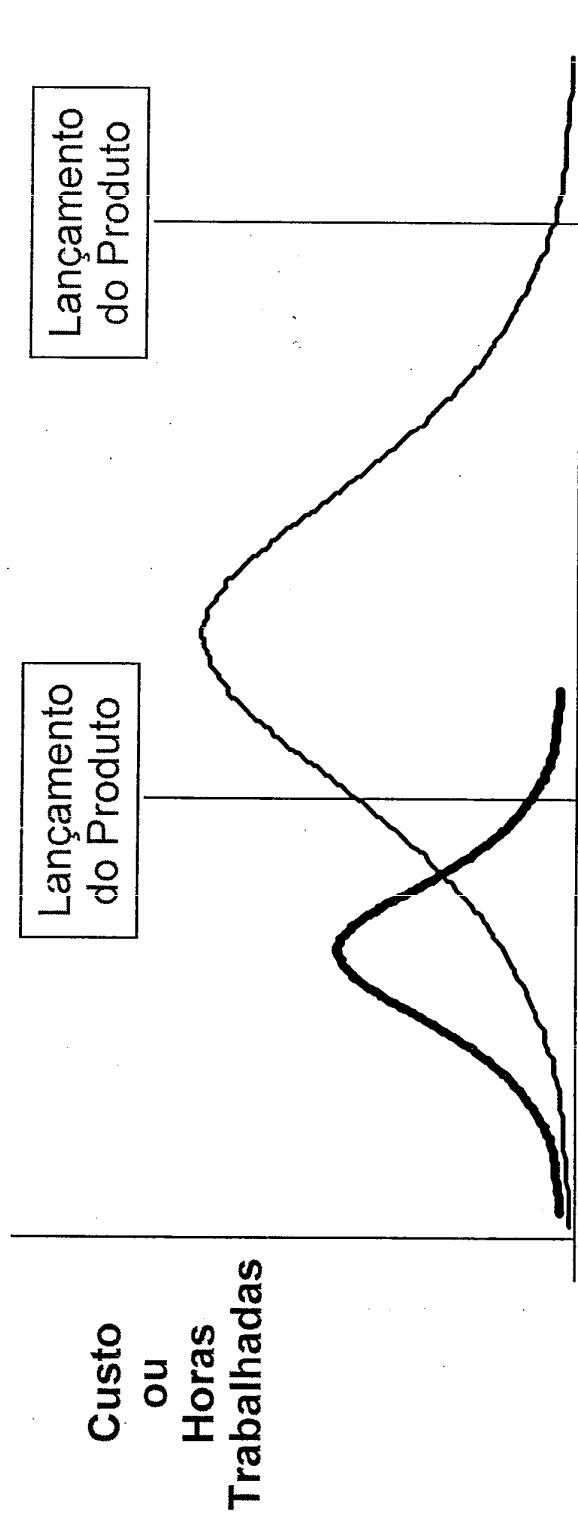


Requisitos de
Produção



MELHORIA DA QUALIDADE DO PROJETO
REDUÇÃO DE CUSTOS

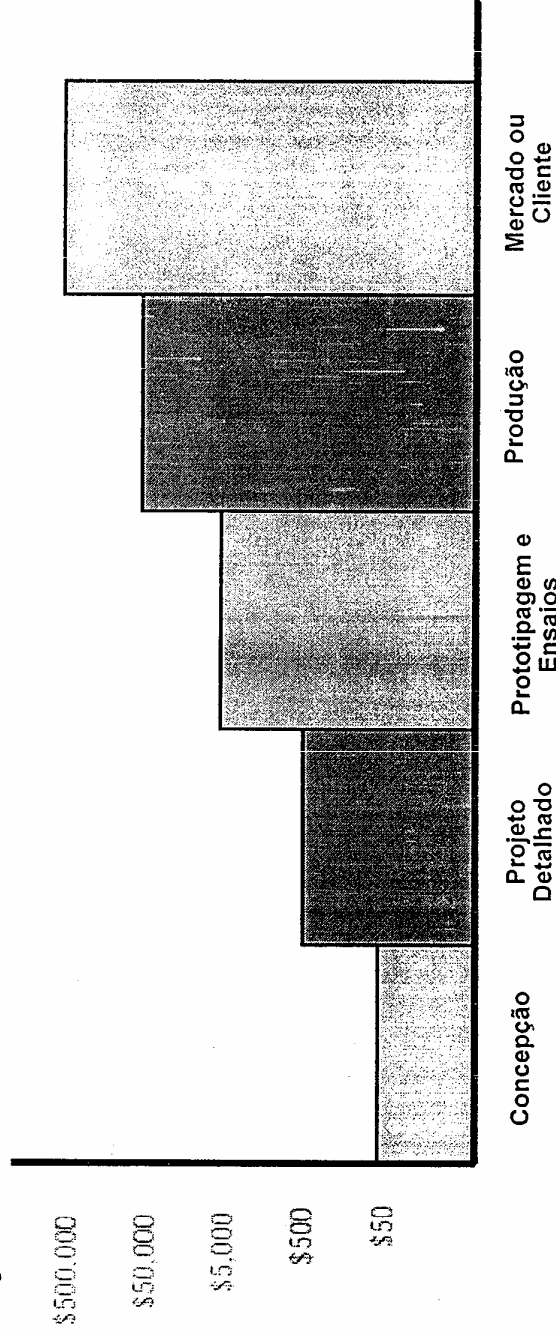
ENGENHARIA SIMULTÂNEA



Quando considerações referentes à fabricação são incluídas já nas fases iniciais de projeto, o tempo de desenvolvimento dos produtos pode ser reduzido de maneira significativa.

**CUSTOS DAS
MODIFICAÇÕES DE PROJETO**

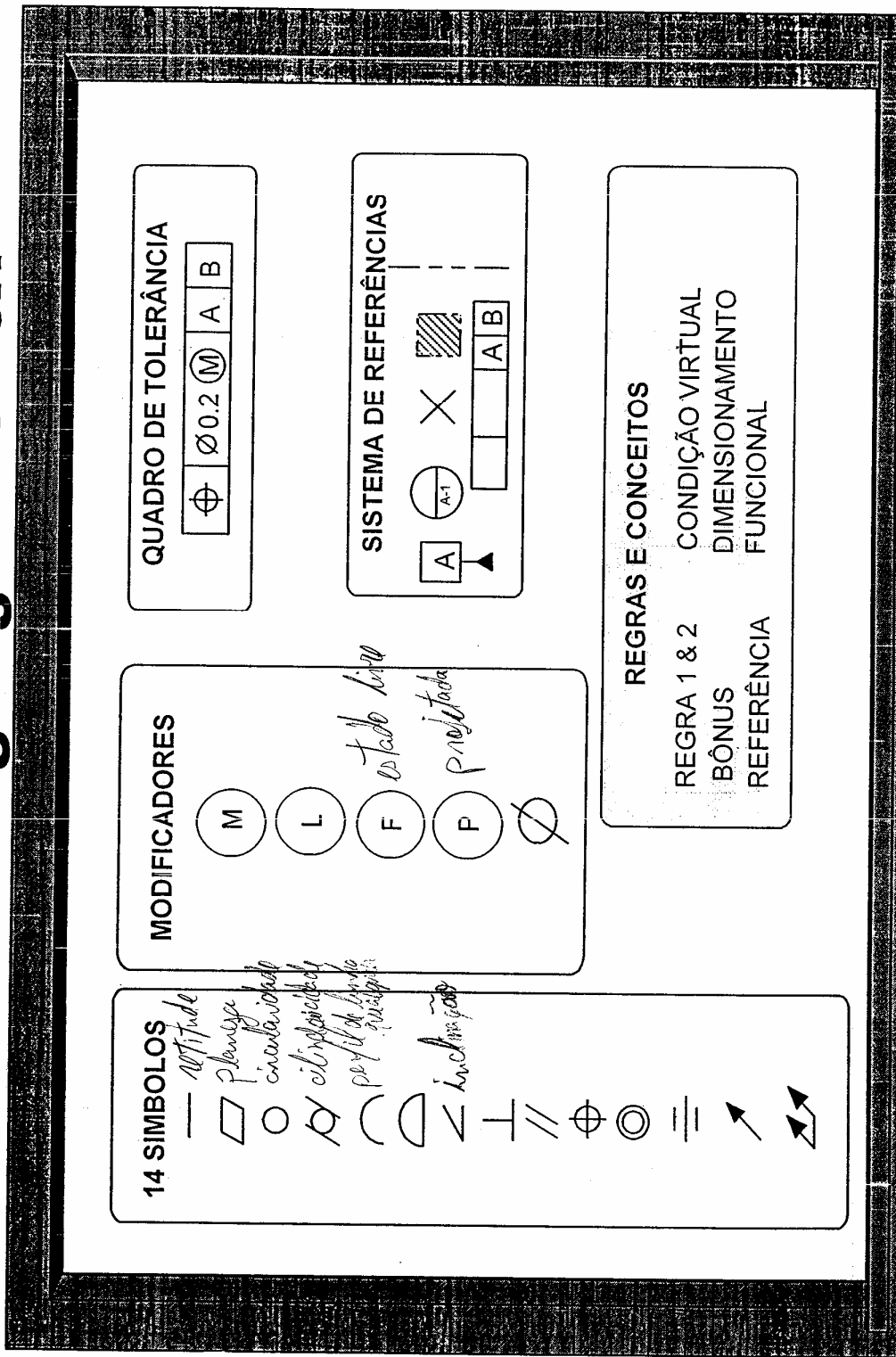
Custos das
modificações
de projeto



**Fase do
Desenvolvimento do
Produto**

Fonte: Angela Trego, "A Comprehensive System for Modeling Variation in Mechanical Assemblies."

A Linguagem GD&T



QS 9000 – item 4.4.2.1

“Os fornecedores de atividades de projeto devem ser qualificados nas seguintes habilidades:

- “GEOMETRIC DIMENSIONING AND TOLERANCING” - GD&T**
- QFD
- DFM/DFA
- Engenharia e Análise de Valor
- Delineamento de Experimentos (DOE)
- FMEA produto e processo
- Análise de Elementos Finitos
- Modelagem de Sólidos
- Técnicas de Simulação
- CAD/CAE
- Planos de Engenharia da Confiabilidade

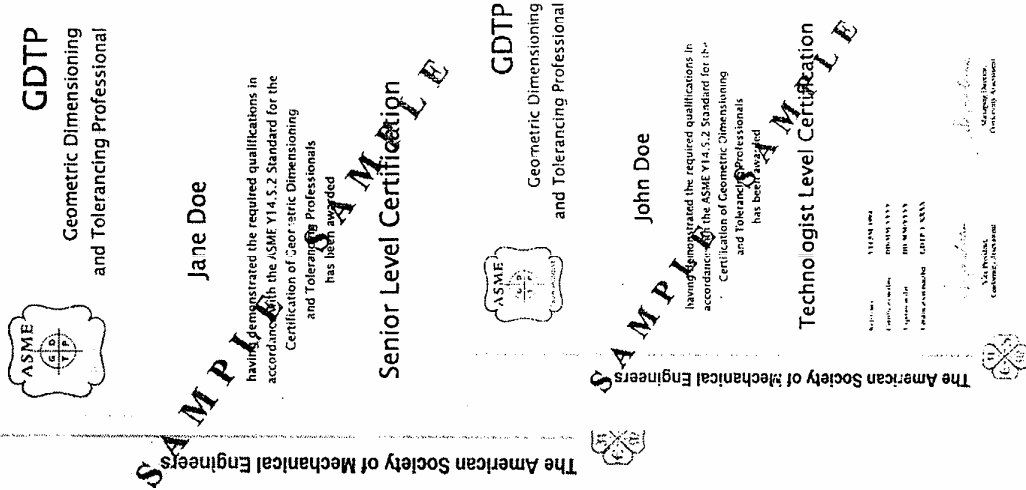
Certificação Profissional em GD&T - Certificado ASME GDTP

O que é ?

Certificado fornecido pela ASME que reconhece a proficiência na compreensão e aplicação dos princípios de GD&T definidos na norma **ASME Y14.5M**

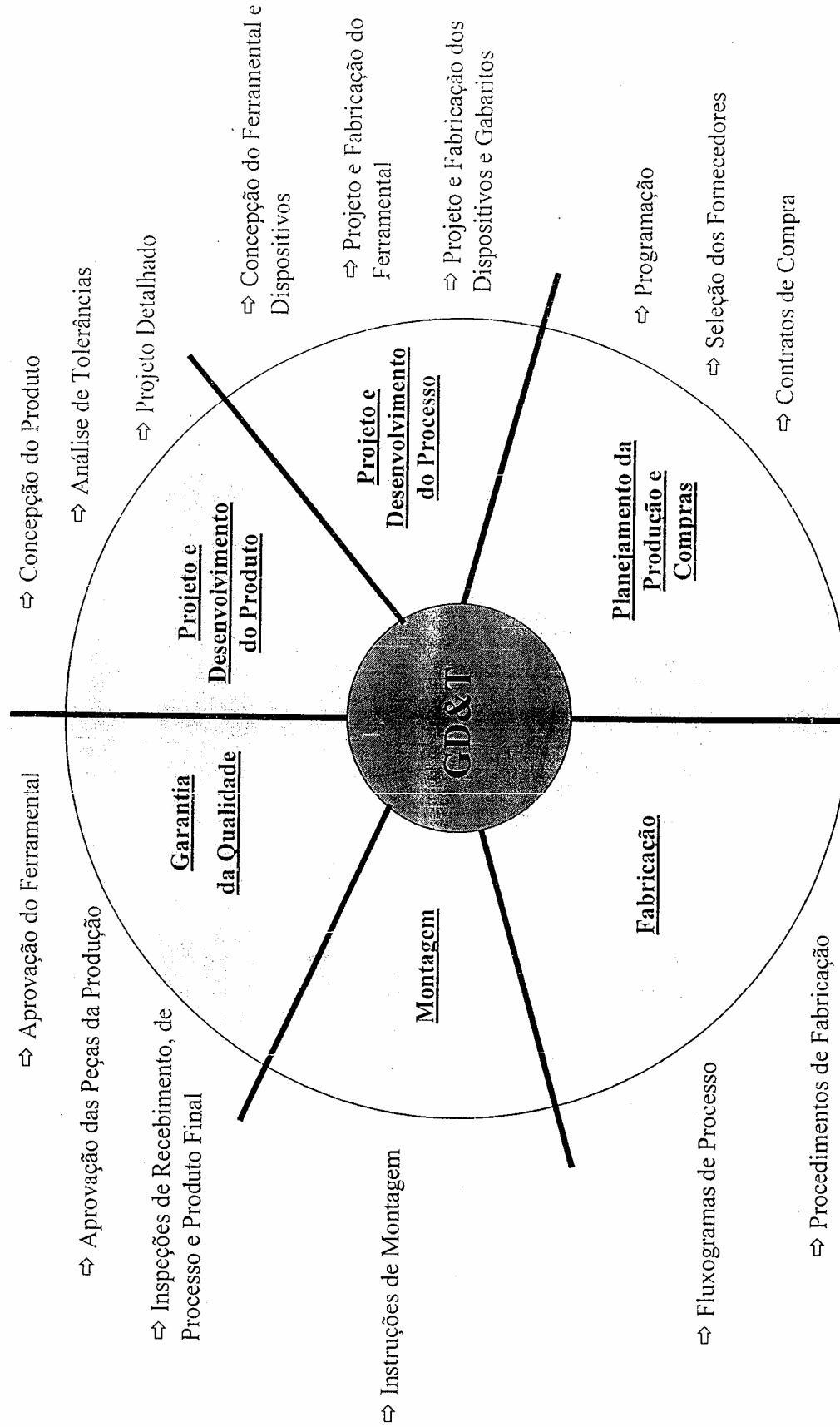
Os detentores deste certificado são profissionais que trabalham em algumas das maiores e mais respeitadas empresas do mundo, dentre elas:

- Honeywell Engines and Systems
- Intel Corp.
- Siemens-Westinghouse Power Corp.
- Nissan
- General Motors Corp.
- Ford Motor Company
- IBM Microelectronics
- Boeing
- Delphi Corp.
- Hewlett Packard
- ...



Como GD&T pode agregar valor ?

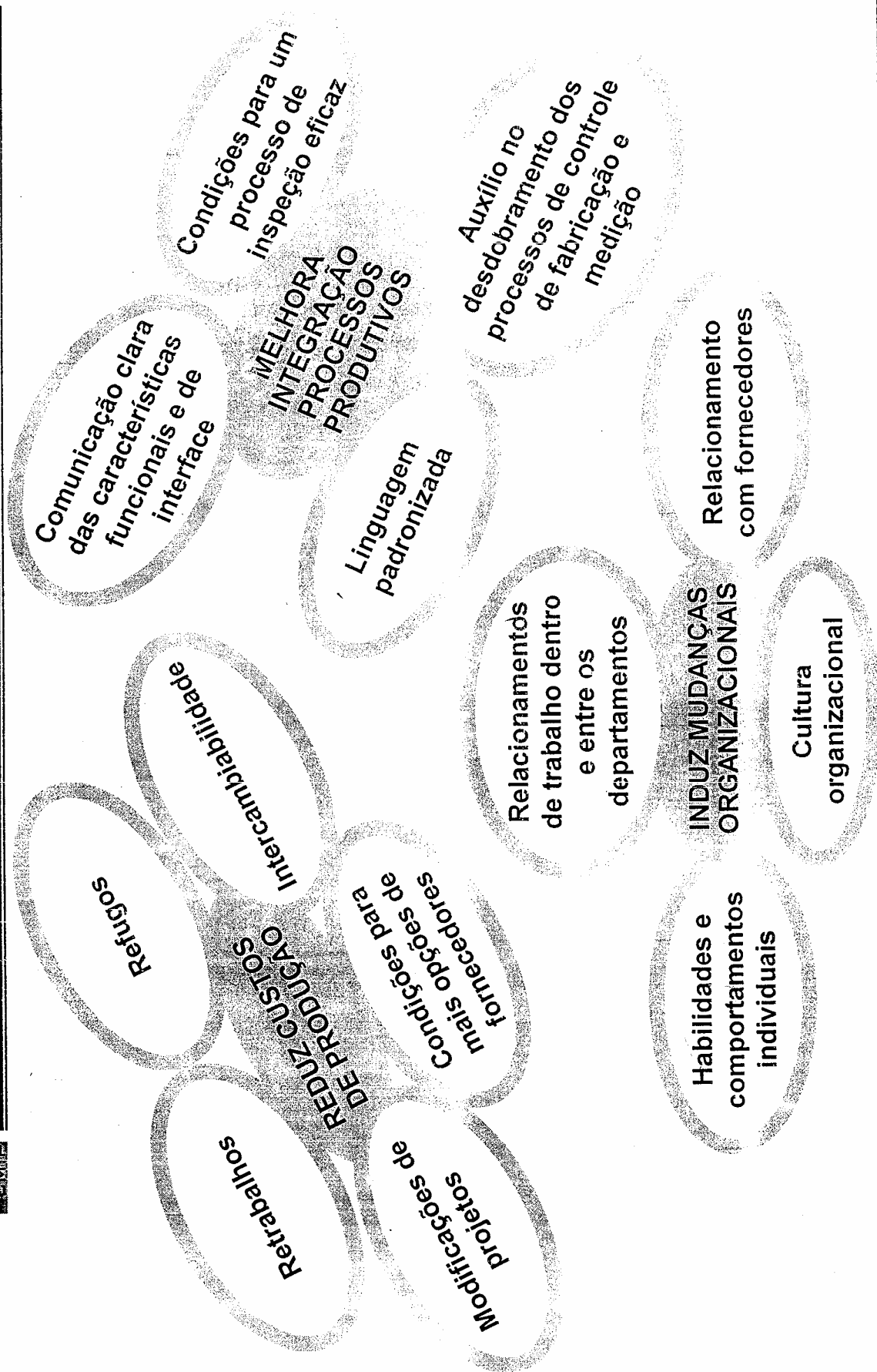
Quais processos podem ser otimizados com GD&T ?



Quais setores devem conhecer e empregar GD&T ?

SETORES	NÍVEL DE CONHECIMENTO / HABILIDADES REQUERIDAS				MEDIÇÃO CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS E VERIFICAÇÕES CONFORMIDADE
	INTERPRETAÇÃO	ESPECIFICAÇÃO	ANÁLISE DE TOLERÂNCIA	CONCEPÇÃO DE GABARITOS e DISPOSITIVOS	
Projeto Mecânico	X	X	X	X	X
Planejamento do Processo de Produção e Compras	X				
Processos Fabricação (Eng. Industrial)	X	X	X	X	X
Fabricação (Produção)	X				X
Eng. da Qualidade e Controle da Qualidade	X	X	X	X	X
Montagem (Produção)	X				X

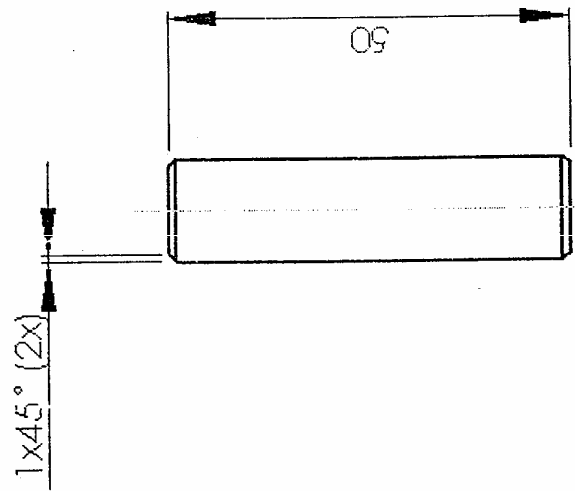
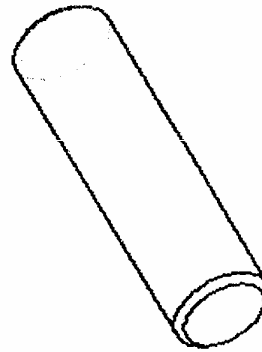
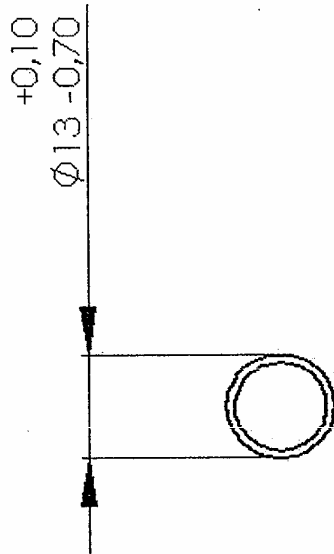
Como GD&T pode agregar valor ?



Módulo 2

Princípio Fundamental da Relação entre Tolerâncias Dimensionais e Geométricas

**EXERCÍCIO EM
GRUPO**



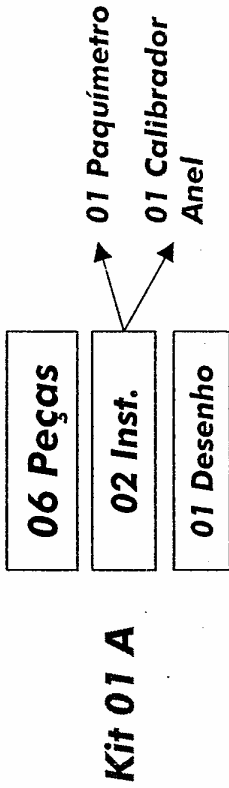
EXERCÍCIO EM GRUPO

Instruções de trabalho:

1. Com base no desenho do pino apresentado, cada grupo deverá exercer o papel de fornecedor dos mesmos.
2. Cada grupo receberá 06 peças para serem inspecionadas e terá que inspecionar, aprovar e entregar três pinos aprovados.
3. Cada grupo receberá um procedimento de inspeção resumido, uma planilha para registro dos resultados da inspeção e os respectivos meios de inspeção necessários.
4. Os pinos recebidos serão aceitos pelo "cliente" se os mesmos encaixarem totalmente na contra-peça, sendo assim aprovados funcionalmente.

EXERCÍCIO EM GRUPO

Equipe A

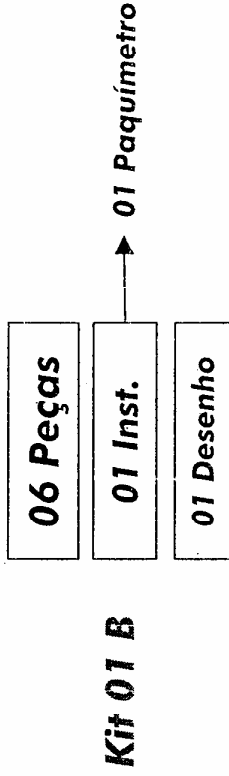


Executar a Inspeção das Peças e
Selecionar 03 delas

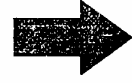


Entregar as Peças para Montagem

Equipe B

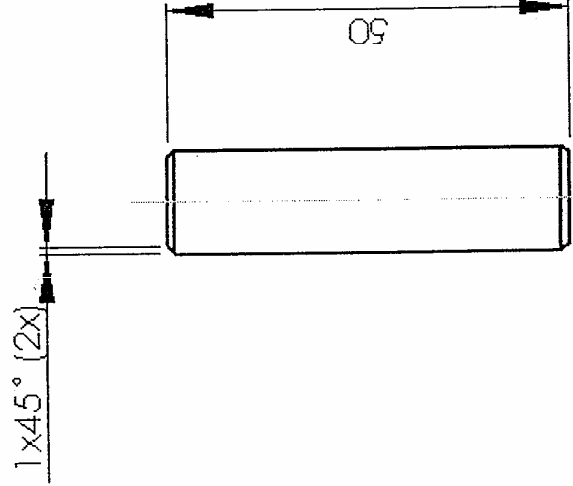
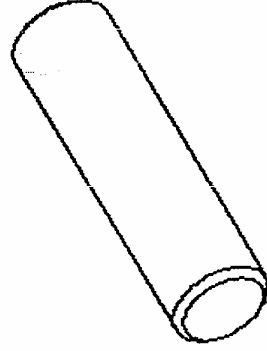
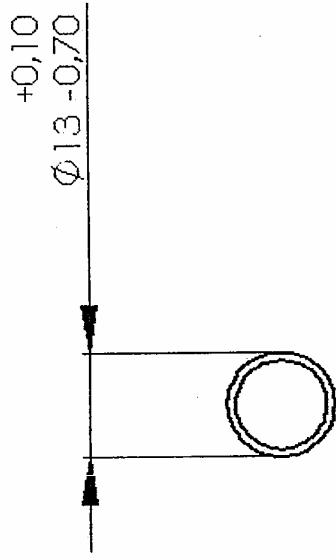


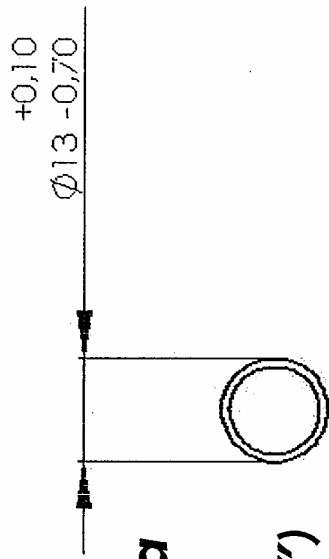
Executar a Inspeção das Peças e
Selecionar 03 delas



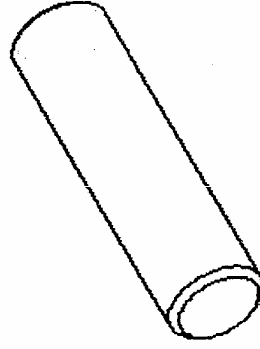
Entregar as Peças para Montagem

O PROBLEMA DE EMPENAMENTO DE UM PINO



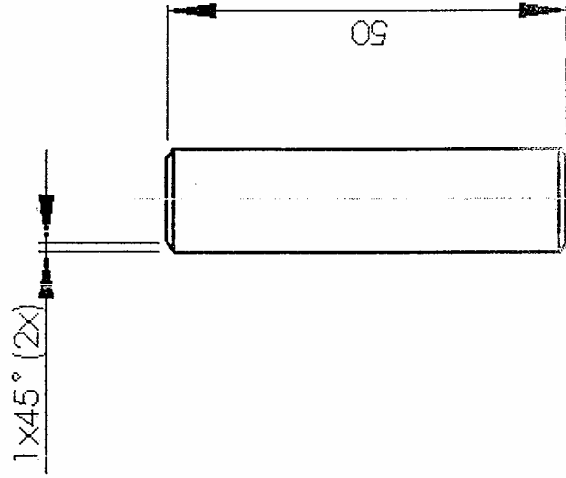


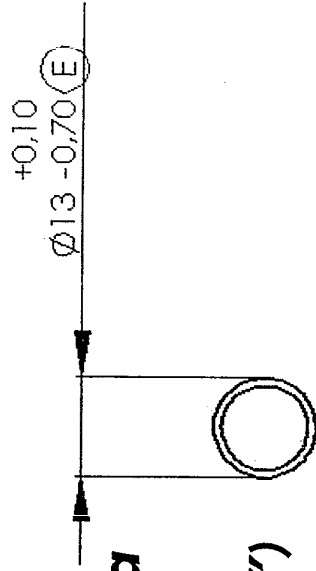
**Desenho segundo norma
ISO 8015**
(sem requisito de "envelope")



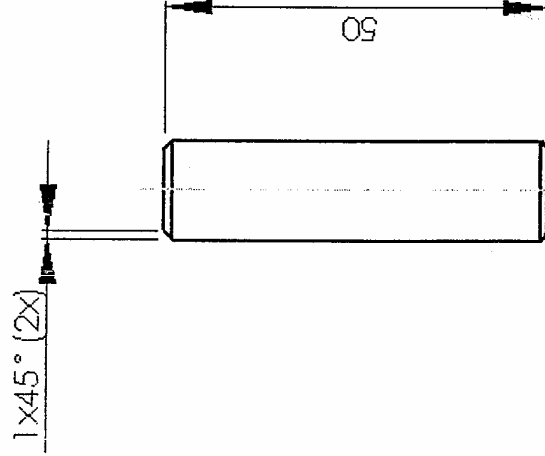
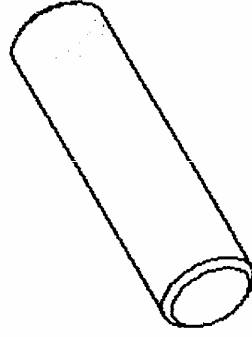
Notas:

01-TOLERANCING ISO 8015
(Especificação de tolerâncias
conforme ISO 8015)





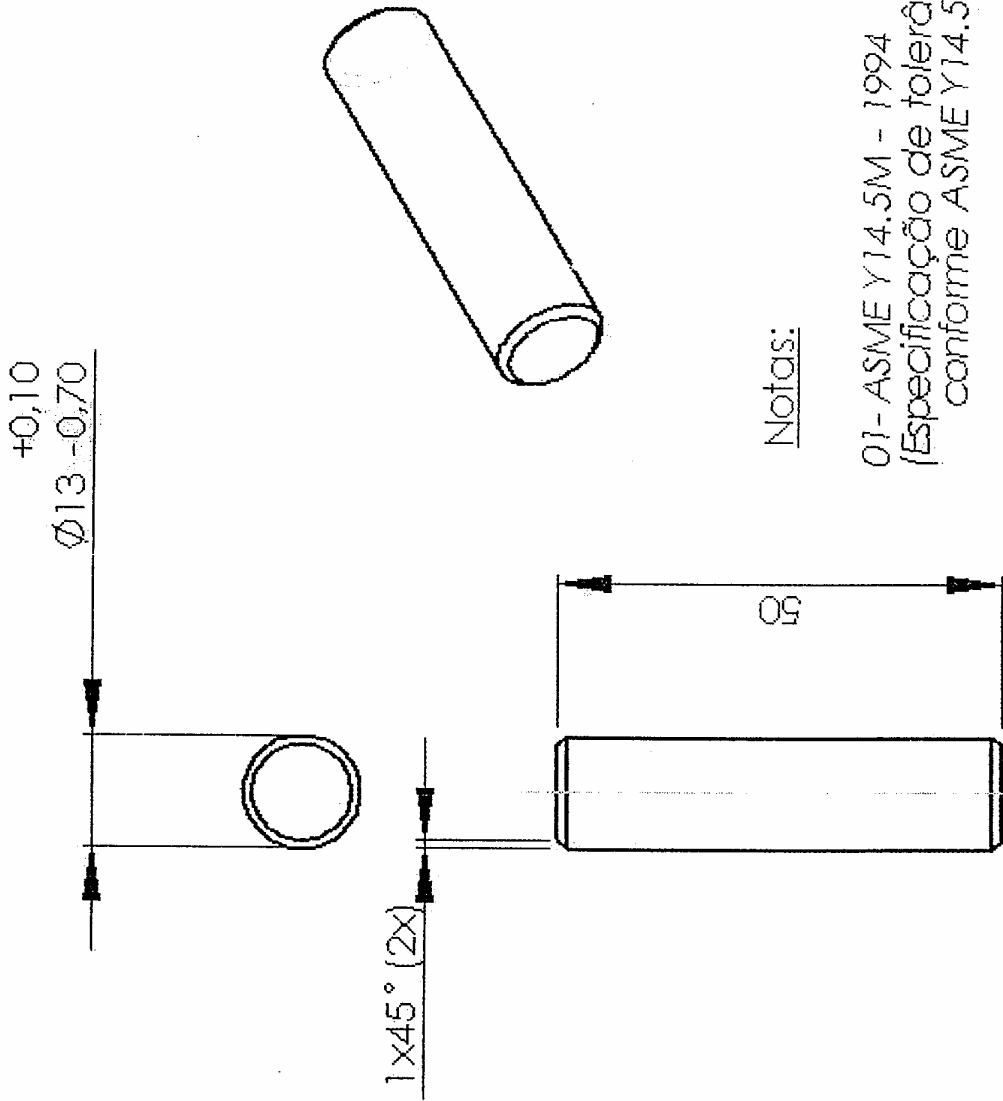
**Desenho segundo norma
ISO 8015**
(com requisito de "envelope")



Notas:

01- TOLERANCING ISO 8015
(Especificação de tolerâncias
conforme ISO 8015).

Desenho segundo norma ASME Y14.5M - 1994

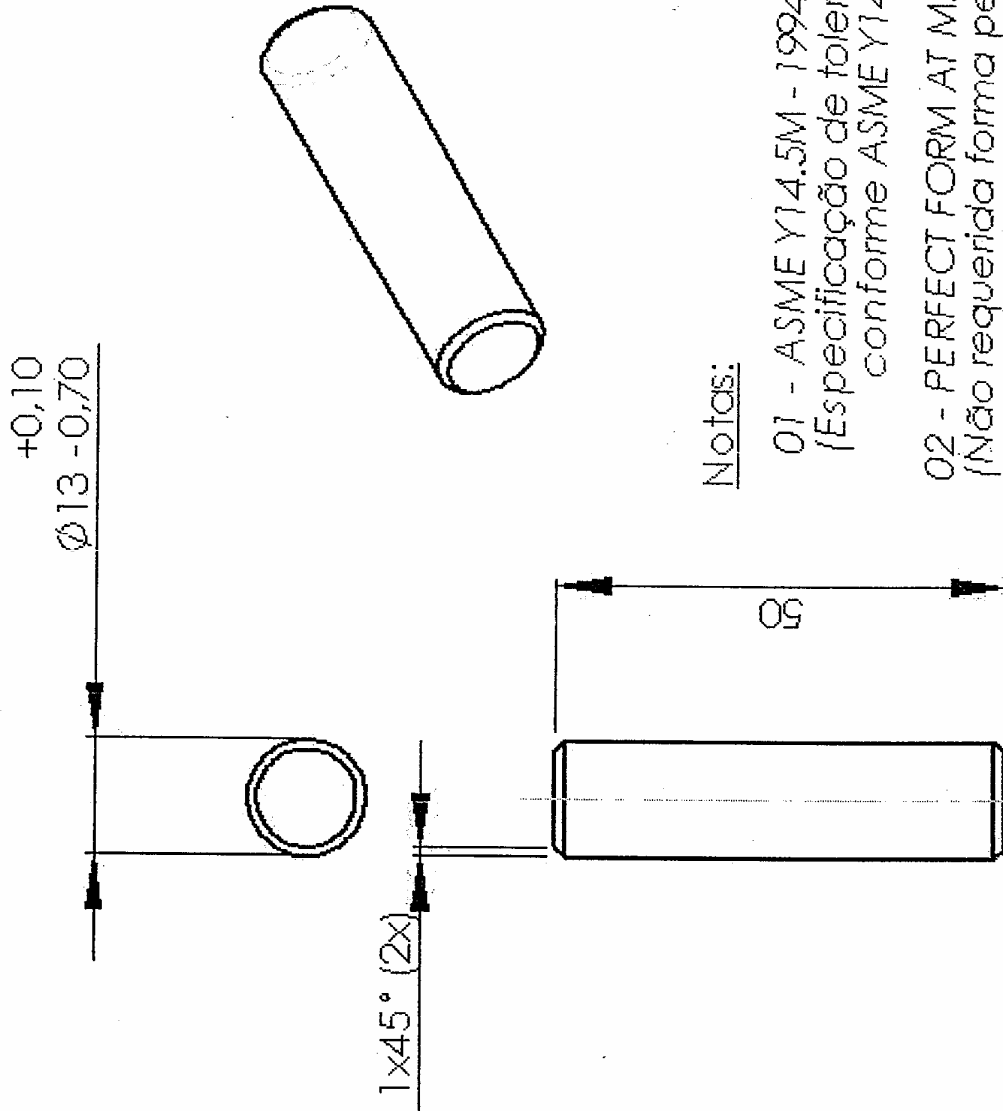


Notas:

01- ASME Y14.5M - 1994
(Especificação de tolerâncias
conforme ASME Y14.5 M - 1994)



Desenho segundo norma ASME Y14.5M - 1994



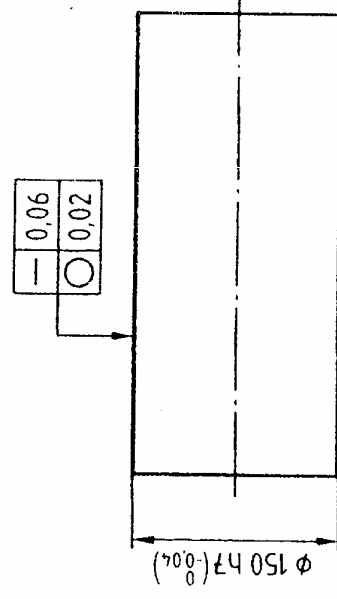
Notas:

- 01 - ASME Y14.5M - 1994
(Especificação de tolerâncias
conforme ASME Y14.5M - 1994)
- 02 - PERFECT FORM AT MMC NOT REQD.
(Não requerida forma perfeita
na condição de MMC).

Princípio da Independência

“ Cada requisito dimensional ou geométrico especificado em um desenho será apresentado independentemente, a menos que um particular relacionamento seja especificado ”

Portanto, onde não estiver especificado nenhum relacionamento, a tolerância geométrica aplica-se sem levar em consideração a característica dimensional, e os dois requisitos são tratados como sendo independentes (ISO 8015).

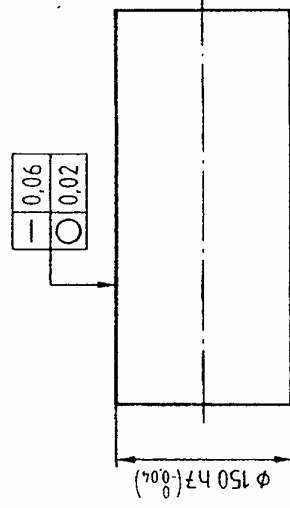


Nota: Tolerância conforme ISO 8015

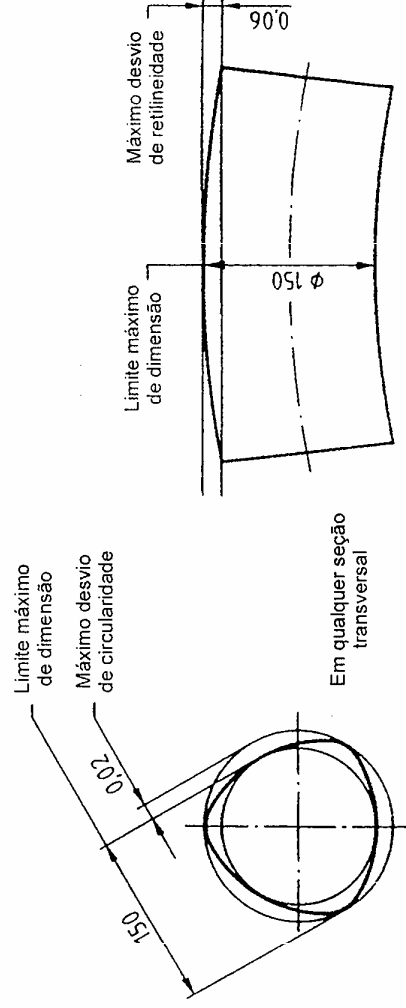
Fonte: ISO 8015 – Technical drawings –
Fundamental tolerancing principle; 1985.

Interpretação das tolerâncias com o princípio da independência

Uma tolerância de dimensão linear controla somente a **dimensão efetiva local (medições entre dois pontos)** de um elemento, mas não seus desvios de forma.



Tolerâncias geométricas controlam o desvio do elemento em relação a sua **forma, orientação e localização** teoricamente exatas, sem levar em consideração a característica dimensional.

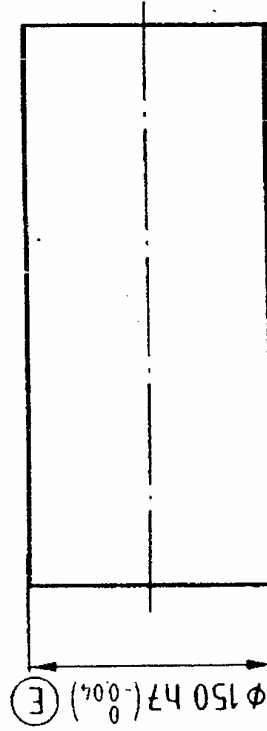


Fonte: ISO 8015 – Technical drawings – Fundamental tolerancing principle; 1985.

Requisito do Envelope

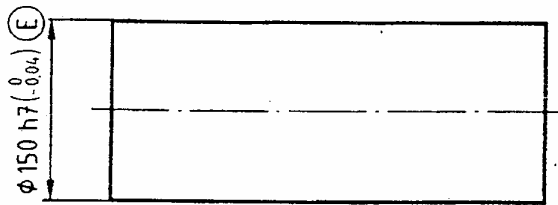
O requisito significa que o envelope de forma perfeita na dimensão de máximo material do elemento não deve ser violado.

Aplica-se para elementos individuais, superfícies cilíndricas, ou um elemento estabelecido por duas superfícies planas paralelas.



Fonte: ISO 8015 – Technical drawings –
Fundamental tolerancing principle; 1985.

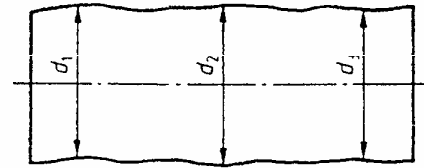
Interpretação do Requisito do Envelope



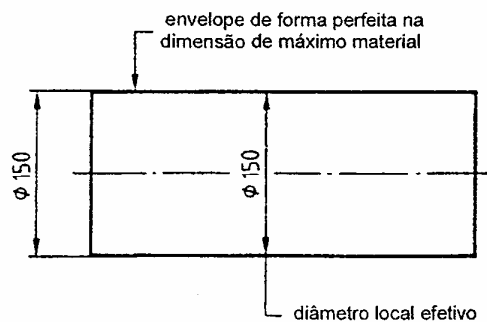
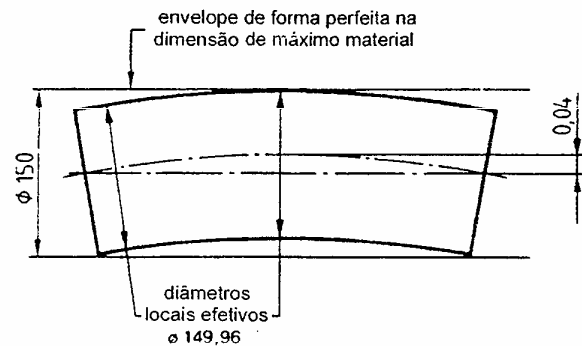
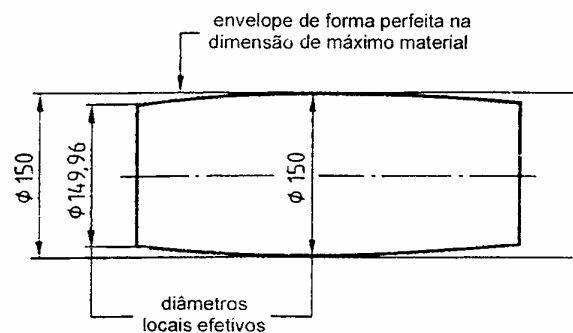
⇒ A superfície do elemento cilíndrico não pode se estender mais do que o envelope da forma perfeita na dimensão de máximo material (150 mm)

⇒ Nenhuma dimensão local efetiva pode ser menor que a dimensão limite mínima (149,96 mm)

Fonte: ISO 8015 – Technical drawings – Fundamental tolerancing principle; 1985.



d_1, d_2, d_3 : diâmetros locais efetivos



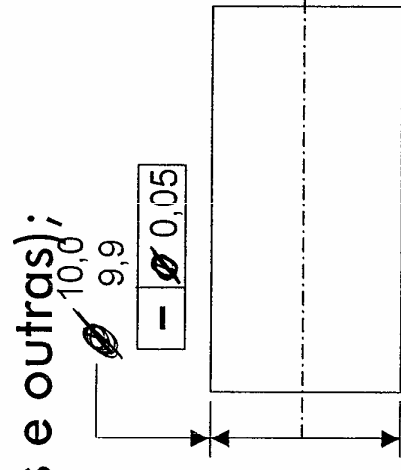
REGRA 1 DA ASME Y14.5M

**A menos que seja especificado o contrário
OS LIMITES DIMENSIONAIS de um
elemento dimensional CONTROLAM A
FORMA do elemento bem como a
DIMENSÃO do mesmo.**

Fonte: ASME Y14.5M –1994, American Society of
Mechanical Engineers.

EXCEÇÕES À REGRA 1 DA ASME Y14.5M

- Nota de exclusão;
- Especificação de material bruto comercial ou matéria-prima (exemplo: chapas, barras e outras);
- Quando é especificada a retitude de uma "linha média derivada" ou de uma "superfície média derivada";
- No caso de variação de estado livre (por exemplo: controle do diâmetro médio de peças não rígidas)
- Quando a condição de mínimo material (LMC) é especificada no quadro de tolerância do elemento.



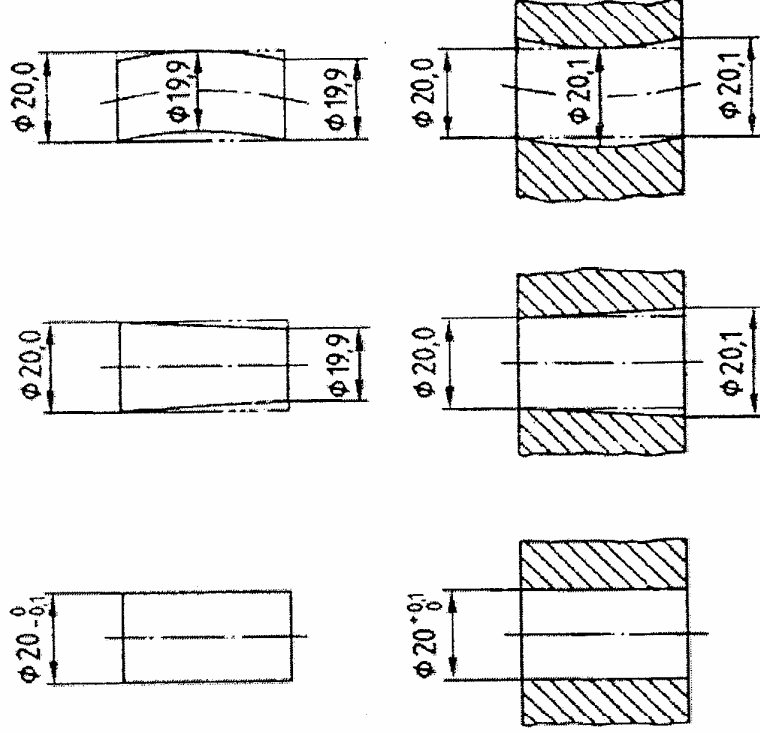
NORMA DIN 7167

“REQUISITO DO ENVELOPE

SEM INDICAÇÃO INDIVIDUAL NO DESENHO”

De acordo com a norma DIN 7167:1987, o requisito do envelope é aplicado para todos elementos geométricos sem indicação adicional.

De acordo com a norma ISO 8015:1985, o requisito do envelope é aplicado ao elemento geométrico no qual o símbolo **(E)** esteja indicado.



Fonte: DIN 7167 – Relation between tolerances of size, form and parallelism; 1987.

Definições

Dimensão Local Extraída:

Qualquer distância individual em qualquer seção transversal de um elemento, isto é, qualquer dimensão medida entre quaisquer dois pontos opostos.

Condição de Máximo Material (MMC):

O estado considerado no qual o elemento, em todo local, está no limite de dimensão onde seu o material é máximo.

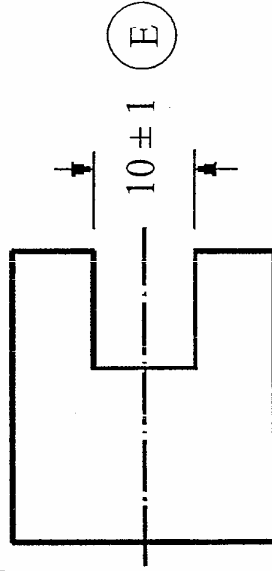
Por ex.: diâmetro mínimo de um furo e diâmetro máximo de um eixo.

Dimensão de Máximo Material:

A dimensão que define a condição de máximo material de um elemento

Exercício:

Para o desenho abaixo, qual das alternativas é a correta?



Tolerância conforme ISO 8015

- a) - O resultado de medição obtido com dois pontos opostos não pode ser menor do que 9 mm;
- O envelope de 11 mm não pode ser ultrapassado.
- b)** - O resultado de medição obtido com dois pontos opostos não pode ser maior do que 11 mm;
- O envelope de 9 mm não pode ser ultrapassado.

Módulo 3

Normalização



RELAÇÃO DAS PRINCIPAIS NORMAS ASME

- ASME Y14.5M – 1994: Engineering drawing and related documentation practices – Dimensioning and tolerancing
- ASME Y14.5.1M – 1994: Engineering drawing and related documentation practices – Mathematical definition of dimensioning and tolerancing principles → *Definições matemáticas*
- ASME Y14.5.2 – 2001: Certification of geometric dimensioning and tolerancing professionals → *certificação de profissionais*
- ASME Y14.41 – 2003: Digital Product Definition Data Practices – *uses de software*
- ASME Y14.43 – 2003: Dimensioning and tolerancing principles for gages and fixtures → *para gábetos e dispositivos*

Fonte: (01/06/2006)

RELAÇÃO DAS PRINCIPAIS NORMAS ISO

- ISO 1:2002 – Geometrical product specifications (GPS) - Standard reference temperature for geometrical product specification and verification
- ISO 286-1:1988 – ISO system of limits and fits - Part 1: Bases of tolerances, deviations and fits (under revision together with ISO 1829:1975)
- ISO 286-2:1988 – ISO system of limits and fits - Part 2: Tables of standard tolerance grades and limit deviations for holes and shafts
- ISO 406:1987 – Technical drawings - Tolerancing of linear and angular dimensions (transferred to ISO/TC 213 from ISO/TC 10/SC 1 - under revision)
- ISO 1101:2004 – Geometrical Product Specifications (GPS) – Geometrical tolerancing – Tolerances of form, orientation, location and run-out
- ISO 1101:2004 – Draft Amendment – Geometrical Product Specifications (GPS) – Geometrical tolerancing – Tolerances of form, orientation, location and run-out

Amendment 1: Representation of specifications in the form of 3D model

- ISO 1302:2002 – Geometrical Product Specifications (GPS) - Indication of surface texture in technical product documentation
- ISO 1829:1975 – Selection of tolerance zones for general purposes (under revision together with ISO 286-1:1988)
- ISO 1660:1987 – Technical drawings - Dimensioning and tolerancing of profiles
- ISO 2692:1988 – Technical drawings - Geometrical tolerancing - Maximum material principle (under revision)
- ISO 2692-AMD1:1992 – Technical drawings - Geometrical tolerancing - Maximum material principle - AMENDMENT 1: Least material requirement (under revision)
- ISO 2768-1:1989 – General tolerances - Part 1: Tolerances for linear and angular dimensions without individual tolerance indications (under revision)

Fonte: (01/06/2006)

RELAÇÃO DAS PRINCIPAIS NORMAS ISO

- ISO 2768-2:1989 – General tolerances - Part 2: Geometrical tolerances for features without individual tolerance indications (subject to ISO Systematic Review)
- ISO 4287:1997 – Geometrical Product Specifications (GPS) - Surface texture: Profile method - Terms, definitions and surface texture parameters (subject to ISO Systematic Review)
- ISO 4287:1997/Technical Corrigendum 1:1998
- ISO 4287:1997/Technical Corrigendum 2:2005
- ISO 5458:1998 – Geometrical product specifications (GPS) - Geometrical tolerancing - Positional tolerancing
- ISO 5459:1981 Technical drawings - Geometrical tolerancing - Datums and datum systems for geometrical tolerances (under revision)
- ISO/TR 5460:1985 – Technical drawings - Geometrical tolerancing - Tolerancing of form, orientation, location and run-out - Verification principles and methods - Guidelines
- ISO 8015:1985 Technical drawings - Fundamental tolerancing principle
- ISO 8785:1998 – Geometrical Product Specifications (GPS) - Surface imperfections - Terms, definitions and parameters
- ISO 10578:1992 – Technical drawings - Tolerancing of orientation and location - Projected tolerance zone (subject to ISO Systematic Review)
- ISO 10579:1993 – Technical drawings - Dimensioning and tolerancing - non rigid parts
- ISO 11562:1996 – Geometrical Product Specifications (GPS) - Surface texture: Profile method - Metrological characteristics of phase correct filters (subject to ISO Systematic Review)
- ISO 11562:1996/Technical Corrigendum 1:1998
- ISO 12085:1996 – Geometrical Product Specifications (GPS) - Surface texture: Profile method - Motif parameters (subject to ISO Systematic Review)

Fonte:  (01/06/2006)

RELAÇÃO DAS PRINCIPAIS NORMAS ISO

- ISO 12085:1996/Technical Corrigendum 1:1998
- ISO 14253-1:1998 – Geometrical product specifications (GPS) - Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment - Part 1: Decision rules for proving conformance or non-conformance with specifications
- ISO/TS 14253-2:1999 – Geometrical product specifications (GPS) - Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment - Part 2: Guide to the estimation of uncertainty in GPS measurement, in calibration of measuring equipment and in product verification
- ISO/TS 14253-3:2002 – Geometrical product specifications (GPS) - Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment - Part 3: Guidelines for achieving agreements on measurement uncertainty statements
- ISO/TR 14638:1995 – Geometrical Product Specifications (GPS) - Masterplan
- ISO 14660-1:1999 – Geometrical Product Specifications (GPS) - Geometrical features - Part 1: General terms and definitions
- ISO 14660-2:1999 – Geometrical Product Specifications (GPS) - Geometrical features - Part 2: Extracted median line of a cylinder and a cone, extracted median surface, local size of an extracted feature
- ISO/TR 16570:2004 – Geometrical Product Specifications (GPS) — Linear and angular dimensioning and tolerancing: +/- limit specifications — Step dimensions, distances, angular sizes and radii
- ISO/TS 17450-1:2005 – Geometrical Product Specifications (GPS) — General concepts — Part 1: Model for geometrical specification and verification
- ISO/TS 17450-2:2002 – Geometrical Product Specifications (GPS) - General concepts — Part 2: Basic tenets, specifications, operators and uncertainties

RELAÇÃO DAS PRINCIPAIS NORMAS ABNT

- NBR ISO 2768-1:2001 – Tolerâncias gerais – Parte 1: Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicação de tolerância individual
- NBR ISO 2768-2:2001 – Tolerâncias gerais – Parte 2: Tolerâncias geométricas para elementos sem indicação de tolerância individual
- NBR 6158:1995 – Sistema de tolerâncias e ajustes
- NBR 6173:1980 – Terminologia de tolerâncias e ajustes
- NBR 6409:1997 – Tolerâncias geométricas – Tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento – Generalidades, símbolos, definições e indicações em desenho
- NBR 14646:2001 – Tolerâncias geométricas – Requisitos de máximo e requisitos de mínimo material
- NBR 14699:2001 – Desenho técnico – Representação de símbolos aplicados a tolerâncias geométricas – Proporções e dimensões

www.iso.tc 213.de.dk

Fonte:

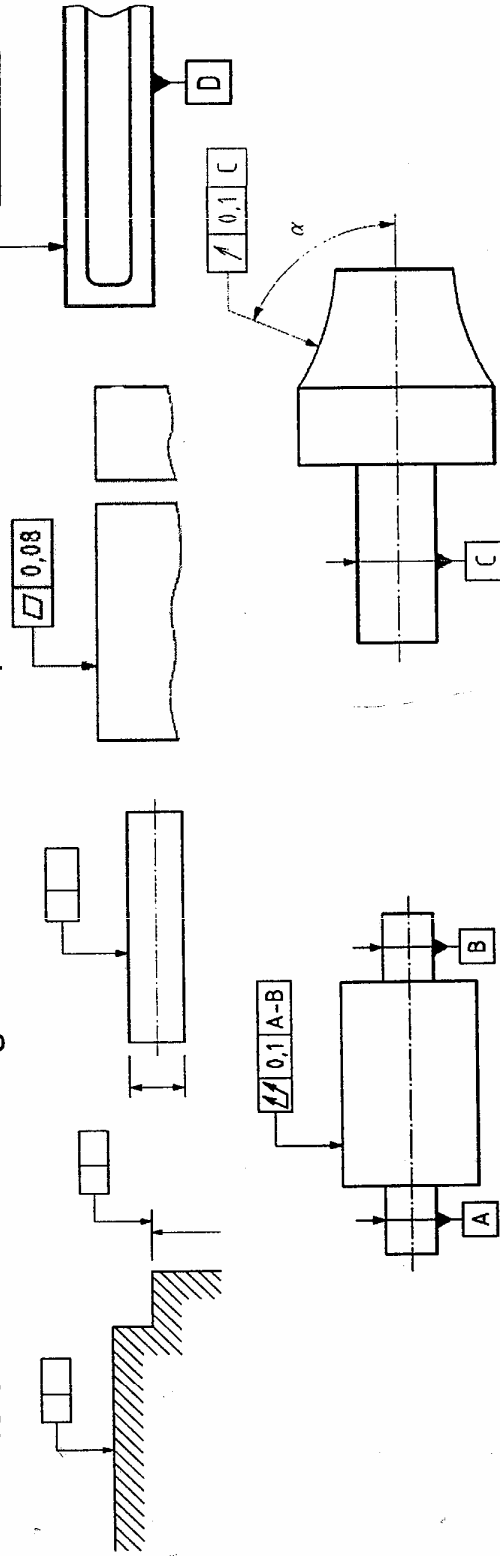
(01/06/2006)

INDICAÇÃO DO ELEMENTO TOLERADO e

DISPOSIÇÃO DO QUADRO DE TOLERÂNCIAS - ISO 1101

- 1) O quadro de tolerância é conectado ao elemento tolerado por uma linha de indicação de tolerância a partir de um dos lados do quadro de tolerância e terminando com uma seta das seguintes maneiras:
 - a) No contorno externo do elemento ou em uma linha de extensão do contorno externo (mas claramente separada da linha de cota) quando a tolerância refere-se a uma linha ou a própria superfície.

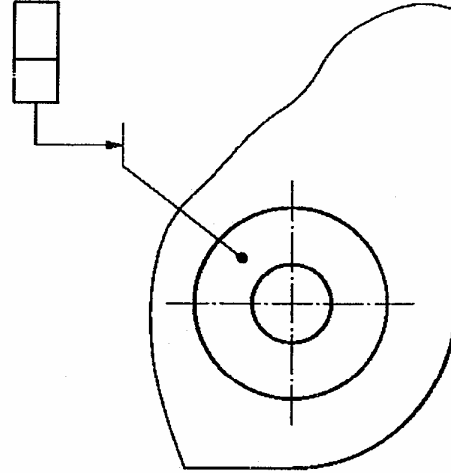
NOTA: A menos que seja indicado ao contrário, a dimensão da zona de tolerância é normal à geometria nominal especificada.



INDICAÇÃO DO ELEMENTO TOLERADO e DISPOSIÇÃO DO QUADRO DE TOLERÂNCIAS - ISO 1101

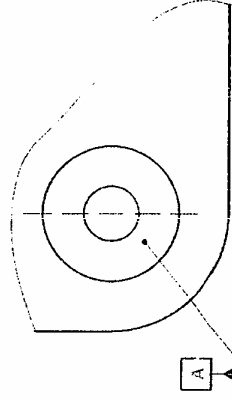
- b) A seta pode ser colocada em uma linha de indicação que aponta para a superfície.

NOTA: A menos que seja indicado ao contrário, a dimensão da zona de tolerância é normal à geometria nominal especificada.



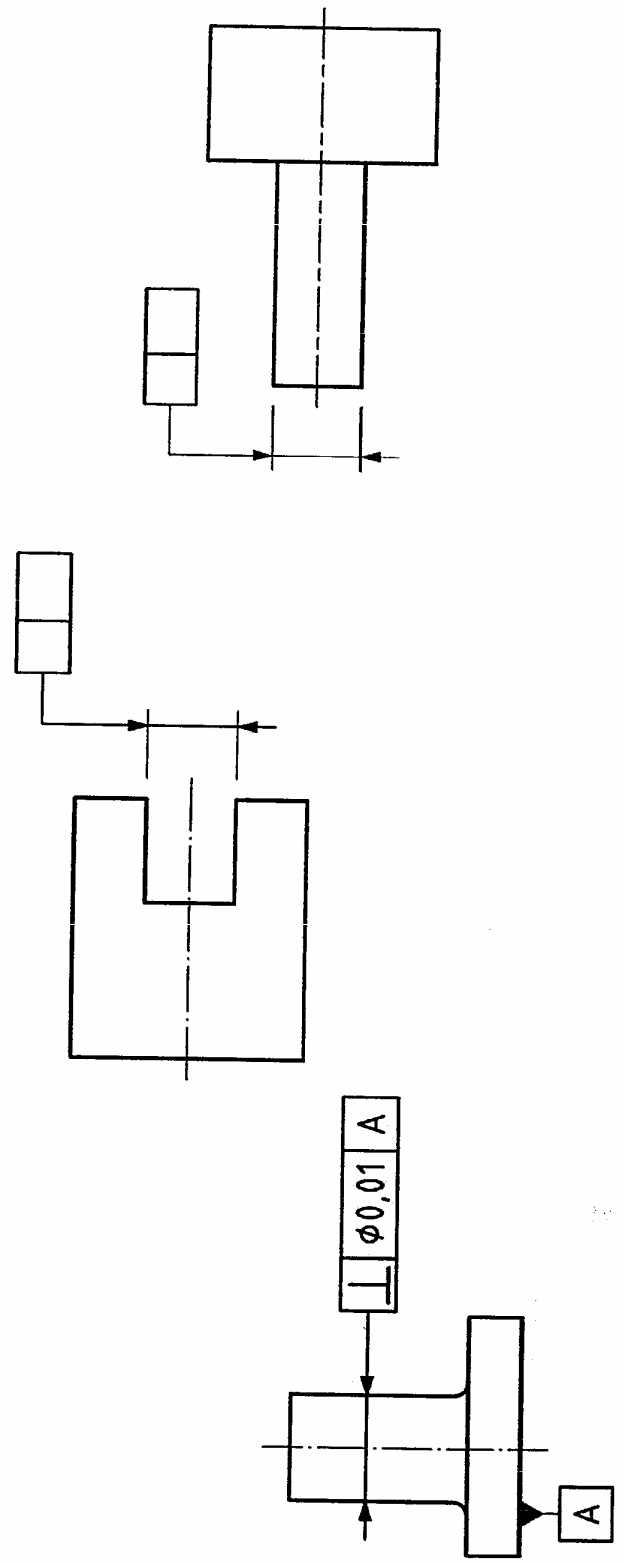
Forma de indicação do
elemento tolerado
estabelecida na ISO
1101:2004

Para Referências



**INDICAÇÃO DO ELEMENTO TOLERADO e
DISPOSIÇÃO DO QUADRO DE TOLERÂNCIAS - ISO 1101**

- c) Como uma extensão da linha de cota no caso em que a tolerância refere-se ao eixo ou plano médio ou ponto definido pelo elemento dimensionado.

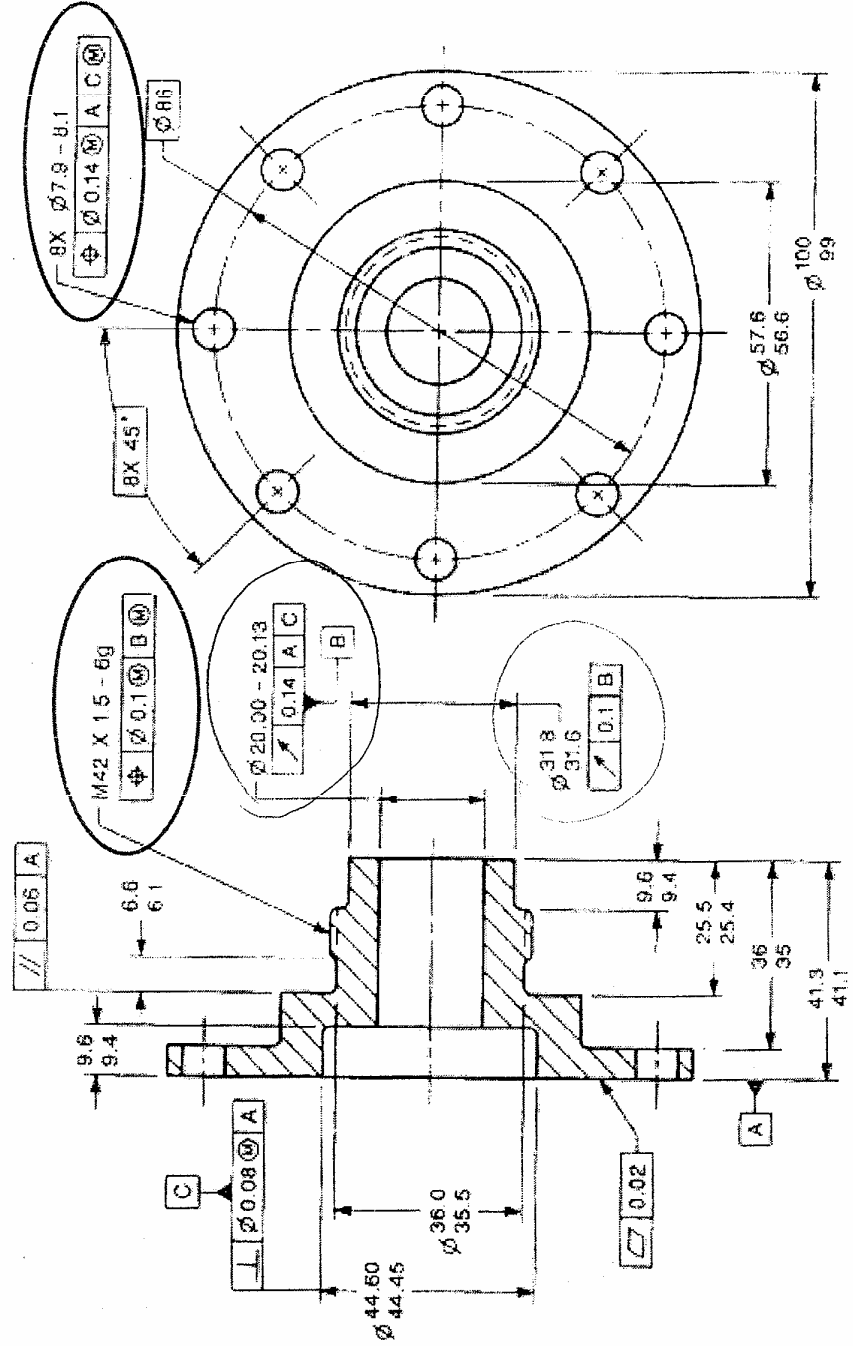




INDICAÇÃO DO ELEMENTO TOLERADO e

DISPOSIÇÃO DO QUADRO DE TOLERÂNCIAS - ASME Y14.5M

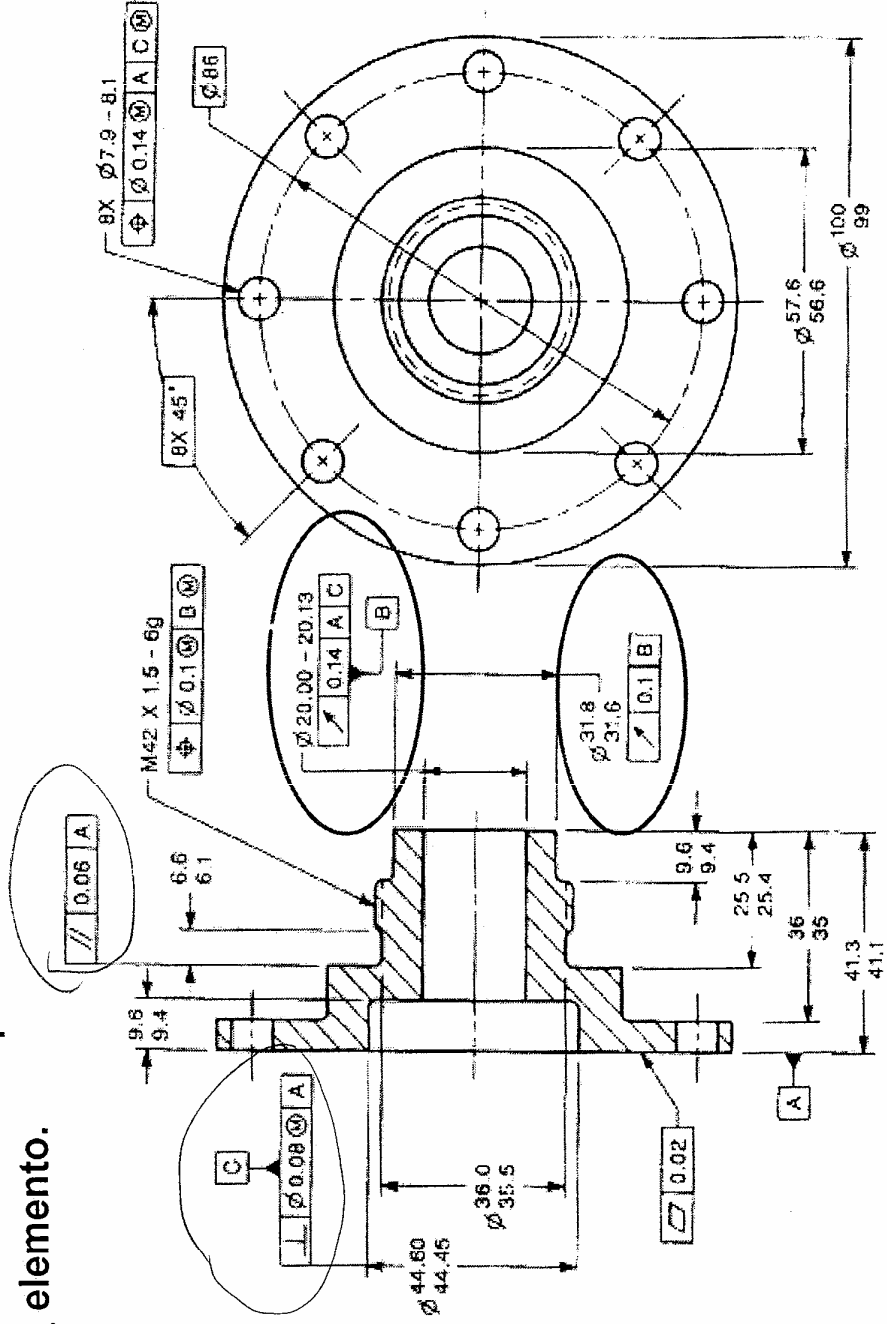
- 1) Colocando o quadro abaixo da linha de indicação da tolerância com seta diretamente associada ao elemento



INDICAÇÃO DO ELEMENTO TOLERADO e

DISPOSIÇÃO DO QUADRO DE TOLERÂNCIAS - ASME Y14.5M

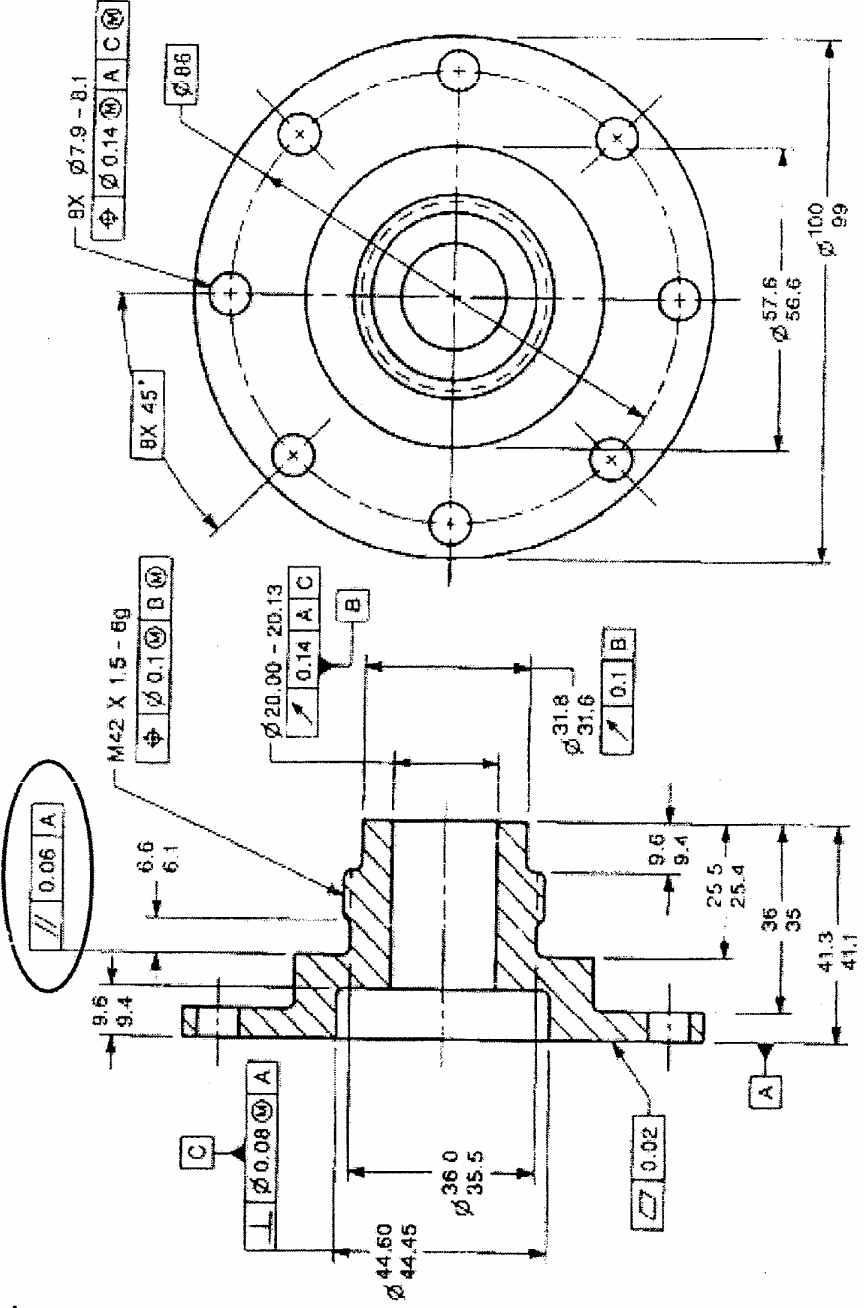
- 2) Colocando o quadro abaixo de uma linha de extensão da linha de cota do elemento.



INDICAÇÃO DO ELEMENTO TOLERADO e

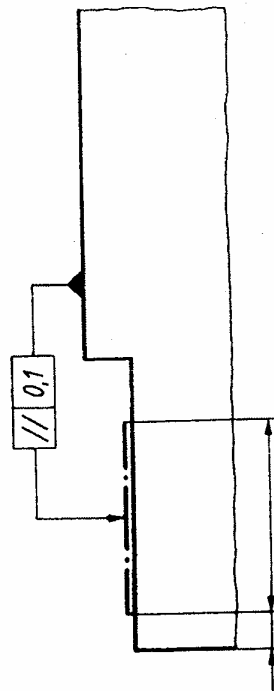
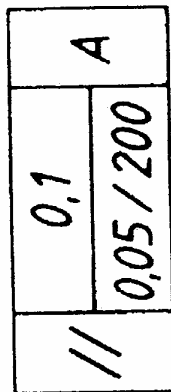
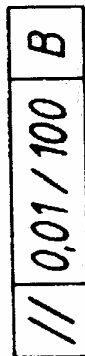
DISPOSIÇÃO DO QUADRO DE TOLERÂNCIAS - ASME Y14.5M

- 4) Unindo um lado ou extremo do quadro a uma linha de extensão a partir do elemento, desde que seja uma superfície plana.



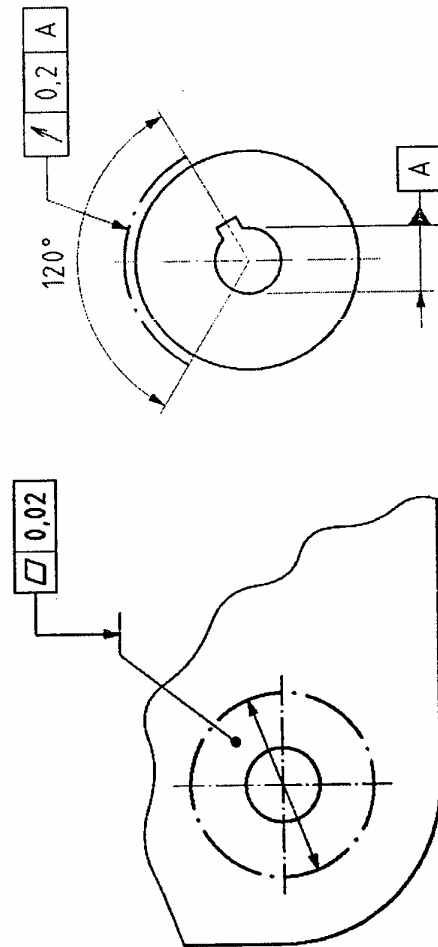
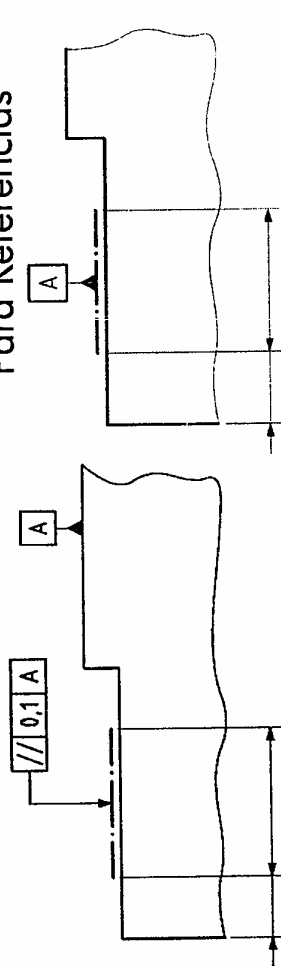
**TOLERÂNCIA RESTRITA A SOMENTE UMA PARTE DO
ELEMENTO TOLERADO**

ISO 1101-1983



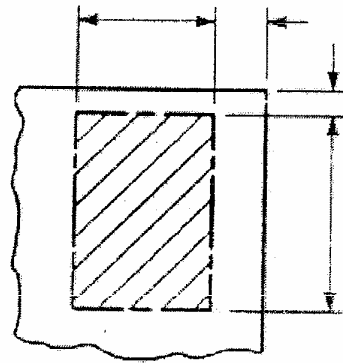
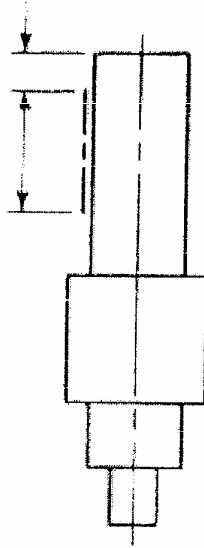
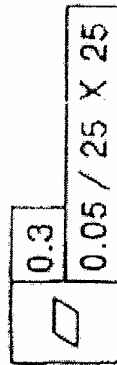
ISO 1101-2004

Para Referências



**TOLERÂNCIA RESTRIITA A SOMENTE UMA PARTE DO
ELEMENTO TOLERADO**

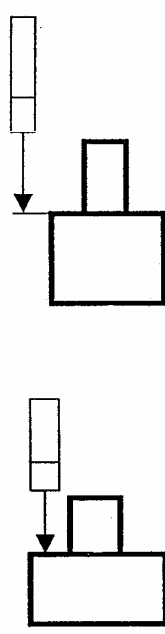
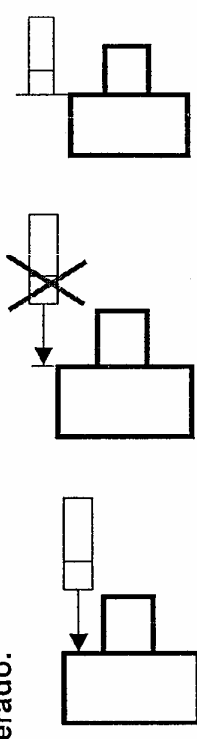
ASME Y14.5M - 1994



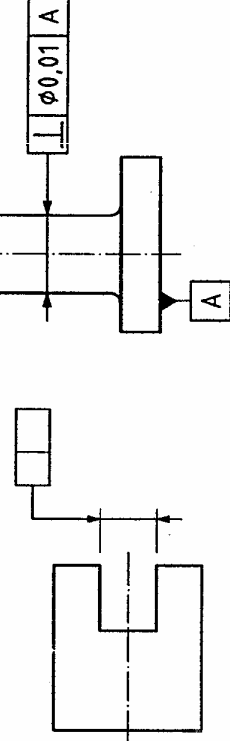
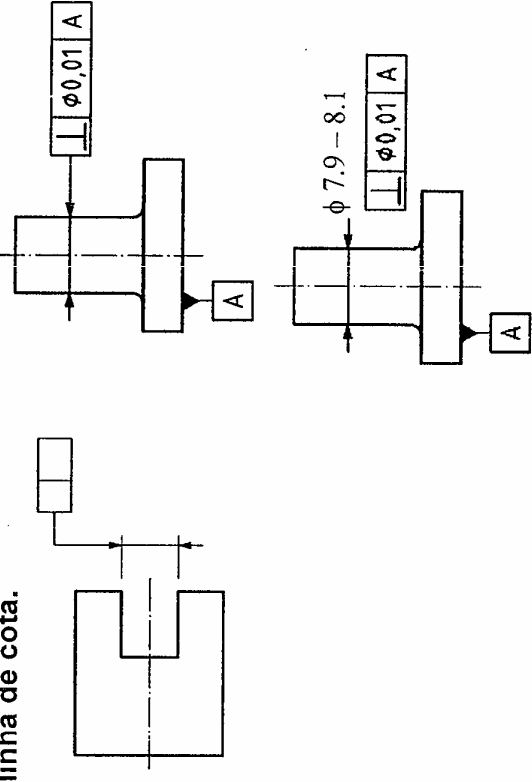
UNIDADES DE MEDIÇÃO – ASME Y14.5M - 1994

- A unidade de medição deve ser adotada de acordo com a política de cada usuário;
- Segundo a norma ASME Y14.5M - 1994, a unidade linear de medição pode ser no SI(métrico) em milímetros ou no Sistema Americano em polegada decimal;
- Nos casos em que todas as medidas de um mesmo desenho estão em uma mesma unidade não é necessária a indicação da unidade de medição (milímetro ou polegada) ao lado do valor da cota, mas o desenho deve conter uma nota definindo qual a unidade que está sendo adotada: **“UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS (or IN INCHES)”**;
- Nos casos em que somente algumas cotas são em unidade de medição diferente da unidade geral adotada, as mesmas devem conter a indicação da unidade logo após o valor de cada medida, por ex.: .750IN ou 11,5mm;
- No caso de uso do Sistema Americano(polegada decimal), não é empregado o número zero antes do ponto decimal, por ex.: .75IN e 0.75mm.

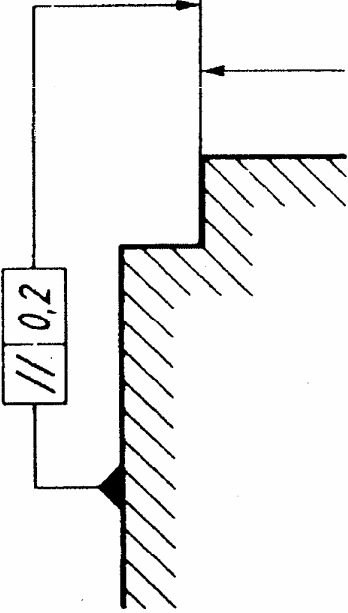
RESUMO DAS DIFERENÇAS NORMAS ISO x ASME

ITEM	NORMAS ISO	NORMA ASME Y14.5-M
1	Princípio da Independência ("default") na ISO 8015.	Regra 1 – Princípio do Envelope ("default").
2	Uma vírgula separa a parte inteira do número em relação a sua fração decimal.	Um ponto decimal separa a parte inteira do número em relação a sua fração decimal.
3	Quadro de Tolerância Geométrica ("Tolerance Frame").	Quadro de Controle do Elemento ("Feature Control Frame").
4	A linha de indicação da tolerância com seta é desenhada em relação ao elemento tolerado ou a uma linha de extensão do contorno do elemento. 	A linha de indicação da tolerância com seta é desenhada em relação a superfície do elemento tolerado. 
5	Tolerâncias gerais são consideradas (normas ISO 2768-1 e ISO 2768-2).	Tolerâncias gerais não são consideradas.

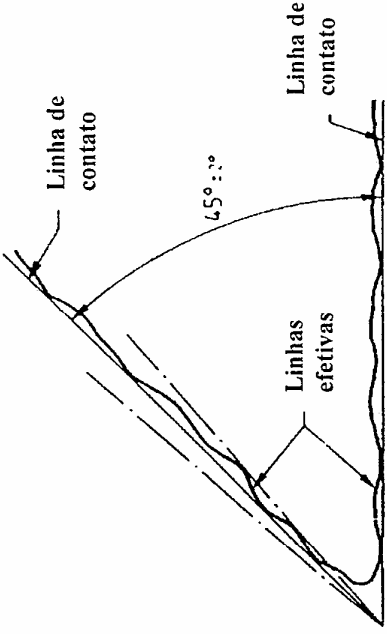
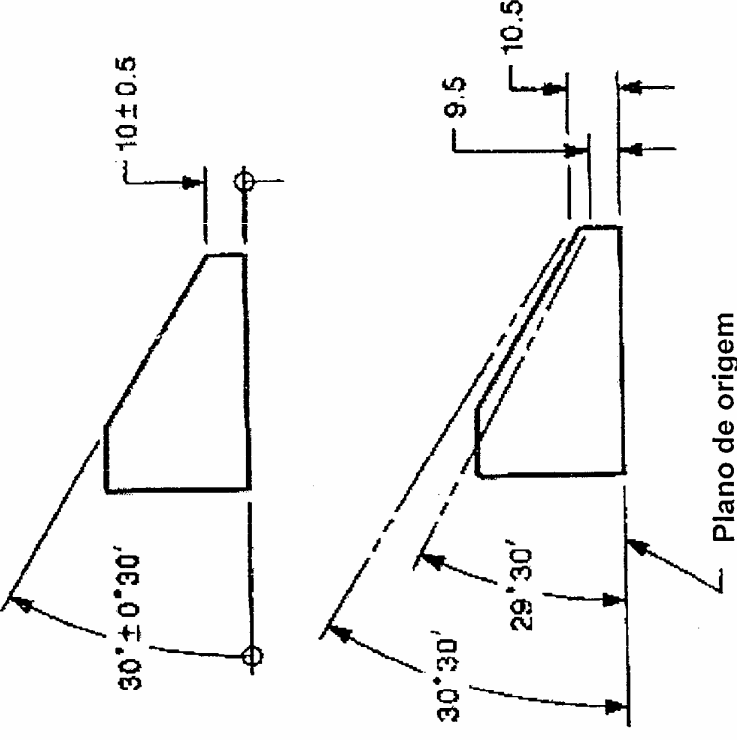
RESUMO DAS DIFERENÇAS NORMAS ISO x ASME

ITEM	NORMAS ISO	NORMA ASME Y14.5-M
6	<p>No caso de linha média ou superfície média, o quadro de tolerância deve ser conectado ao elemento tolerado como uma extensão da linha de cota.</p> 	<p>No caso de linha média ou superfície média, é recomendado que o quadro de tolerância seja conectado ao elemento tolerado como uma extensão da linha de cota.</p> 
7	<p>Linhas de extensão iniciam sem nenhuma folga visível a partir do contorno externo da peça.</p>	<p>Linhas de extensão iniciam com uma curta folga visível a partir do contorno externo da peça.</p>

RESUMO DAS DIFERENÇAS NORMAS ISO x ASME

ITEM	NORMAS ISO	NORMA ASME Y14.5-M
8	<p>Peças não rígidas requerem denominação especial. Recomenda-se que a denominação "ISO 10579-NR" seja feita dentro ou próximo da legenda.</p>	<p>Peças não rígidas não requerem denominação especial.</p>
9	<p>Se o quadro de tolerância puder ser conectado diretamente, de maneira clara e simples, com a referência por uma linha de indicação, a letra da referência pode ser omitida (conforme ISO 1101:1983) – forma de representação extinta a partir da ISO 1101:2004.</p> 	<p>As letras das referências devem ser sempre especificadas no quadro de tolerância e existem mais métodos recomendados para estabelecimento das referências.</p>

RESUMO DAS DIFERENÇAS NORMAS ISO X ASME

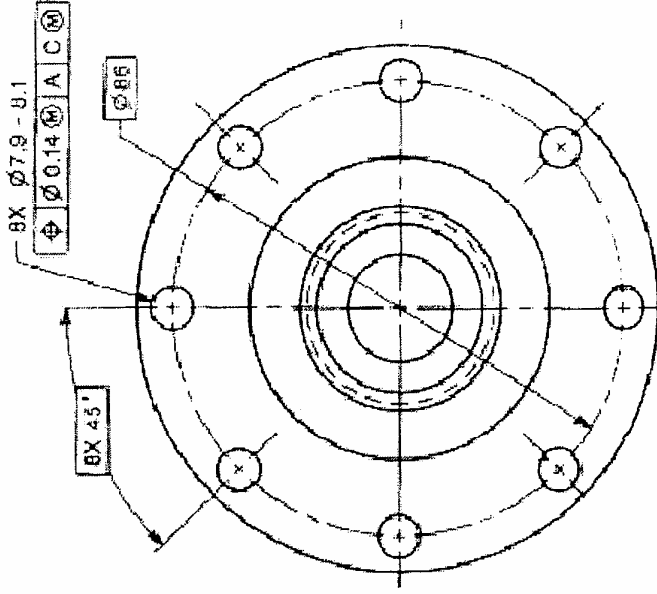
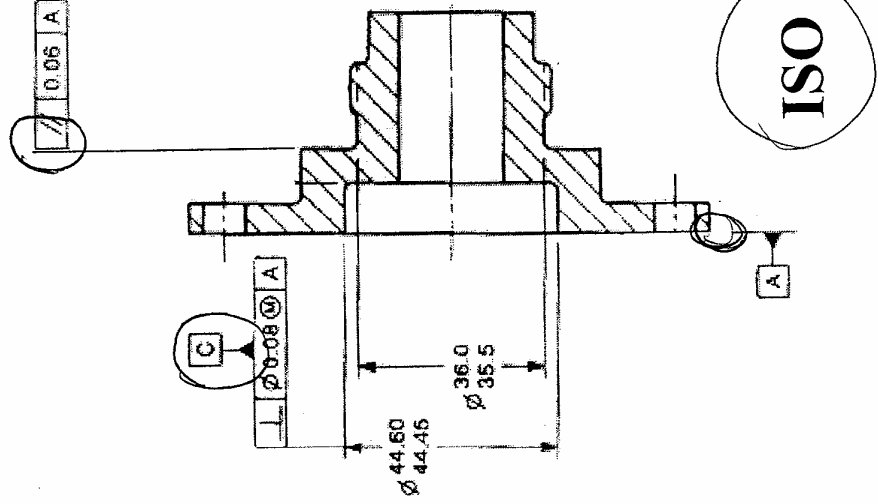
ITEM	NORMAS ISO	NORMA ASME Y14.5-M
10	<p>A tolerância angular controla somente a orientação geral da linha dos elementos da superfície mas não seus desvios de forma (ISO 8015 – 1985).</p> 	<p>A orientação geral de linhas e sua forma é limitada por tolerância angular (isto é todos os pontos das linhas reais ou das superfícies devem encontrar-se dentro da zona de tolerância definida pela tolerância angular).</p> 

RESUMO DAS DIFERENÇAS NORMAS ISO x ASME

ITEM	NORMAS ISO	NORMA ASME Y14.5-M
11	<p>Apresenta alguns símbolos normalizados:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Requisito do Envelope (E) -Símbolo ACS -Símbolo CZ -Símbolo NC -Símbolo LE -Símbolo LD -Símbolo MD -Símbolo PD 	<p>Apresenta alguns conceitos/símbolos adicionais normalizados, por exemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Tolerância Estatística (ST) -Plano Tangente (T) -Símbolo (S) (em desuso) -Símbolo "entre" (↔) -Indicação por nota "EACH ELEMENT" -Indicação por nota "MINOR DIA" -Indicação por nota "MAJOR DIA" -Indicação por nota "PITCH DIA"

Exercício:

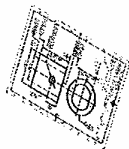
Qual dos desenhos abaixo não está de acordo com a normalização indicada?



Módulo 04

Terminologia e Definições Referentes aos Elementos Geométricos – Sistema GPS (Geometrical Product Specifications)

Diferentes Domínios Referentes aos Elementos Geométricos



Desenho do Produto

1 O Domínio da Especificação

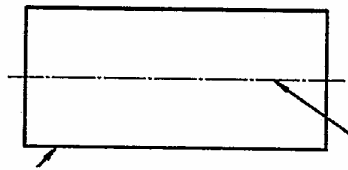
Perfeita;

Teórica

Possui

Elementos

NOMINAIS



Produto Fabricado

2 O Domínio da Peça

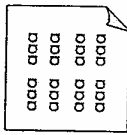
Imperfeita;

Real

Possui Elementos **REAIS**, com

INFINITOS

PONTOS



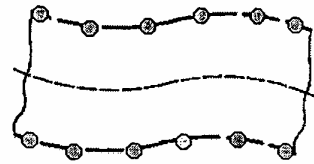
Resultado de Medição

3 O Domínio da Inspeção

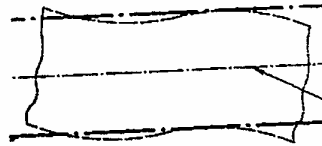
Gerada a partir da medição:

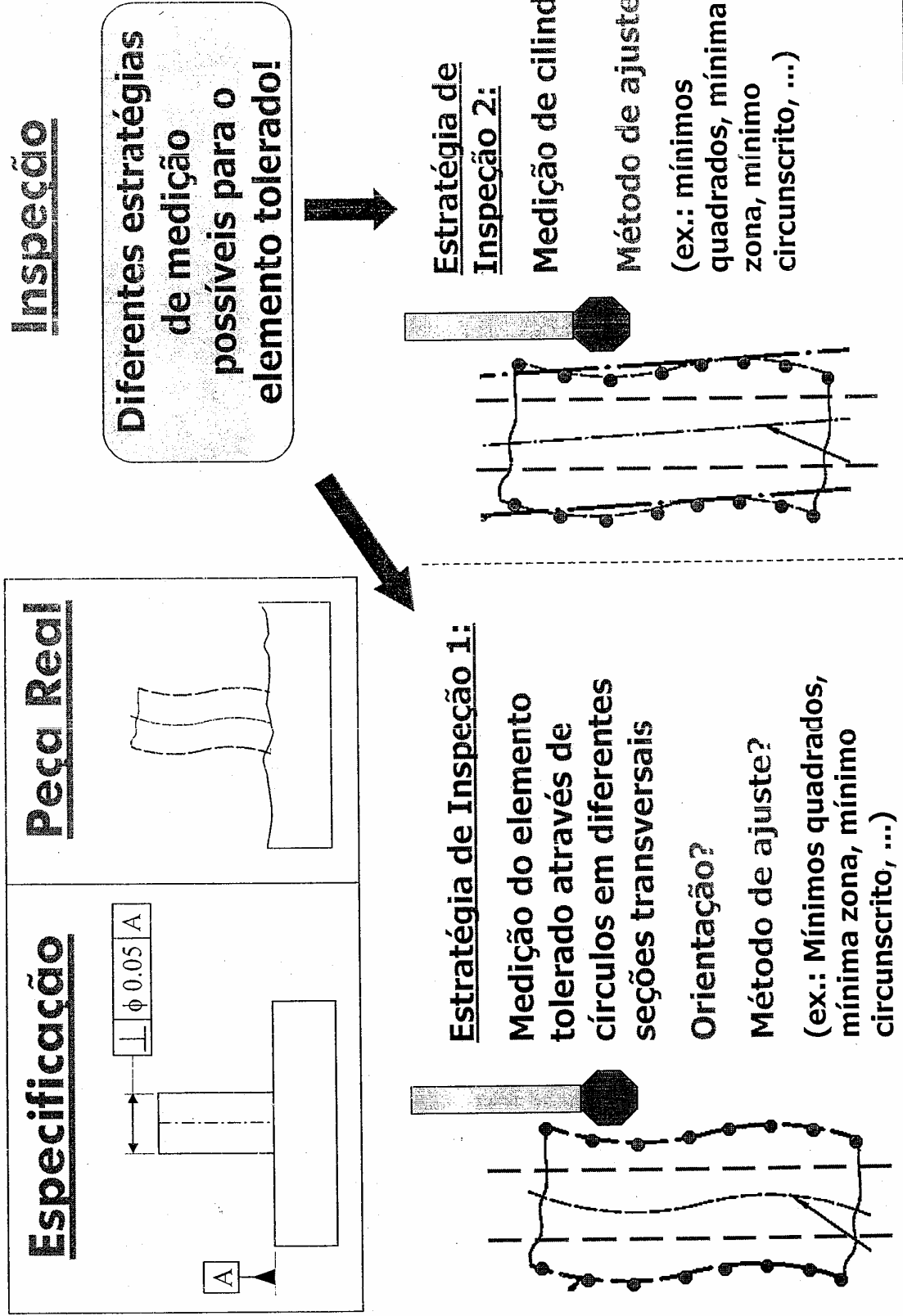
FINITOS PONTOS

(ex.: **apalpação ponto a ponto**, "scanning")

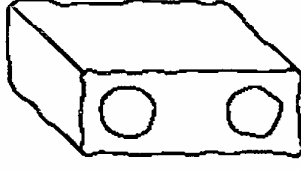


Diferentes Métodos de ajuste
(ex.: **MMQ**, **MMZ**...)





“Elementos geométricos reais são imperfeitos, gerando diferentes elementos a partir de diferentes estratégias de medição e/ou processamento adotadas”



Assim sendo, para uma interpretação não ambígua, é de fundamental importância a padronização das estratégias de medição e processamento a serem adotadas para os diferentes tipos de elementos tolerados:

ISO 14660-1
ISO 14660-2

Estas normas são complementares à norma ISO 1101-2004 e utilizadas como referência neste curso!

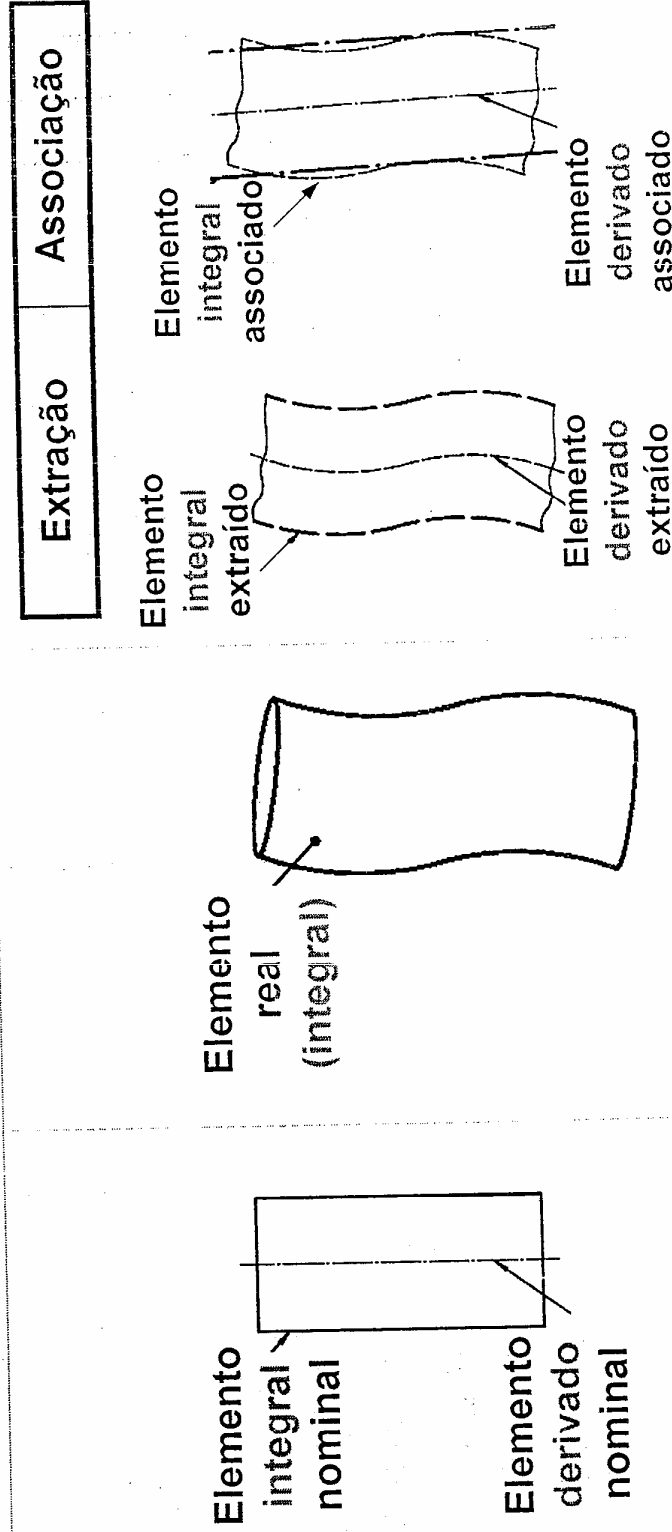
1 O Domínio da Especificação

2 O Domínio da Peça

3 O Domínio da Inspeção

Os elementos geométricos dos 3 domínios podem ser classificados em:

Elementos INTEGRAIS e Elementos DERIVADOS



1 O Domínio da Especificação

Elemento integral:

Superfície ou linha em uma superfície

Elemento derivado:

Ponto central, linha média ou superfície média de um ou mais elementos integrais

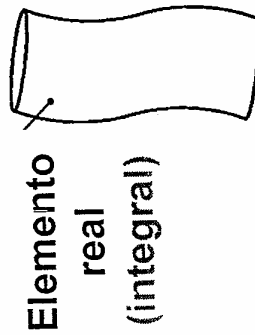
Elemento integral nominal

“Elemento integral teoricamente exato como definido em desenhos técnicos ou em outros meios”

Elemento derivado nominal

“Ponto central, eixo ou plano médio derivado de um ou mais elementos integrais nominais”

2 O domínio da Peça

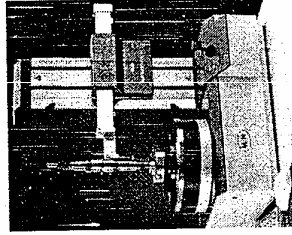


Elemento real (integral)

A peça física!

Obs: Não existem elementos reais derivados

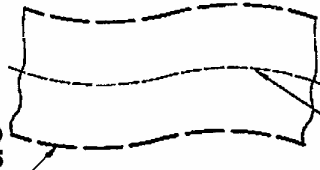
3 O domínio da Inspeção



Extração

“Representação aproximada do elemento real (integral), obtido pela extração de um número finito de pontos do elemento real (integral), realizada de acordo com determinadas especificações”

Elemento integral extraído

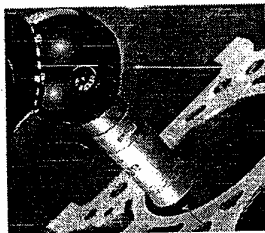


Elemento derivado extraído

“Ponto central, linha média ou superfície média derivada de um ou mais elementos integrais extraídos”



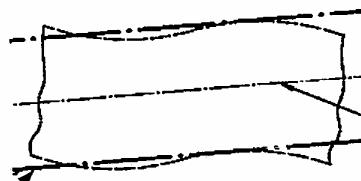
3 O domínio da inspeção



Associação

Elemento
integral
associado

“Elemento integral de forma perfeita associado com o elemento integral extraído de acordo com determinadas especificações”



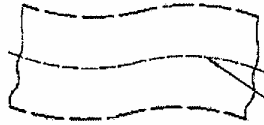
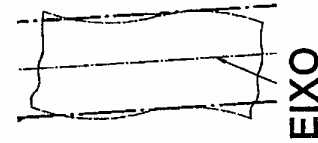
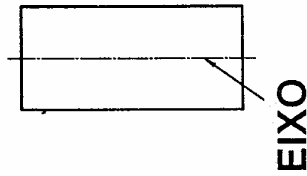
Elemento
derivado
associado

“Ponto central, eixo ou plano médio derivado de um ou mais elementos integrais associados”

IMPORTANTE!!

Eixo → elemento derivado de **FORMA PERFEITA**

Linha Média Extraída → elemento derivado de **FORMA IMPERFEITA**



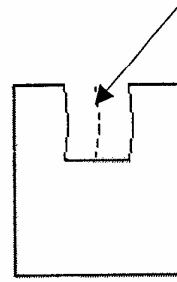
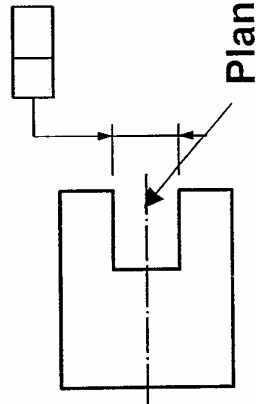
EIXO

EIXO

Linha Média Extraída

Plano Médio → elemento derivado de **FORMA PERFEITA**

Superfície Média Extraída → elemento derivado de **FORMA IMPERFEITA**



Plano Médio

Superfície Média Extraída

Matriz da Estrutura dos Elementos Geométricos

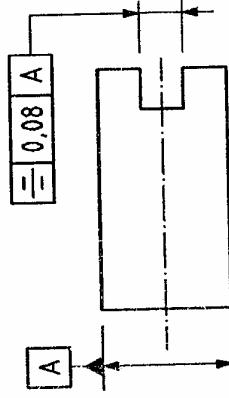
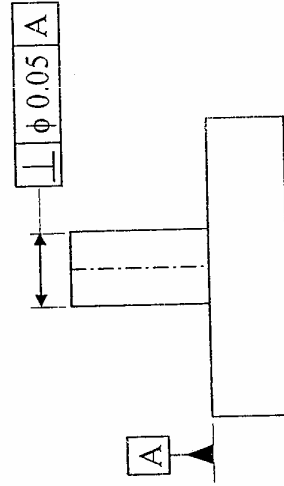
		ELEMENTOS	
		ELEMENTOS INTEGRAIS (superfície, perfil)	ELEMENTOS DERIVADOS (ponto central, linha ou superfície média)
DOMÍNIO DA:	ESPECIFICAÇÃO	NOMINAL (desenho)	Elemento derivado nominal
	PEÇA	REAL (infinitos pontos)	
INSPEÇÃO			
		EXTRAÍDO (finitos pontos)	Elemento derivado extraído
		ASSOCIADO (forma perfeita)	Elemento derivado associado

Derivação (seta para cima) indica a transição de Elementos Integrals para Elementos Derivados.
Extração (seta para baixo) indica a transição de Elementos Integrals para Elementos Extraídos.
Associação (seta para baixo) indica a transição de Elementos Integrals para Elementos Associados.

Aplicações de Linhas e Superfícies Médias Extraídas:

Muitas soluções de projeto utilizadas fazem uso de superfícies cilíndricas ou de duas faces planas paralelas opostas, cujos elementos derivados extraídos (linha média e superfície média, respectivamente) estão muitas vezes relacionados a importantes parâmetros de conformidade das peças.

Exemplos: Perpendicularidade do pino Simetria do rasgo



Questões: - O que deve permanecer dentro da Zona de Tolerância ?
- Como obter o elemento derivado extraído ?

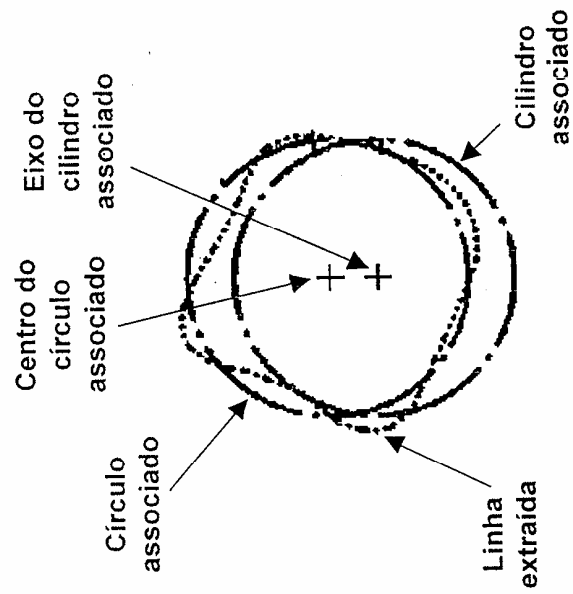
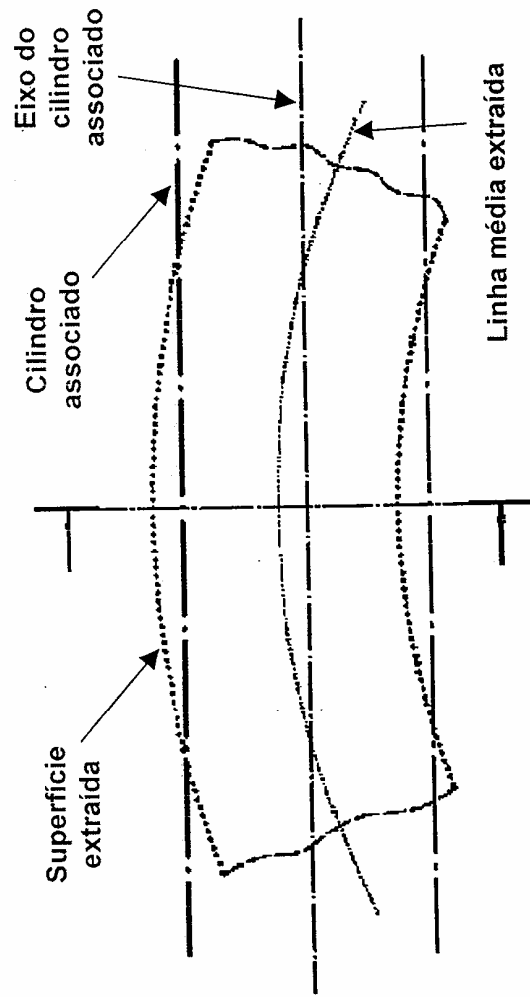


Padronizado na ISO 14660-2

Linha Média Extraída de um Cilindro: (Aplica-se a elementos tolerados!)

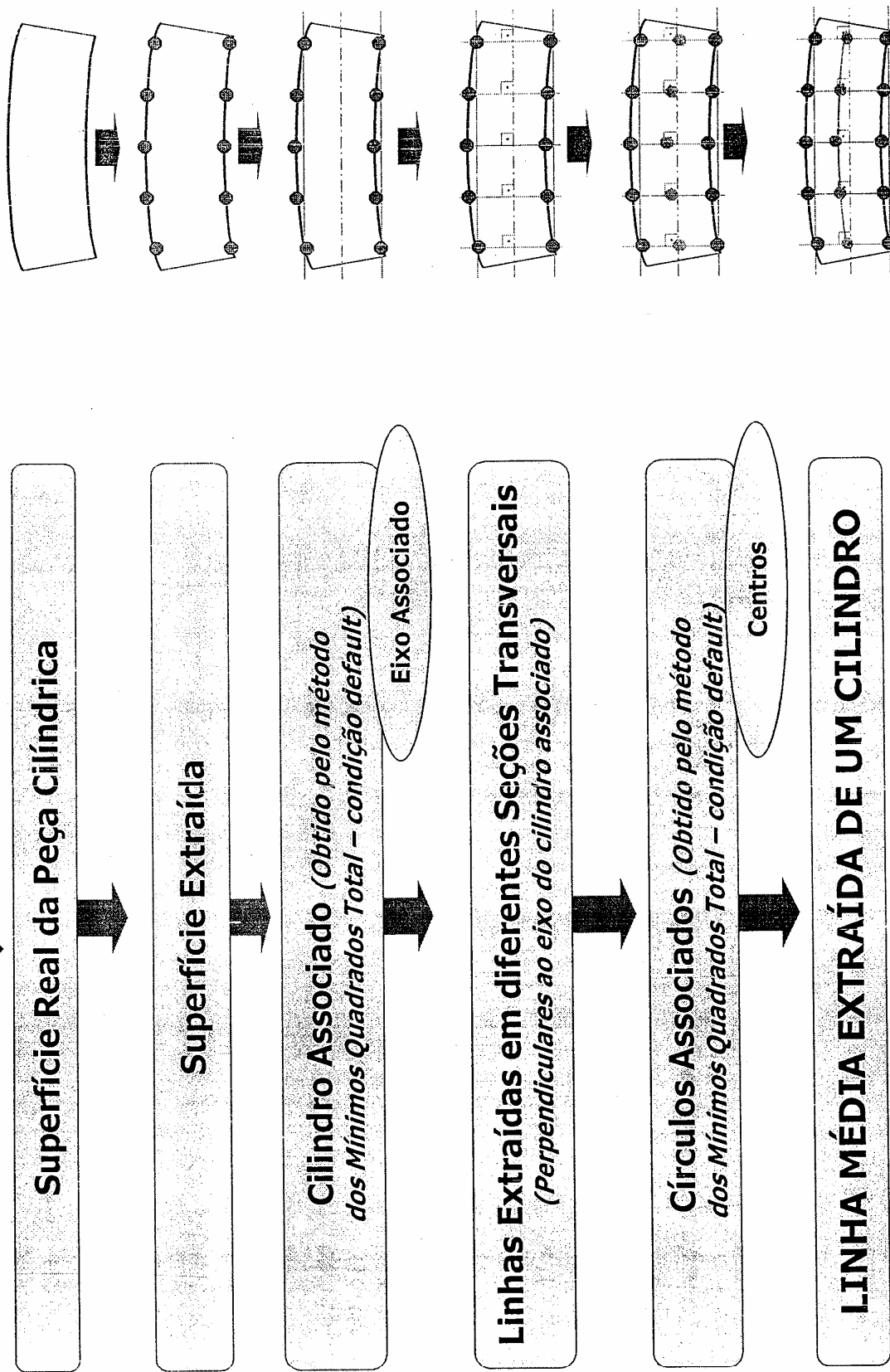
Local dos centros das seções transversais, cujos centros correspondem aos centros de círculos associados perpendiculares ao eixo do cilindro associado obtido da superfície extraída.

Condição válida quando não especificado o contrário:
Os círculos e cilindros associados são obtidos pelo método dos “Mínimos Quadrados Total” (método ligeiramente diferente do método dos “Mínimos Quadrados”).



Fonte: ISO 14660-2

Passos para Obtenção da Linha Média Extraída de um Cilindro

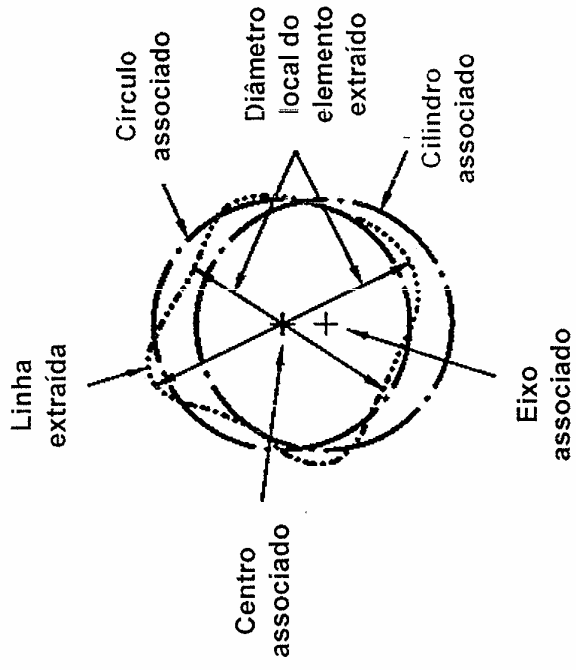
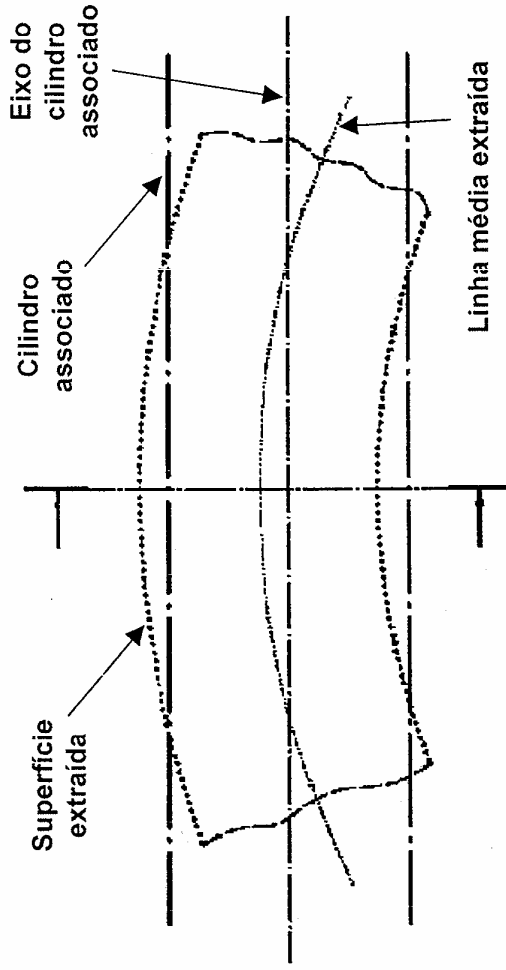


Dimensão (Diâmetro) Local de um Cilindro Extraído:

Distância entre dois pontos opostos no elemento, onde:

- As linhas de união entre os pontos incluem o centro do círculo associado; e
- As sessões transversais são perpendiculares ao eixo do cilindro associado obtido da superfície extraída.

Nota: O círculo e cilindro associados são os mesmos daqueles definidos para a linha média extraída do cilindro, ou seja, o método de ajuste default é o método dos “Mínimos Quadrados Total”.



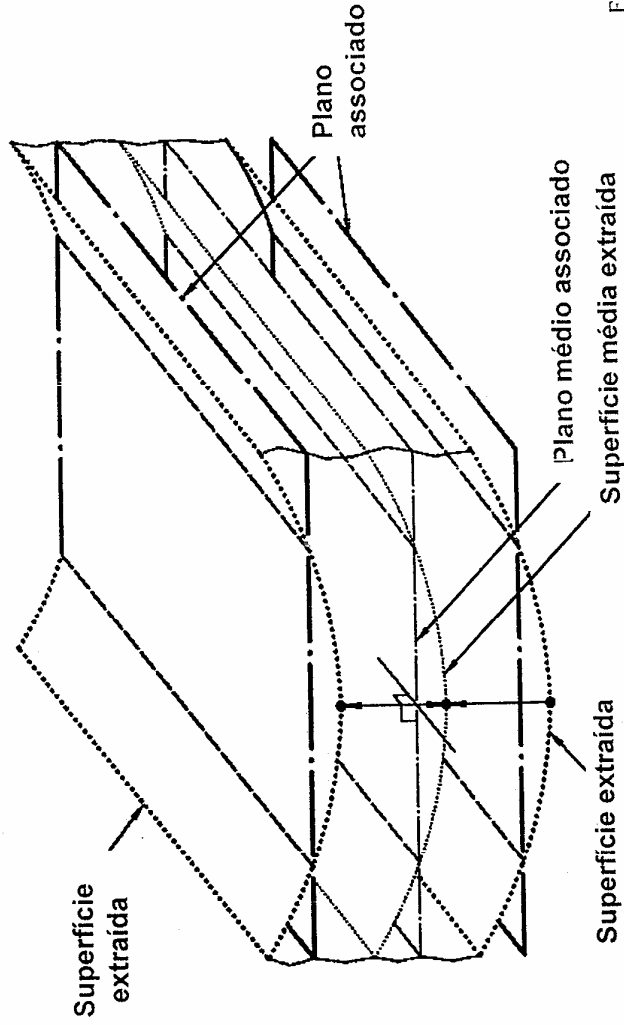
Fonte: ISO 14660-2

Superfície Média Extraída de Duas Superfícies

Paralelas Opostas: (Aplica-se a elementos tolerados!)

Local dos pontos centrais entre conjuntos de pontos opostos das superfícies extraídas opostas, onde:

- As linhas de união de conjuntos de pontos opostos são perpendiculares ao plano médio associado; e
- O plano médio associado é o plano médio de dois planos paralelos associados obtidos das superfícies extraídas.

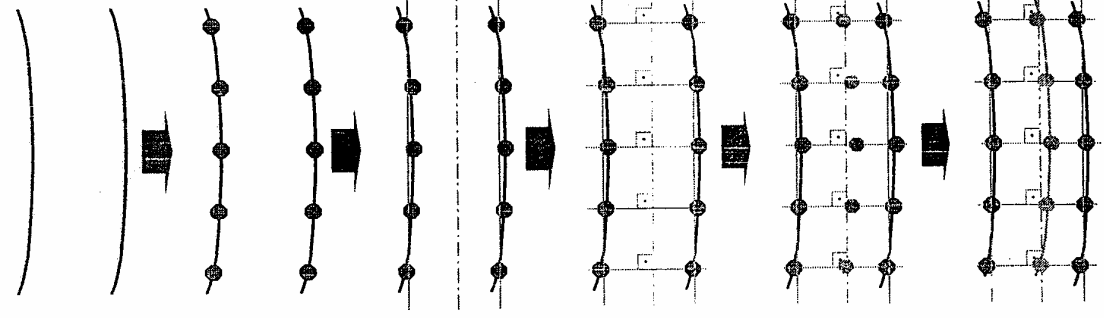


Condição válida quando não especificado o contrário: Os dois planos paralelos associados são obtidos pelo método dos “Mínimos Quadrados Total”.

Fonte: ISO 14660-2



Passos para Obtenção da Superfície Média Extraída



Superfícies Reais da Peça

Superfícies Extraídas

Planos Paralelos Associados *(Obtidos pelo método dos Mínimos Quadrados Total – condição default)*

Plano Médio Associado

Pares de Pontos Opostos

(Linhas de conexão entre os pontos de cada par são perpendiculares ao Plano Médio Associado)

Pontos médios dos pares de pontos opostos

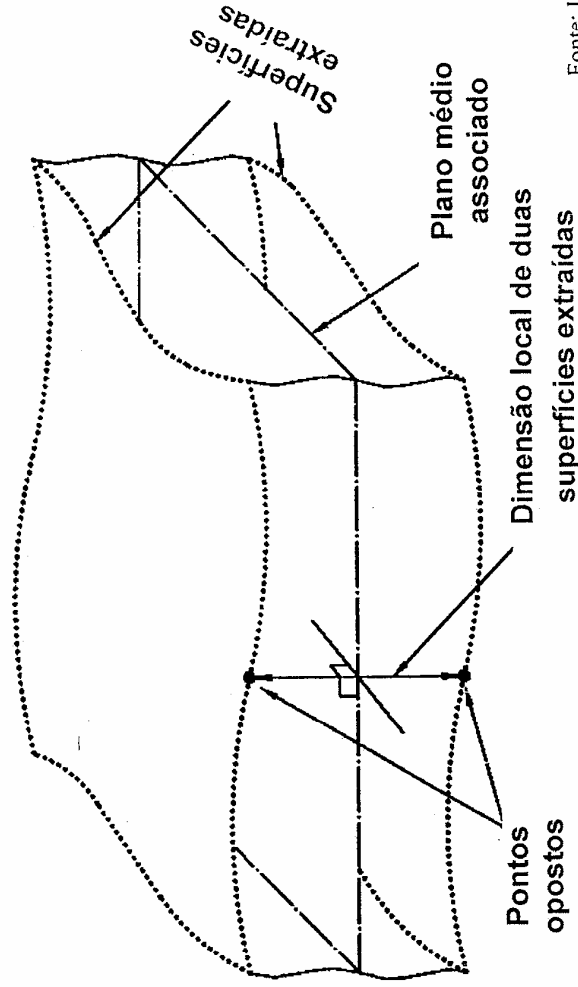
SUPERFÍCIE MÉDIA EXTRAÍDA

Perguntar qual tipo de extrusão para no Geop.

Dimensão Local de Duas Superfícies Paralelas Extraídas:

Distância entre dois pontos em superfícies extraídas opostas, onde:

- As linhas de união de pares de pontos opostos são perpendiculares ao plano médio associado; e
- O plano médio associado é o plano médio de dois planos paralelos associados obtidos das superfícies extraídas (i.e. a distância entre dois planos paralelos associados pode ser diferente da distância nominal)



Fonte: ISO 14660-2

2004 GPS (ISO) X 1994 GD&T (ASME)

Terminologia:

- Plano médio
- Superfície média Extraída
- Eixo
- Linha média Extraída

Elemento Integral Extraído

→ **FINITOS PONTOS**

Elemento Derivado Associado

→ **Método dos Mínimos Quadrados Total**

Terminologia:

- Plano central
- Plano médio derivado
- Eixo
- Linha média derivada

→ **INFINITOS PONTOS**

Elemento Derivado

→ **Método do Envelope**

Módulo 5

Referências

PROPÓSITO

- Imobilização da peça em relação a um sistema de coordenadas funcional.

GRAUS DE LIBERDADE

- Graus de Liberdade a serem reduzidos ou eliminados na imobilização da peça:
 - ✓ 06 graus de liberdade (03 de rotação e 03 de translação);
 - ✓ Os graus de liberdade devem ser eliminados na seqüência correta.

**TERMINOLOGIA
DA TEORIA DAS REFERÊNCIAS**

- REFERÊNCIA
- ELEMENTO DE REFERÊNCIA
- SIMULADOR DO ELEMENTO DE REFERÊNCIA
- CONTRA-PEÇA GEOMETRICAMENTE EXATA
- REFERÊNCIA SIMULADA

Fonte: ISO 5459 – Technical drawings – Geometrical tolerancing
– Datums and datum-systems for geometrical tolerances; 1981.

CONCEITOS

- REFERÊNCIA – teórica, perfeita e conceitual.
- ELEMENTO DE REFERÊNCIA – real, imperfeito e físico.
- SIMULADOR DO ELEMENTO DE REFERÊNCIA – real, imperfeito mas com “qualidade de padrão” e físico.
- CONTRA-PEÇA GEOMETRICAMENTE EXATA – conceitual.
- REFERÊNCIA SIMULADA – real, originada a partir do elemento de referência e do simulador do elemento de referência e sujeita a eventuais erros.

Nota: Referência simulada é empregada na prática para coorporificação das referências durante a manufatura e inspeção.

REFERÊNCIA

- Um elemento geométrico ideal (por ex.: eixos, planos, linhas retas, ...etc) em relação ao qual, elementos tolerados são relacionados. Referências podem estar baseadas em um ou mais elementos da peça.
- É a origem a partir da qual a localização ou as características geométricas dos elementos de uma peça são estabelecidas.

ELEMENTO DE REFERÊNCIA

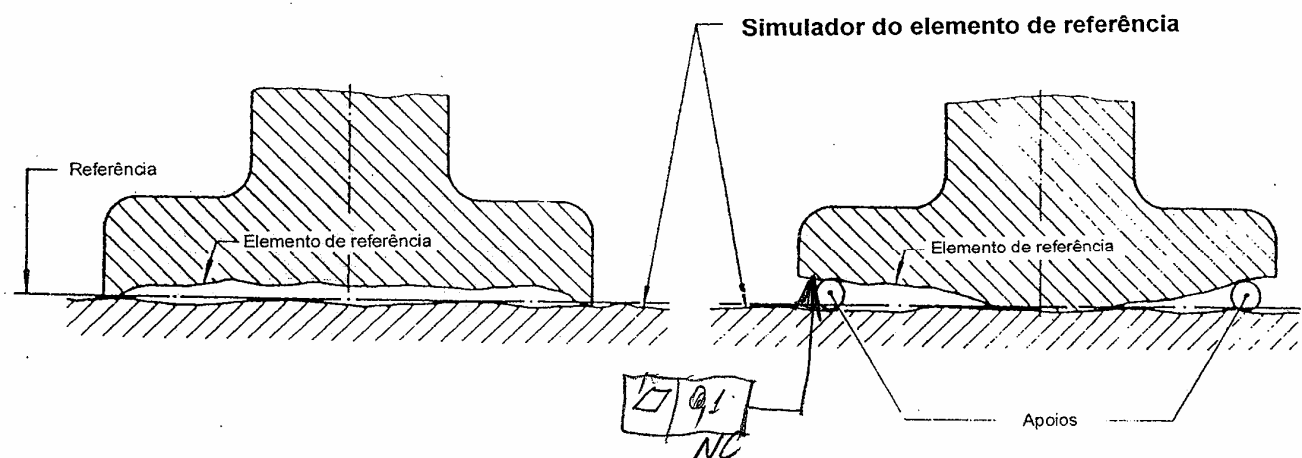
□ Um elemento real de uma peça (por ex.: um eixo, uma superfície ou um furo), que é empregado para estabelecer a localização de uma referência.

Nota: Os desvios geométricos do elemento de referência de uma peça, podem prejudicar o atendimento de seus requisitos funcionais. Assim sendo, pode ser necessário especificar tolerâncias geométricas para o mesmo.

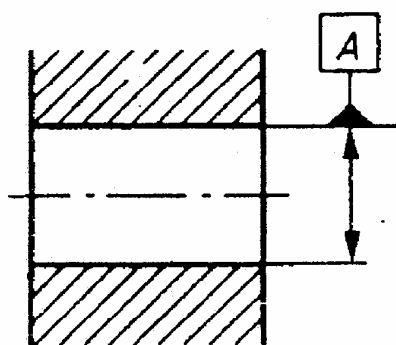
SIMULADOR DO ELEMENTO DE REFERÊNCIA

Simulador do Elemento de Referência: uma superfície real, com desvios geométricos controlados, (por ex.: um desempenho, uma bucha ou um mandril) que em contato com os elementos de referência de uma peça, é utilizada para estabelecer a referência.

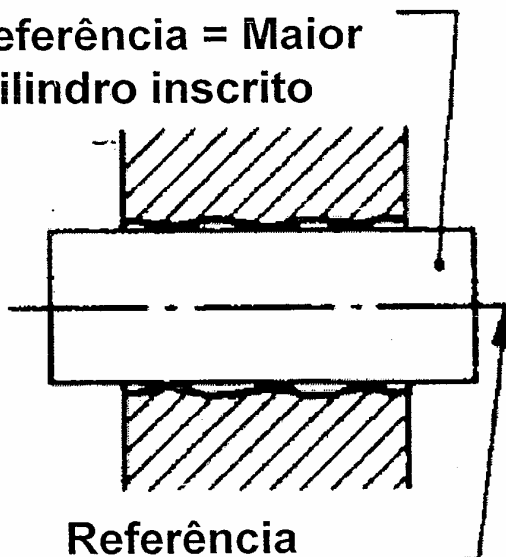
Nota: O elemento de referência deve estar localizado de modo que a máxima distância entre ele e o simulador do elemento de referência, seja o menor valor possível. Os pontos de contato entre o elemento de referência e o simulador do elementos de referência, não devem permitir a ocorrência de deslocamentos relativos.



SIMULADOR DO ELEMENTO DE REFERÊNCIA

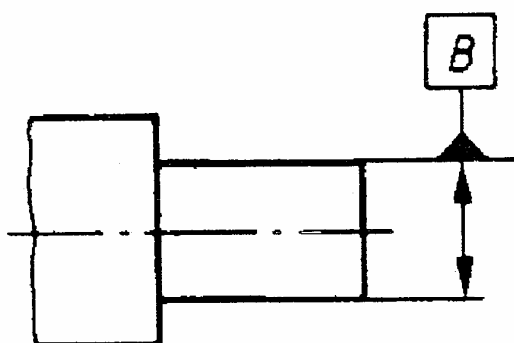


Simulador do
elemento de
referência = Maior
cilindro inscrito

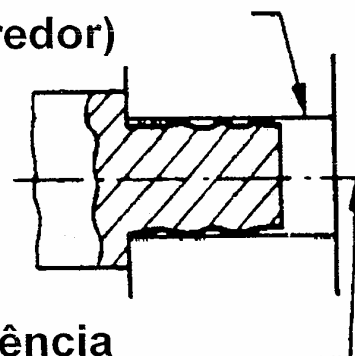


Referência
Simulada = Eixo
do maior
cilindro inscrito

SIMULADOR DO ELEMENTO DE REFERÊNCIA



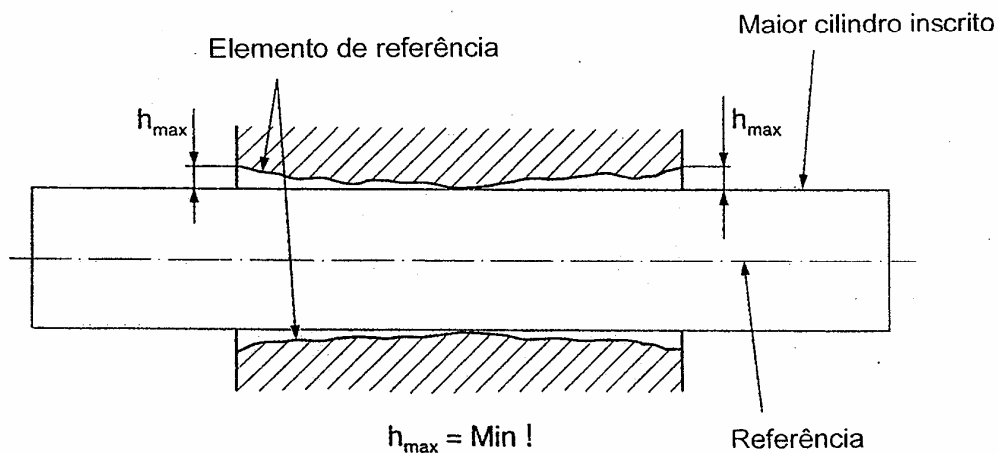
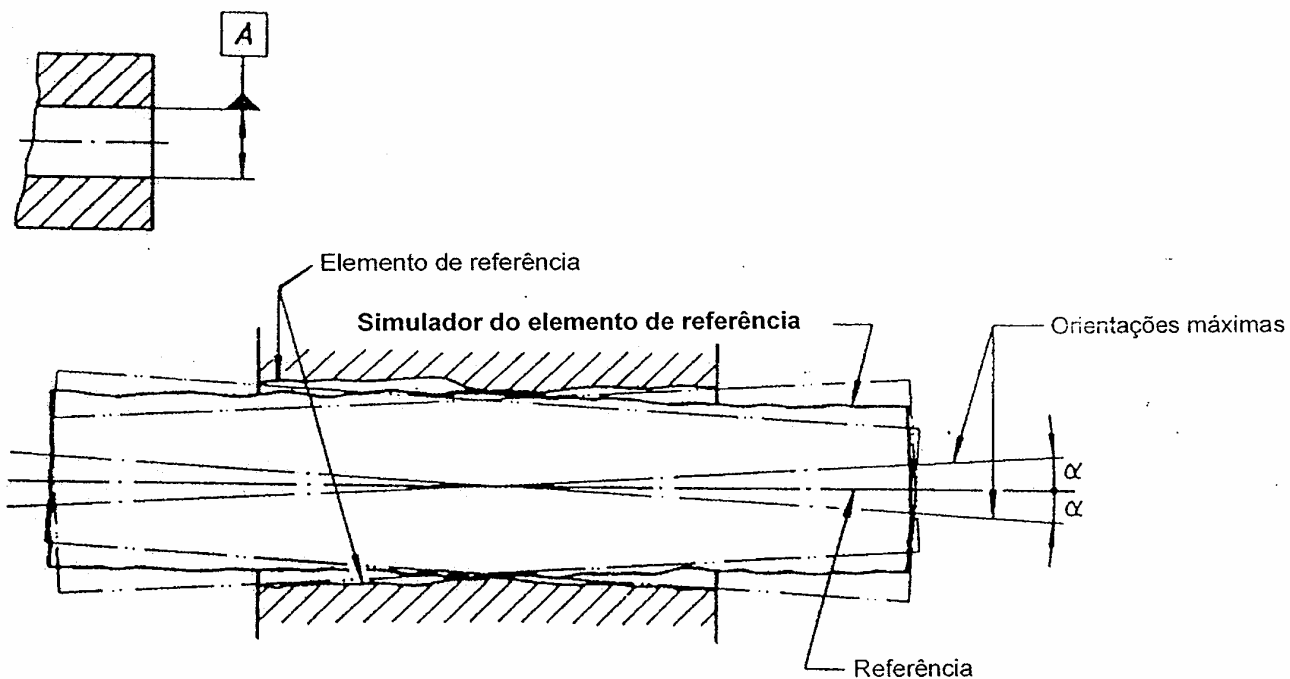
Simulador do elemento
de referência = Menor
cilindro circunscrito
(inscrito ao redor)



Referência
Simulada = Eixo
do menor cilindro
circunscrito

SIMULADOR DO ELEMENTO DE REFERÊNCIA

Exemplo: Referência sendo o eixo de um cilindro

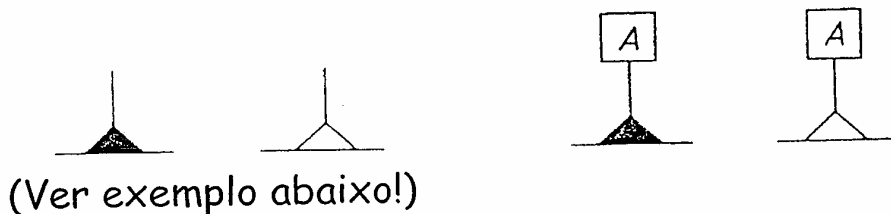


Exercício:

Quantos graus de liberdade são imobilizados por referências primárias definidas em elementos geométricos Planos? Cilíndricos? Esféricos? Cônicos?

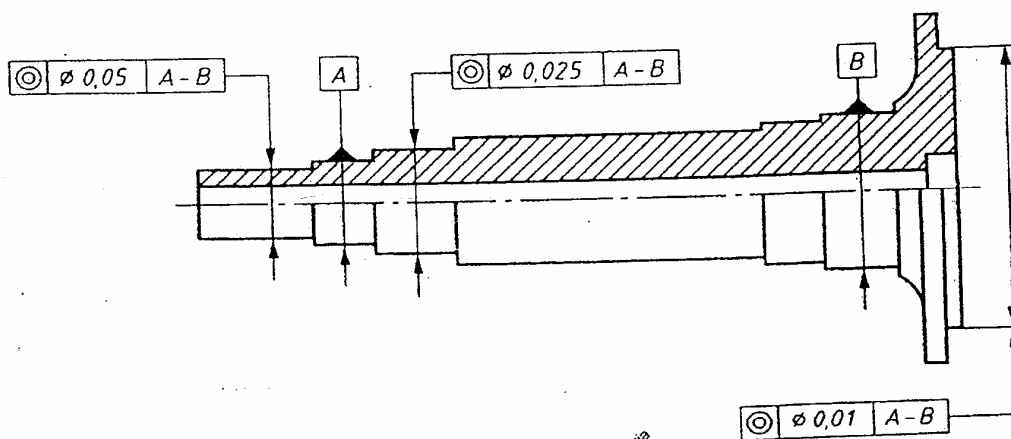
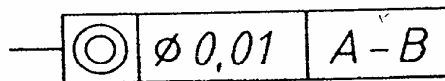
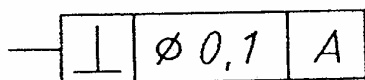
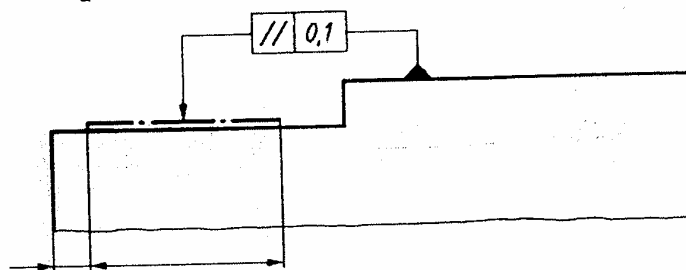
- a) Plano: 3 Cilíndrico: 3 Esférico: 3
Cônico: 4
- b) Plano: 3 Cilíndrico: 4 Esférico: 3
Cônico: 4
- c) Plano: 3 Cilíndrico: 4 Esférico: 3
Cônico: 5

Símbolos Normalizados (ISO 5459)



Representação no Quadro de Tolerâncias

(Deve ficar em desuso na próxima revisão da ISO 5459!)



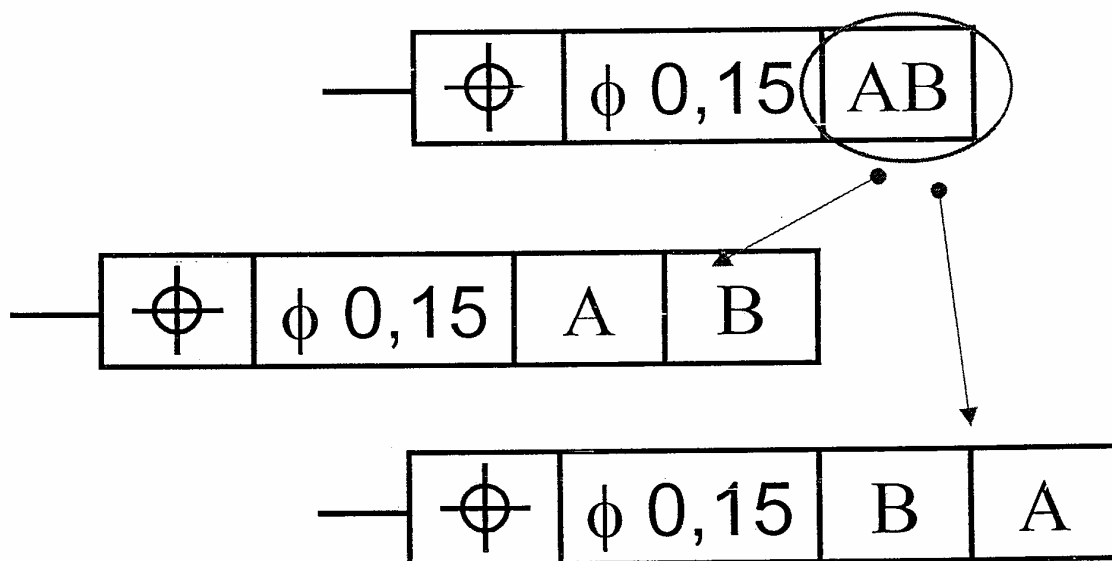
Fonte: ISO 5459 – Technical drawings – Geometrical tolerancing – Datums and datum-systems for geometrical tolerances; 1981.



Referência primária
Referência secundária
Referência terciária

Representação no Quadro de Tolerâncias

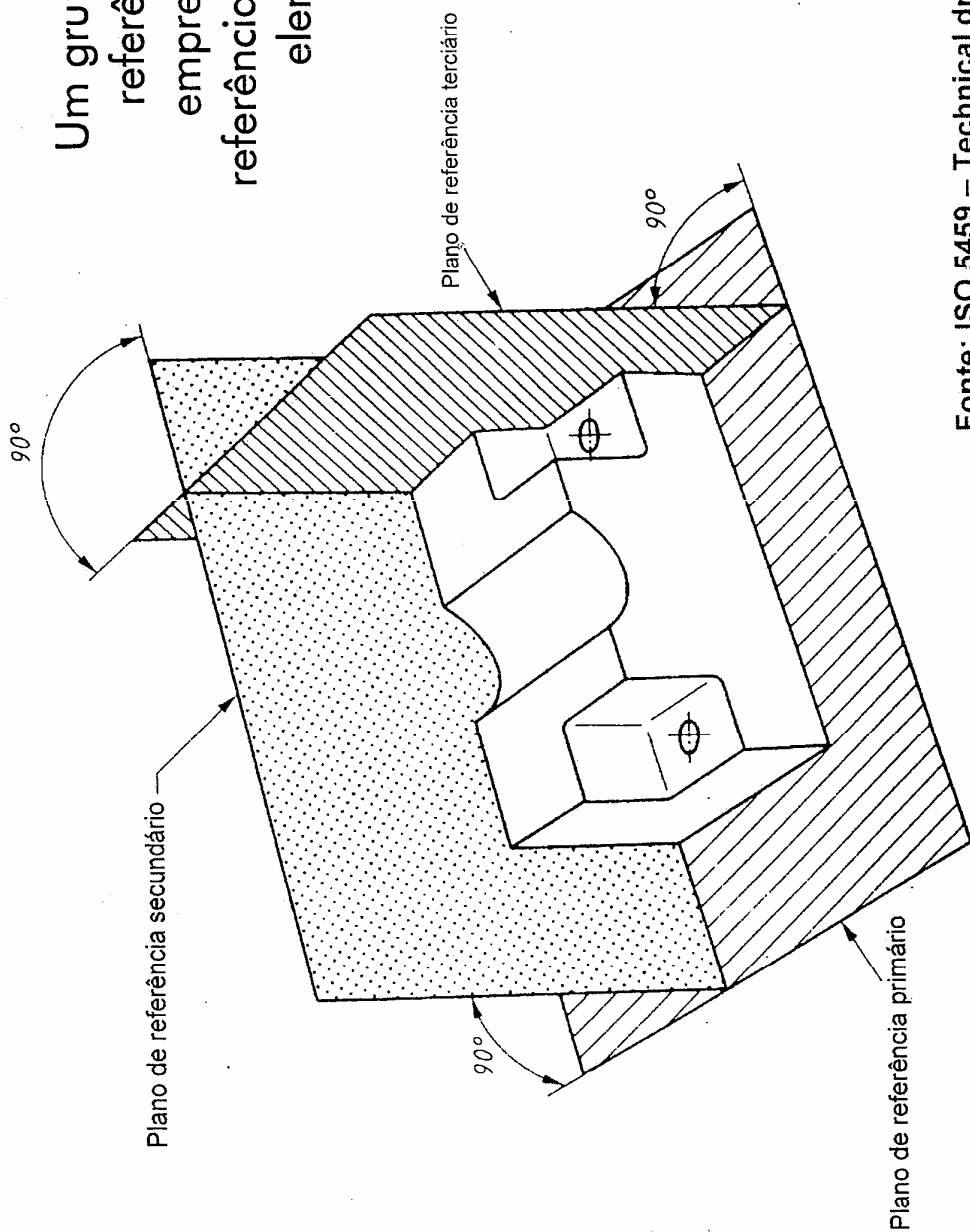
- Norma ISO 1101:1983 – Se a seqüência de dois ou mais elementos de referência não tem importância, as letras são indicadas no mesmo compartimento.



- Norma ISO 1101:2004 – Recomenda a não utilização do procedimento anterior, pois o mesmo pode gerar ambigüidades em alguns casos.

Sistemas de Referência em 3D

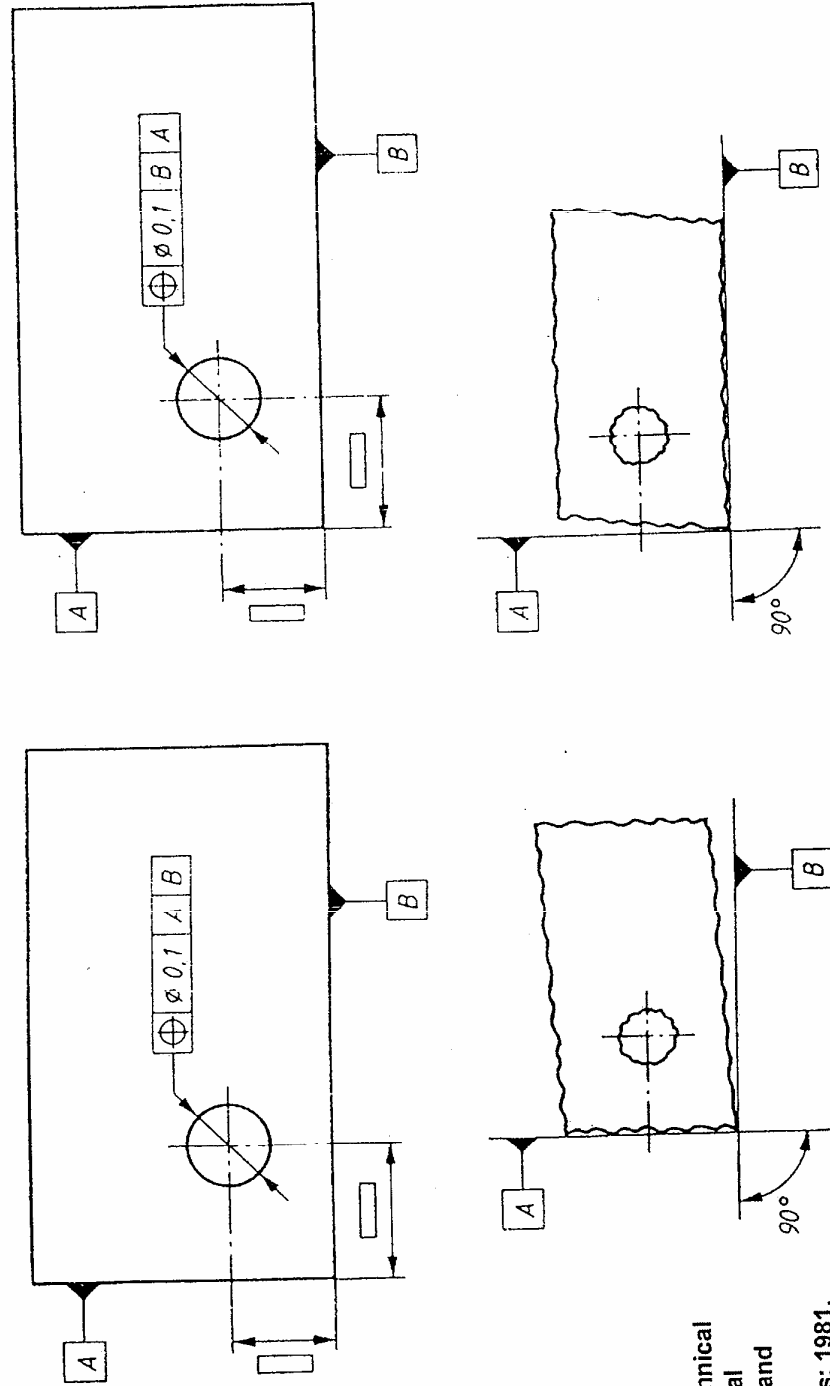
Um grupo de duas ou mais referências individuais, empregadas como uma referência combinada para um elemento tolerado.



Fonte: ISO 5459 – Technical drawings – Geometrical tolerancing
– Datums and datum-systems for geometrical tolerances; 1981.

Sistemas de Referência

Seqüência de Especificação das Referências



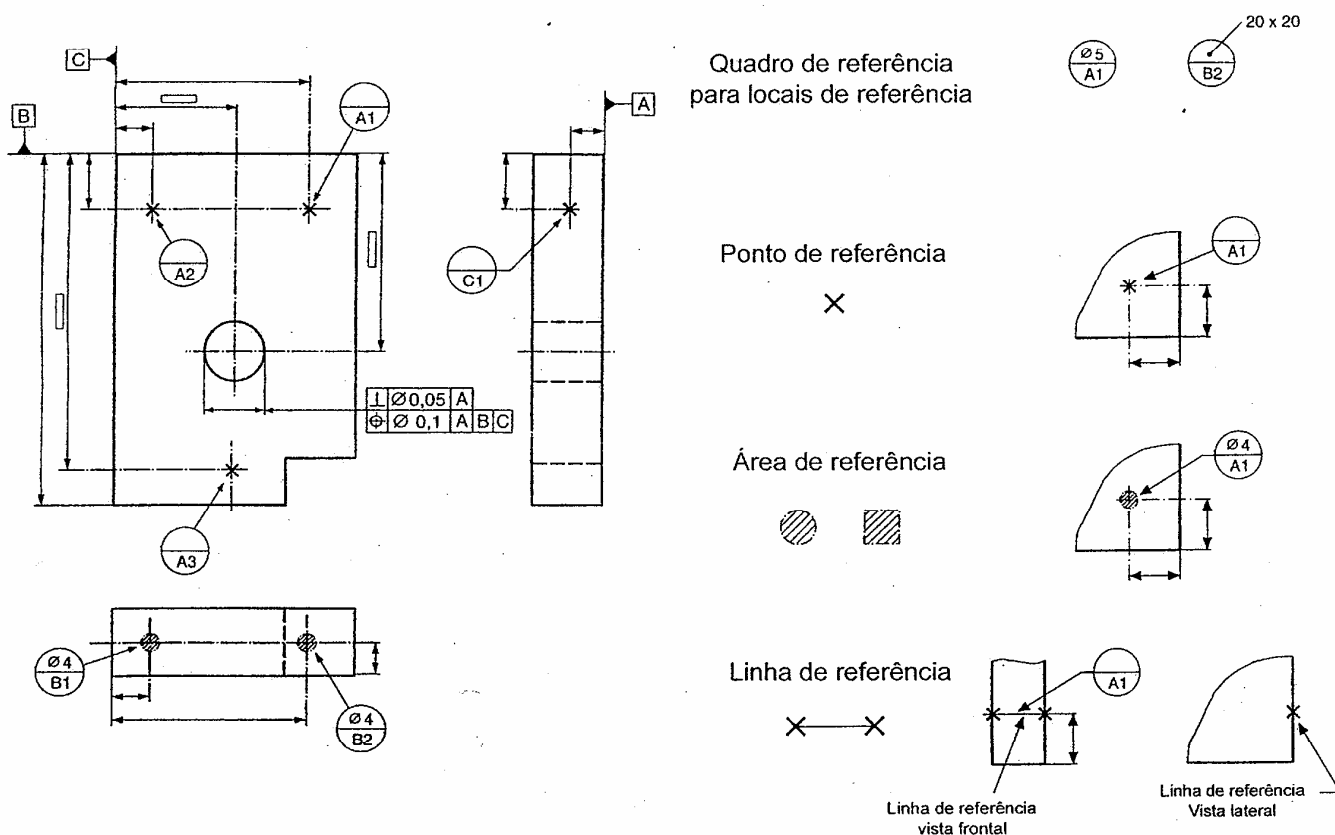
Fonte: ISO 5459 – Technical drawings – Geometrical tolerancing – Datums and datum-systems for geometrical tolerances; 1981.

A = Referência primária
B = Referência secundária

Sistemas de Referência em 3D

- Três planos mutuamente perpendiculares.
- Se a função impor, um plano não perpendicular pode ser empregado no quadro de referências como um elemento de referência. Neste caso, o ângulo básico (ou teoricamente exato) deve ser especificado.
- Define a ORIGEM (FUNCIONAL).

Local de Referência: um ponto, linha ou área limitada da peça para servir de local de contato com dispositivos de manufatura e de inspeção, para estabelecer as referências especificadas numa determinada seqüência, satisfazendo os requisitos funcionais.



Fonte: ISO 5459 – Technical drawings – Geometrical tolerancing – Datums and datum-systems for geometrical tolerances; 1981.

ELEMENTOS DE REFERÊNCIA

ASPECTOS RELEVANTES PARA SELEÇÃO

- Acoplamento(funcional) entre superfícies;
- Propósito do projeto e características significativas;
- Sistema de referência, não individual;
- Dimensão (grande o suficiente);
- Estabilidade (controle dos erros de forma);
- Viabilidade de acesso;
- Elemento externo (de preferência em relação ao elemento interno);
- Aspectos metrológicos (viabilidade/facilidade de inspeção);
- Manufatura;
- Especificação dos locais de referência.



Módulo 6

Tolerâncias Geométricas

SIMBOLOGIA PARA CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Classe da Tolerância	Características Geométricas	Símbolo	Necessidade de referência
Forma	Retitude	—	Não
	Planeza	▭	Não
	Circularidade	○	Não
	Cilindricidade	⊘	Não
	Perfil de uma linha qualquer	⌒	Não
	Perfil de uma superfície qualquer	⊔	Não
Orientação	Paralelismo	//	Sim
	Perpendicularidade	⊥	Sim
	Inclinação	∠	Sim
	Perfil de uma linha qualquer	⌒	Sim
	Perfil de uma superfície qualquer	⊔	Sim
Localização	Posição	⊕	Sim ou Não
	Concentricidade (para centros)	⊙	Sim
	Coaxialidade (para eixos)	⊙	Sim
	Simetria	≡	Sim
	Perfil de uma linha qualquer	⌒	Sim
	Perfil de uma superfície qualquer	⊔	Sim
Batimento	Circular	↗	Sim
	Total	↘	Sim

NOTAS:

- Simbologia conforme ISO 1101:2004
- Classificação conforme ISO 1101:2004

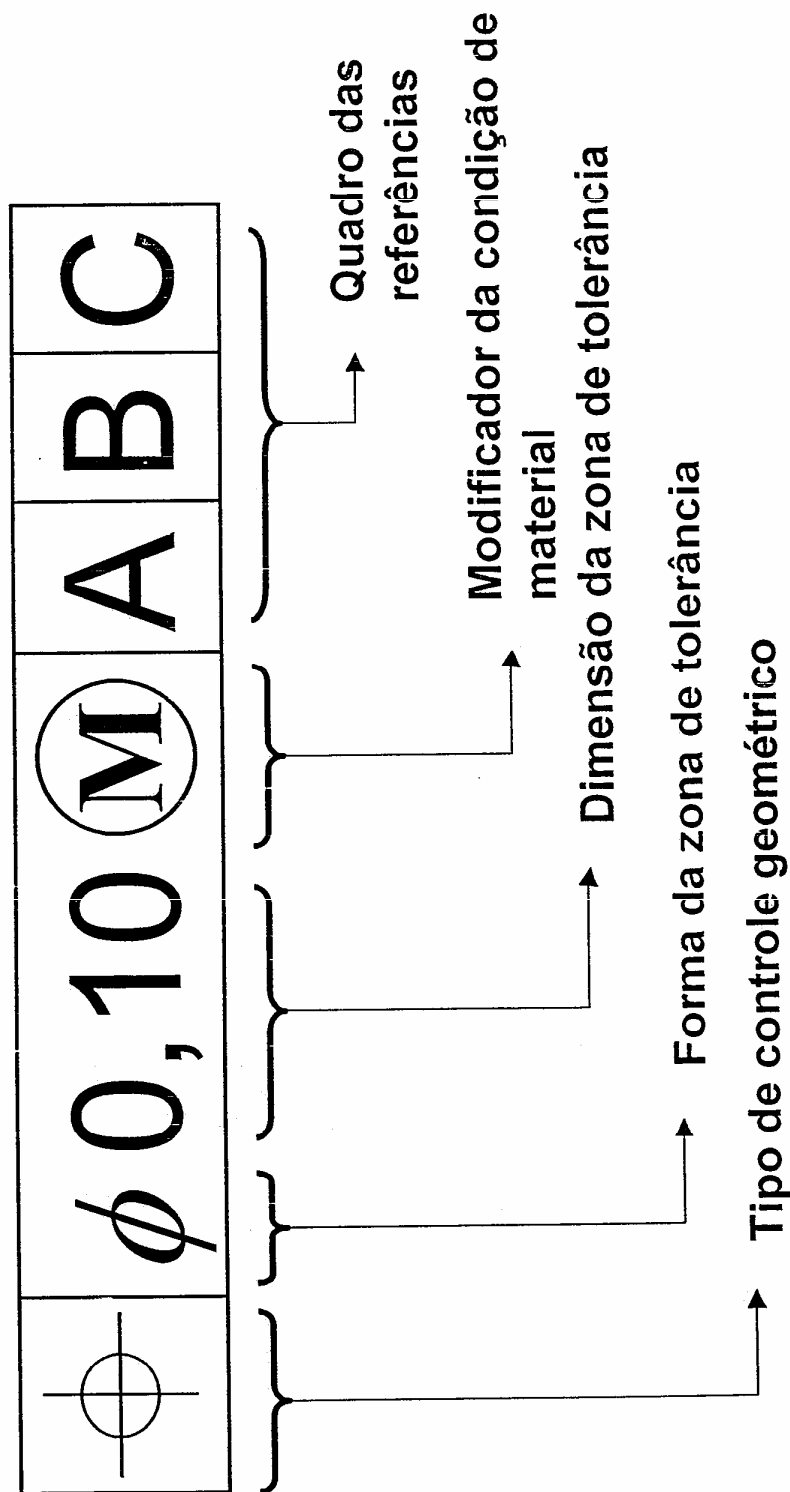
SIMBOLOGIA ADICIONAL

Descrição	Símbolo	Norma de Referência
Indicação do elemento tolerado		ISO 1101
Indicação do elemento de referência		ISO 1101 e ISO 5459
Local de referência		ISO 5459
Dimensão teoricamente exata (dimensão básica na ASME)		ISO 1101
Dimensão auxiliar (dimensão de referência na ASME)		ISO 1101
Zona de tolerância projetada		ISO 1101 e ISO 10578
Requisito de máximo material		ISO 1101 e ISO 2692
Requisito de mínimo material		ISO 1101 e ISO 2692
Condição de estado livre (para peças não rígidas)		ISO 1101 e ISO 10579
Contorno total (perfil)		ISO 1101
Requisito de envelope		ISO 8015 e ISO 14405
Diâmetro menor		ISO 1101
Diâmetro maior		ISO 1101
Diâmetro "pitch"		ISO 1101
Elemento linha		ISO 1101
Não convexo		ISO 1101
Zona comum		ISO 1101
Qualquer seção transversal		ISO 1101

NOTA:

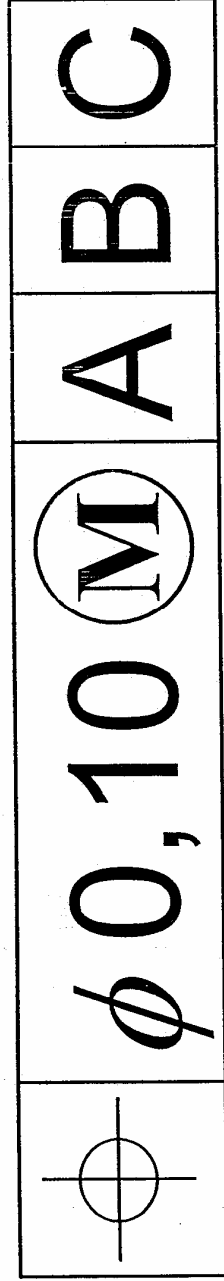
Simbologia conforme ISO 1101:2004

DECODIFICAÇÃO
DO QUADRO DE TOLERÂNCIAS



**DECODIFICAÇÃO DO
QUADRO DE TOLERÂNCIAS (5 QUESTÕES)**

- 1) O que deve permanecer dentro da zona de tolerância ?**
- 2) Qual é a forma da zona de tolerância ?**
- 3) Qual é a dimensão da zona de tolerância ?**
- 4) Qual é a orientação da zona de tolerância ?**
- 5) Qual é a localização da zona de tolerância ?**



Definição do sistema de coordenadas

3) Qual a dimensão da zona de tolerância ?

2) Qual a forma da zona de tolerância ? (“ \emptyset ” e “S \emptyset ”)

1) O que deve permanecer dentro da zona de tolerância ?

4 e 5) As zonas de tolerância estão perfeitamente orientadas e localizadas a partir das dimensões teoricamente exatas. As dimensões teoricamente exatas tem origem a partir do sistema de coordenadas definido.

NOTA: “S \emptyset ” previsto somente na ISO 1101:2004

DIMENSÃO TEORICAMENTE EXATA (ISO)

ou

DIMENSÃO BÁSICA (ASME)

Um valor numérico usado para definir a dimensão, perfil, orientação, ou localização teoricamente exata de um elemento. É a base a partir da qual as variações permissíveis são estabelecidas pelas tolerâncias geométricas.

DIMENSÃO TEORICAMENTE EXATA

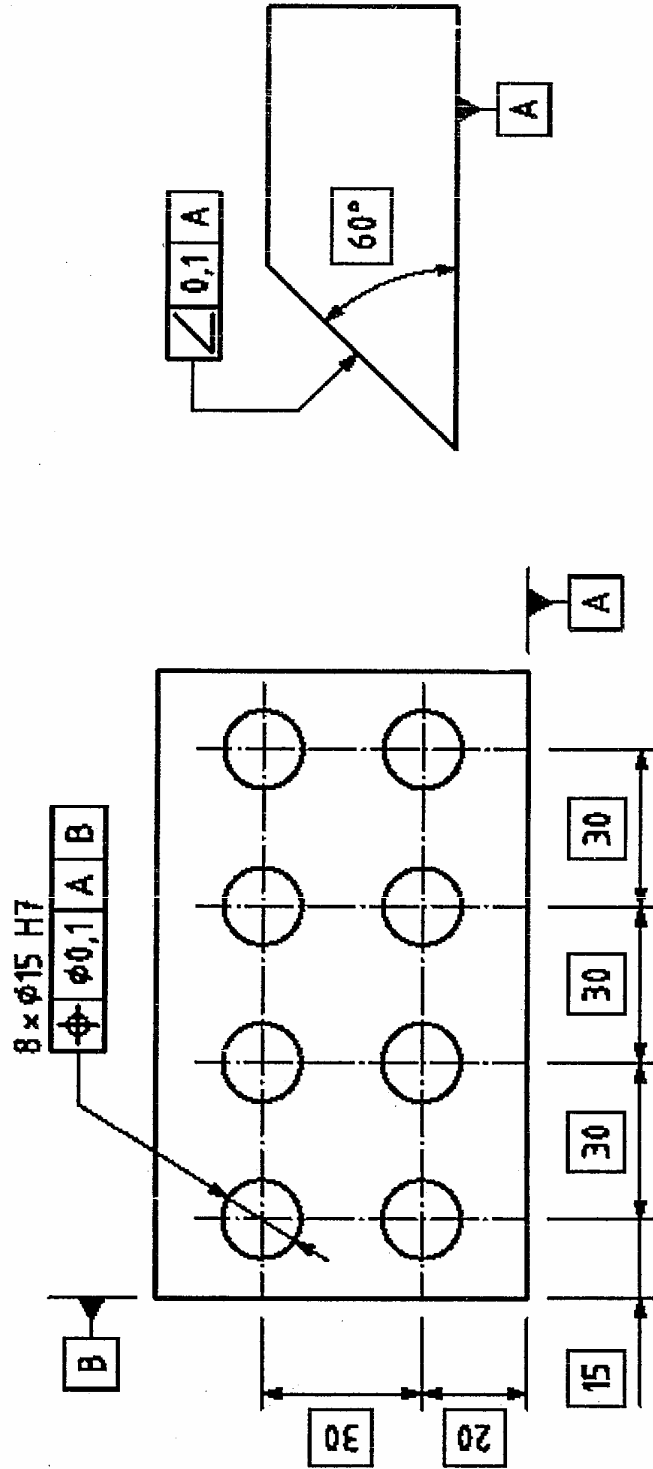
ou

DIMENSÃO BÁSICA

São representadas sem
tolerância individual e dentro
do quadro retangular indicando
que a tolerância geral da nota
não é aplicável a mesma.



EXEMPLOS DE DIMENSÕES TEORICAMENTE EXATAS



Módulo 7

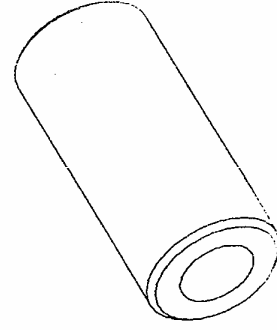
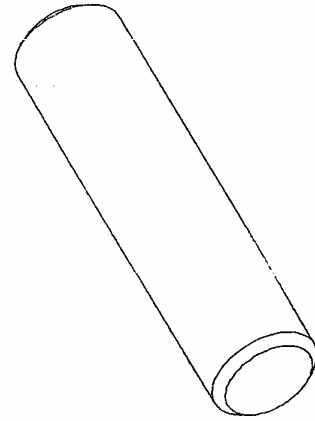
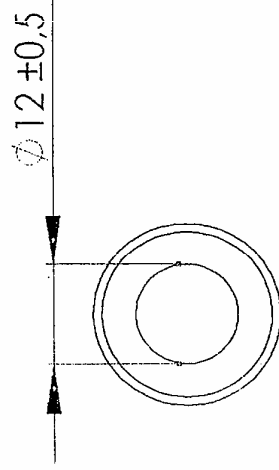
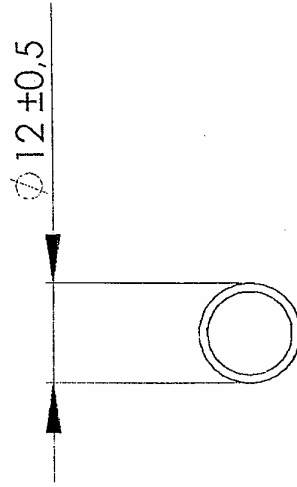
Modificadores da Condição de Material

Condição de Máximo Material

- A condição na qual o elemento(em todo local) está no limite de dimensão onde o seu material é máximo.
- Símbolo: **(M)**
- Abreviação: MMC (*Maximum Material Condition*)

Fonte: ISO 2692:1988 – Technical drawings - Geometrical tolerancing - Maximum material principle.

PINO MMC/FURO MMC

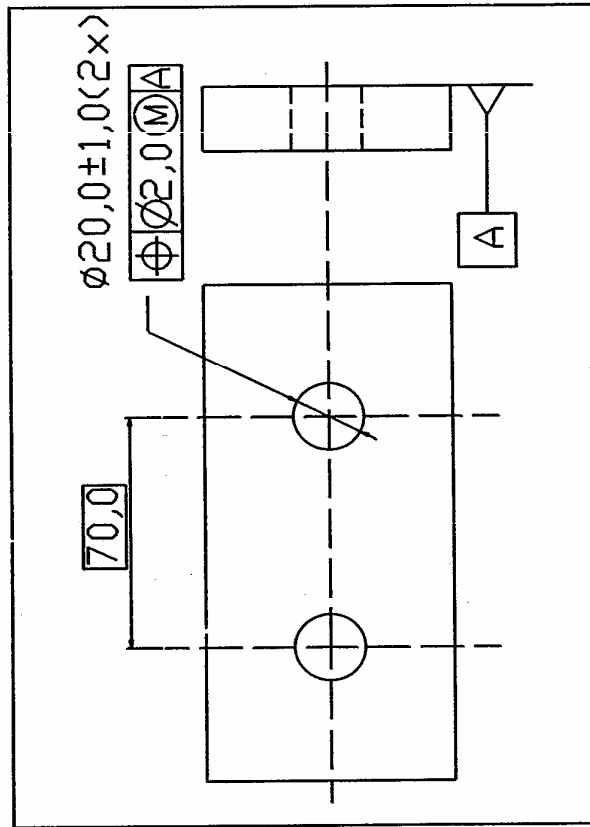




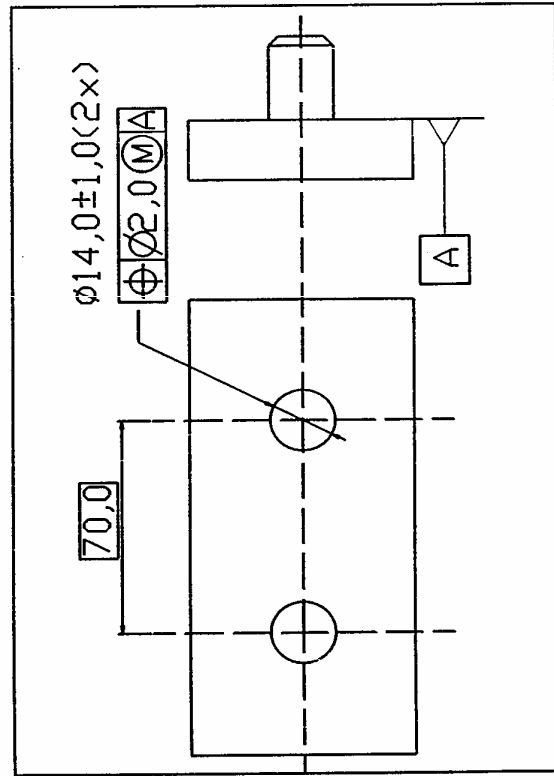
Quadro de Tolerância

\oplus	$\phi 0,15$	\textcircled{M}	\textcircled{A}	\textcircled{M}	\textcircled{B}	\textcircled{C}
----------	-------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

Peça



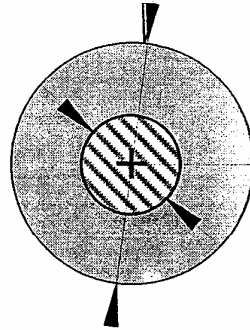
Contra-Peça



Contra-Peça

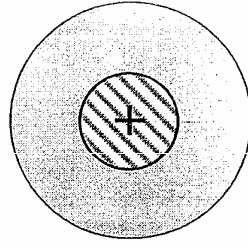
Zona de Tolerância referente à
posição entre pinos (ZT \oplus Pinos)

$\phi 22,0$



$\phi 15,0$ \emptyset Pino (MMC)

70,0



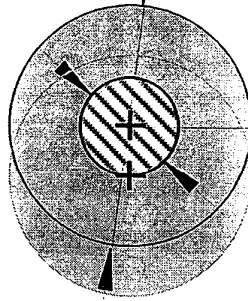
Dimensão Teoricamente Exata

Contra-Pega

ZT ϕ -Pinos

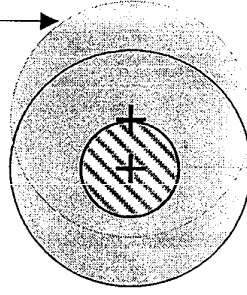
Pino no extremo da (ZT ϕ -Pinos)

$\phi 22,0$

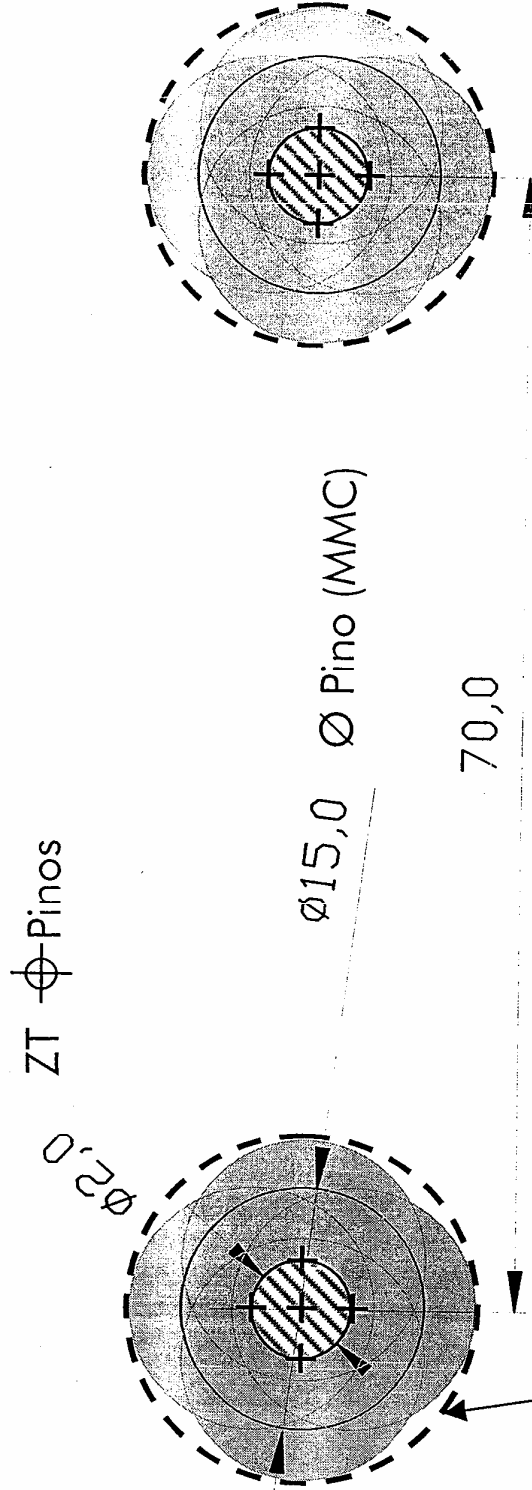


$\phi 15,0$ ϕ Pino (MMC)

70,0



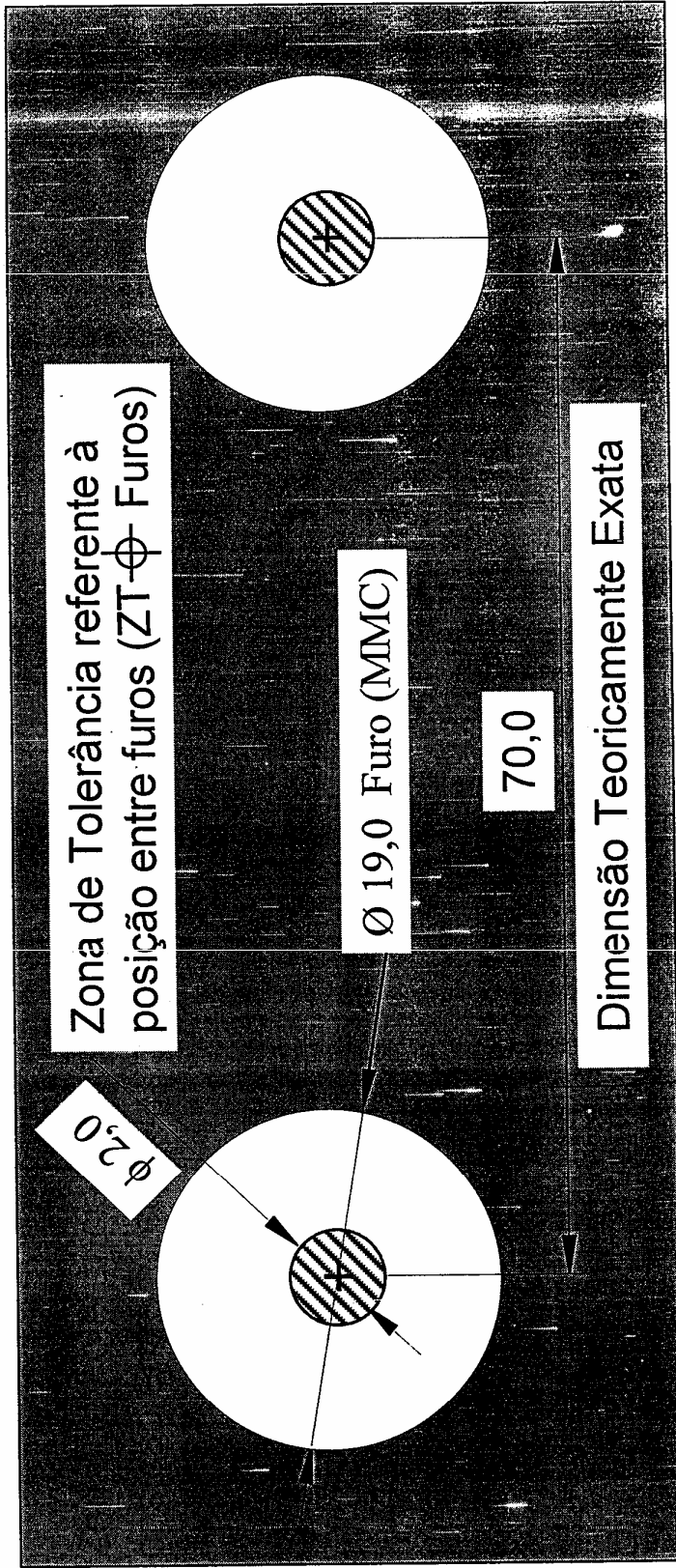
Contra-Peça



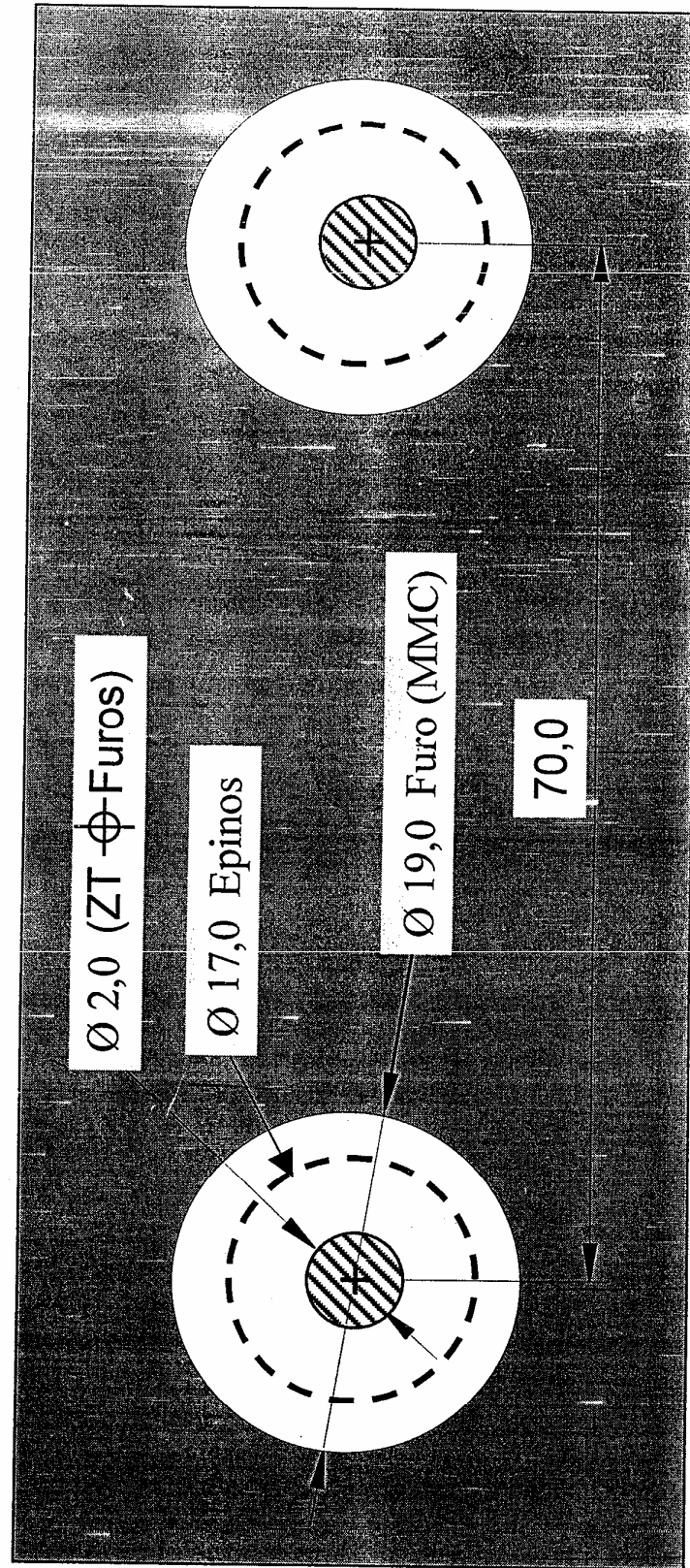
$\phi 17,0$ Epinos

Círculo envoltório gerado pelo efeito da tolerância dimensional e de posição dos pinos

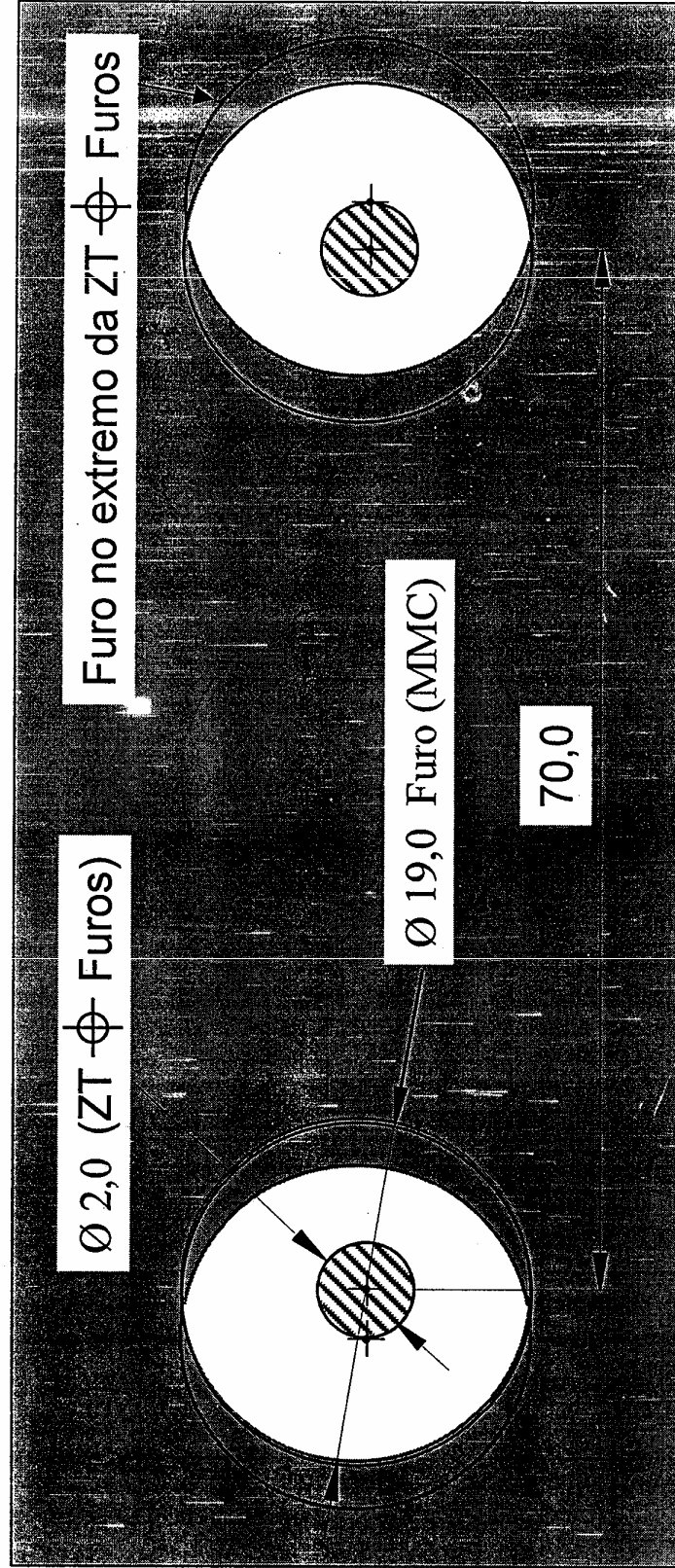
Peça



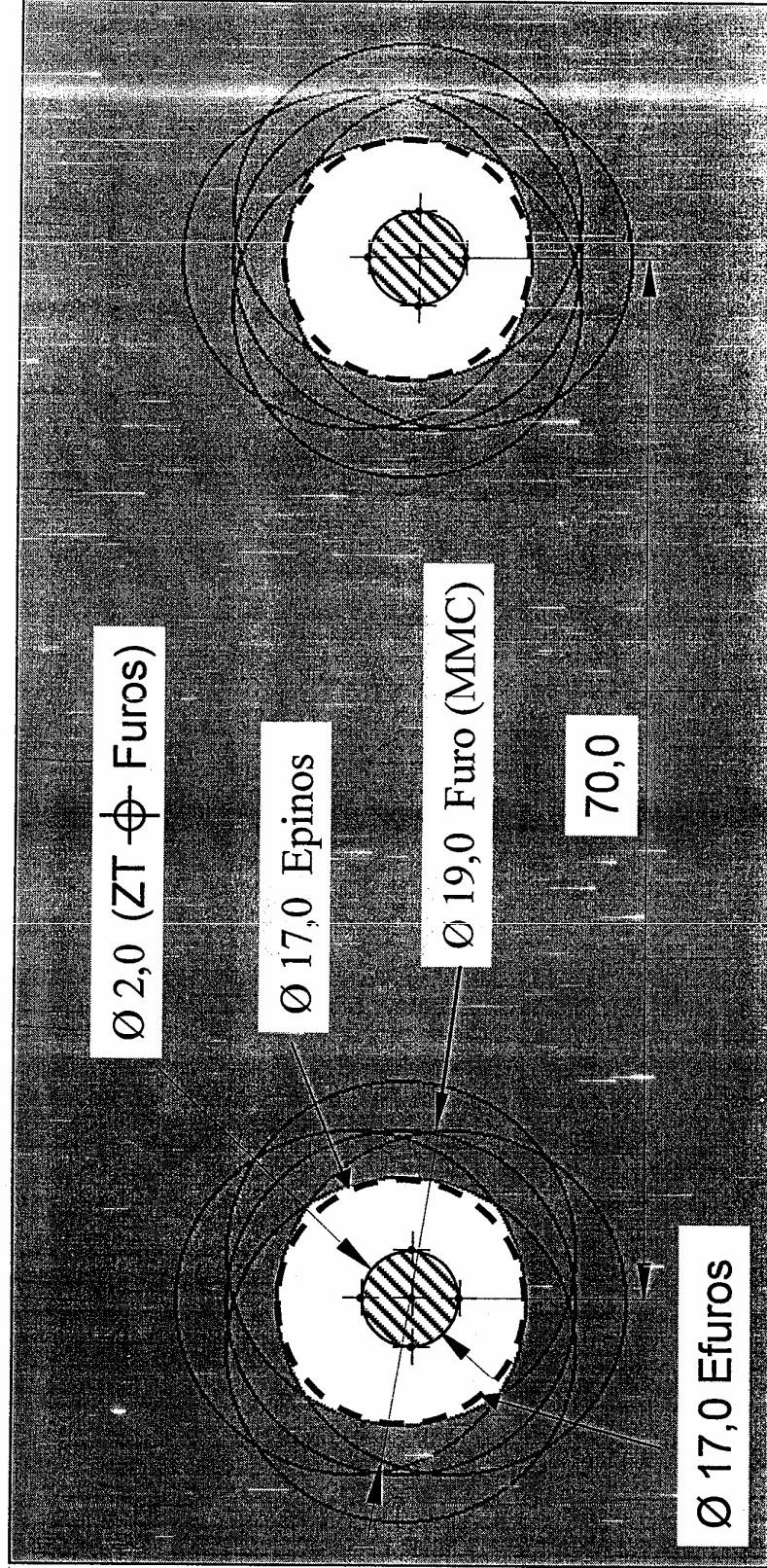
Peça



Peça

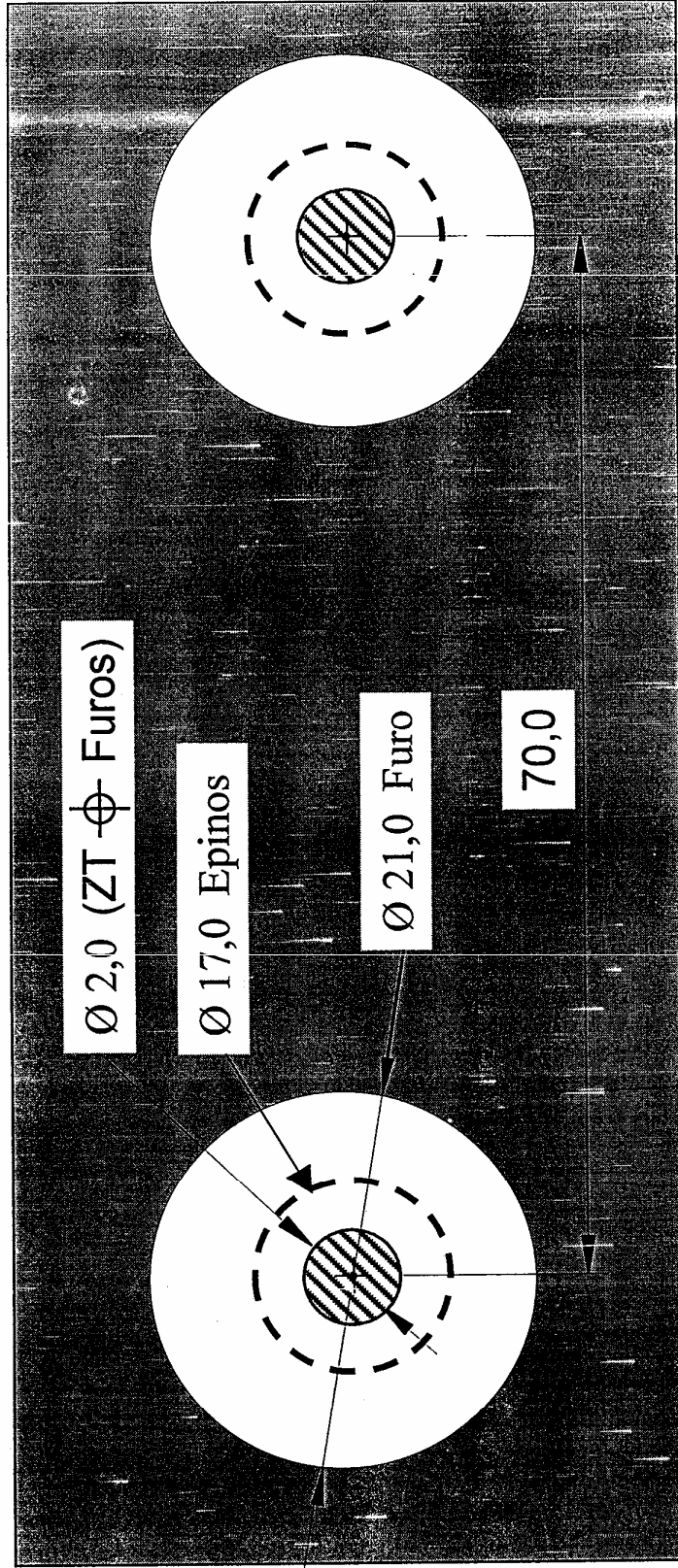


Peça

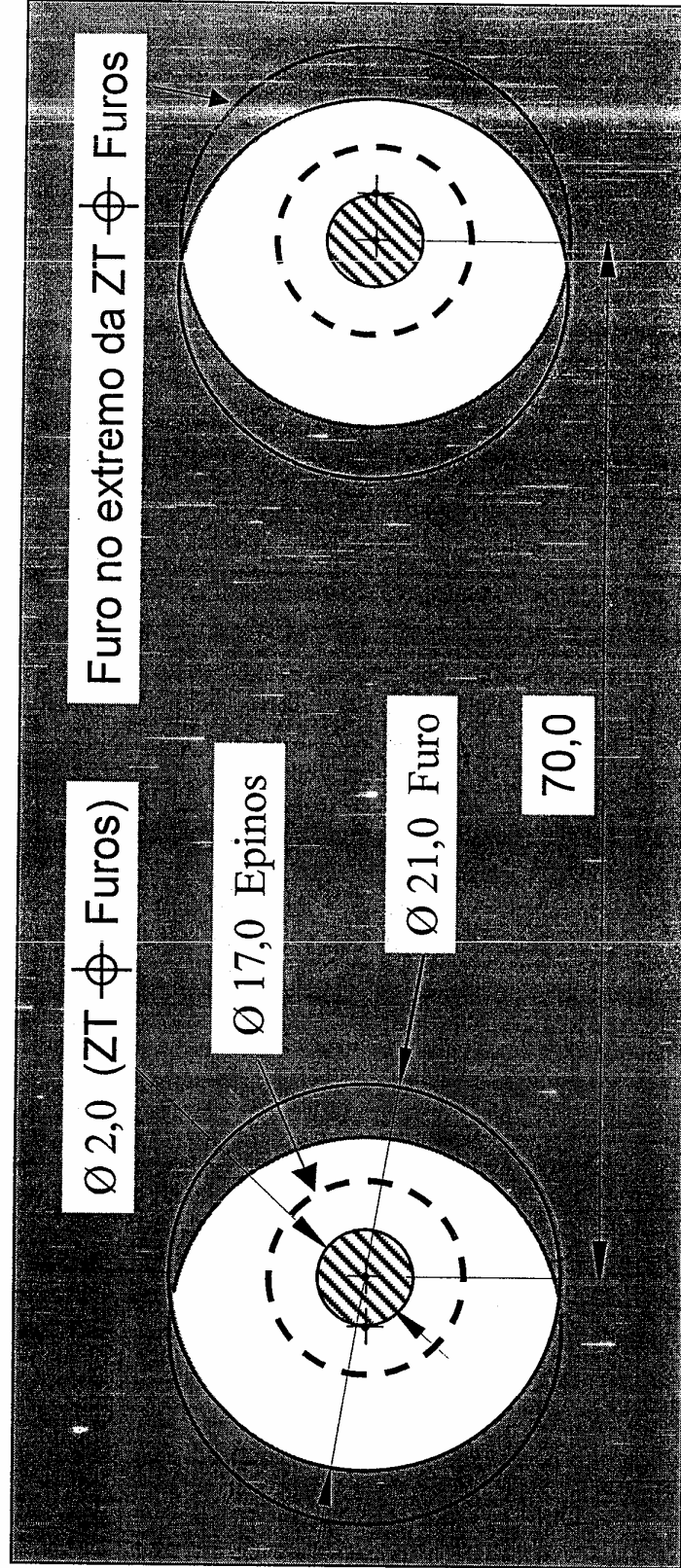


Círculo envoltório gerado pelo efeito da tolerância dimensional e de posição dos furos

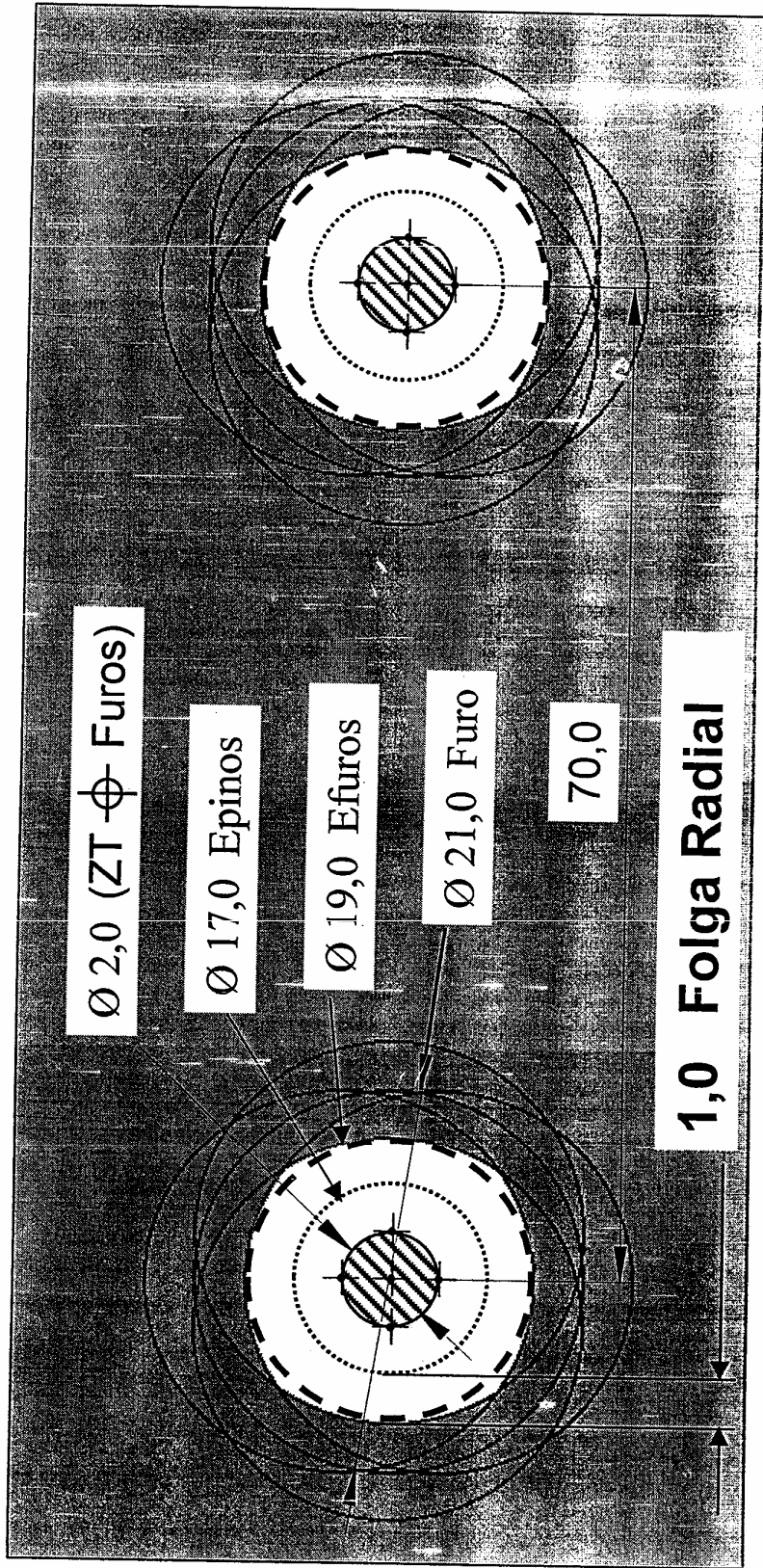
Peça



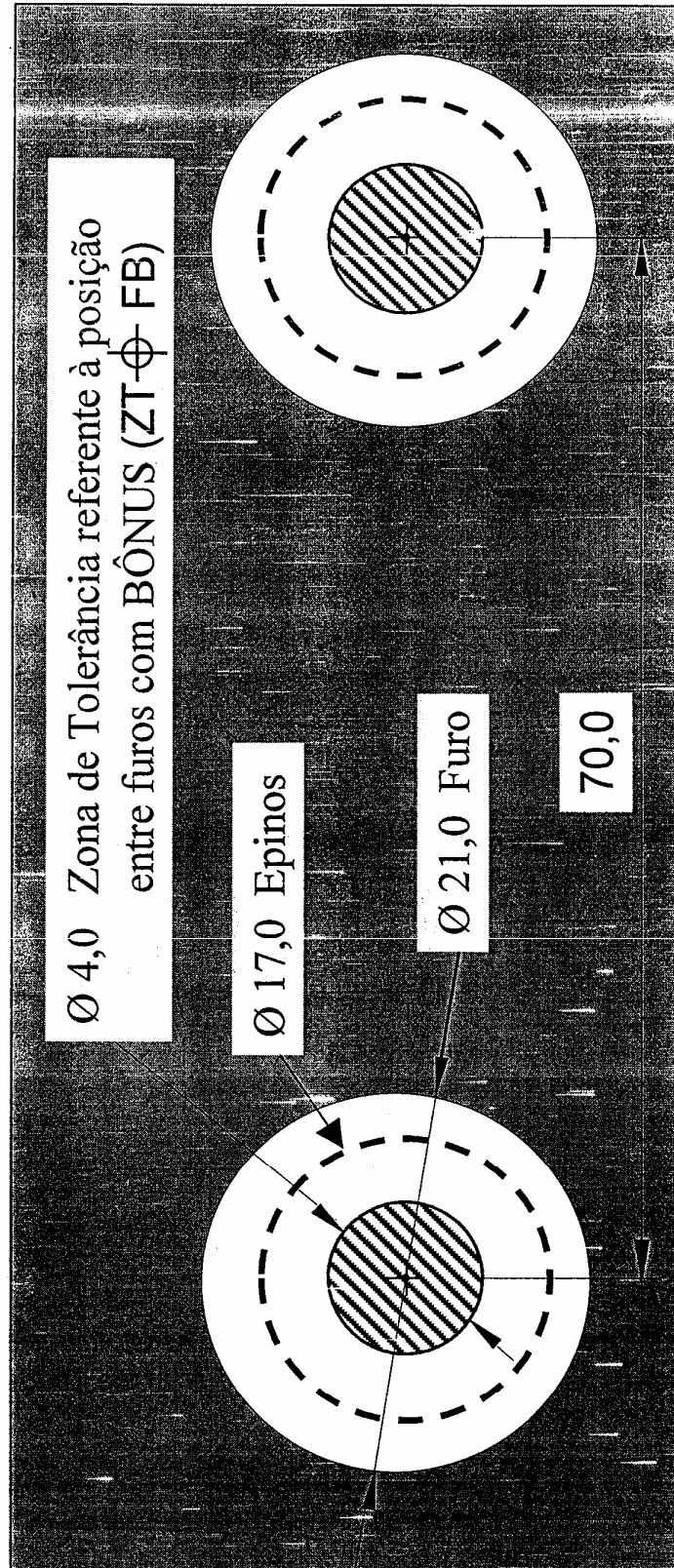
Peça



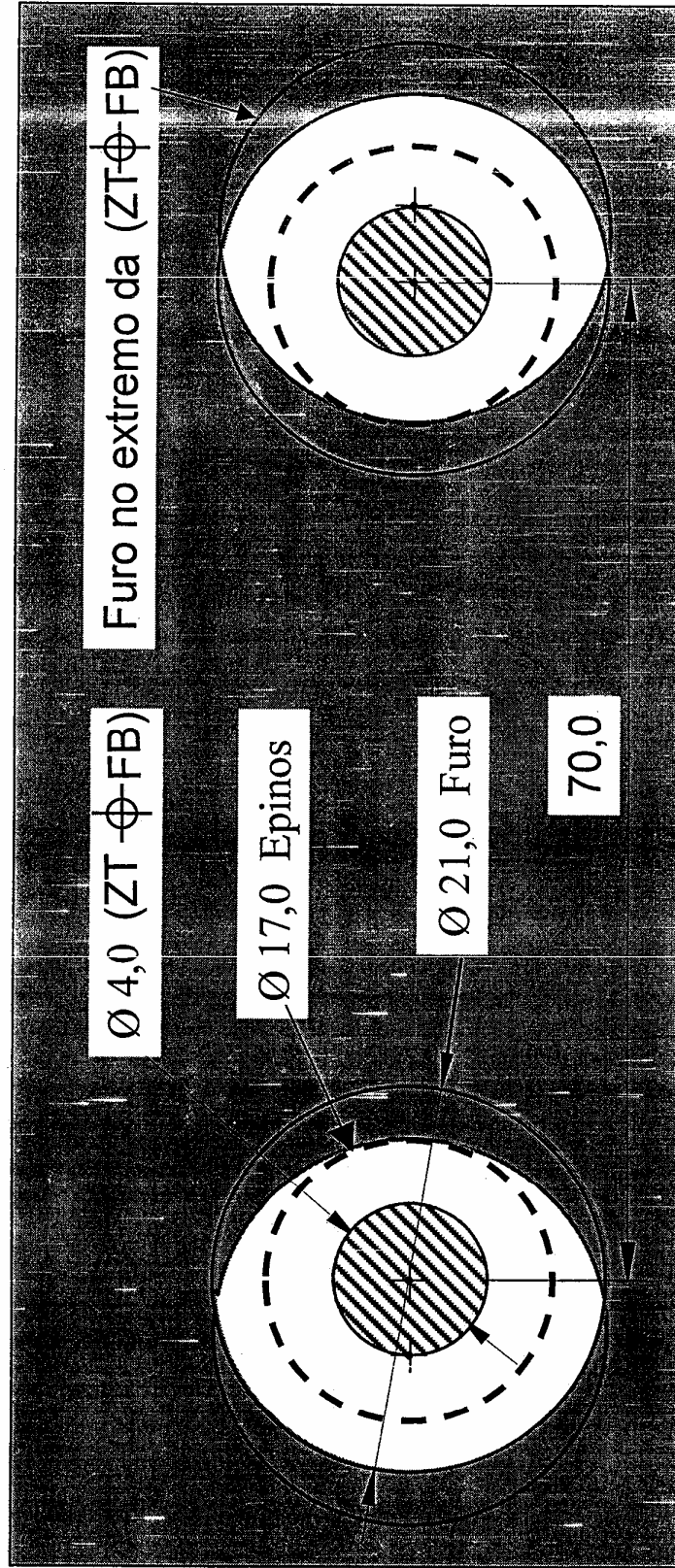
Peça



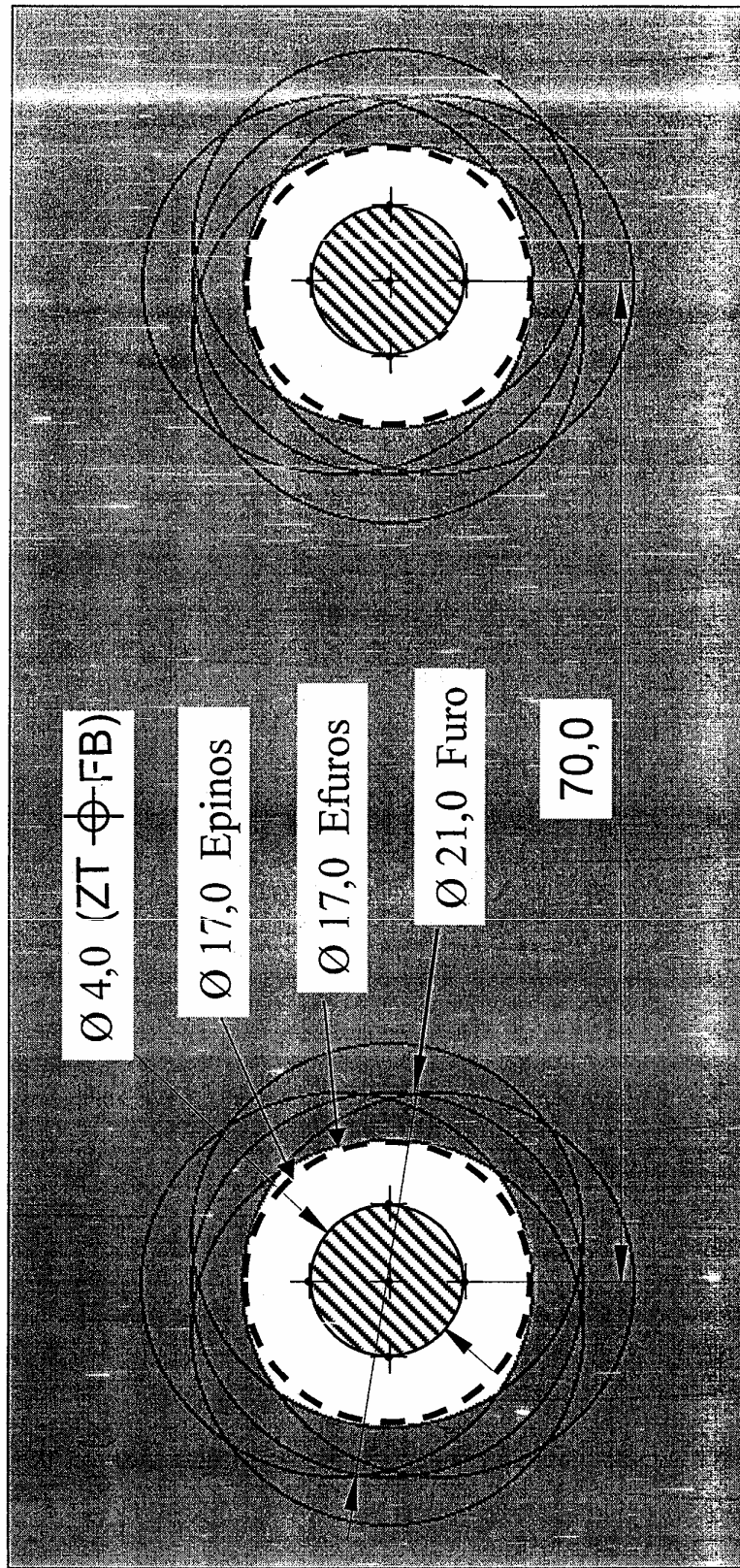
Peça



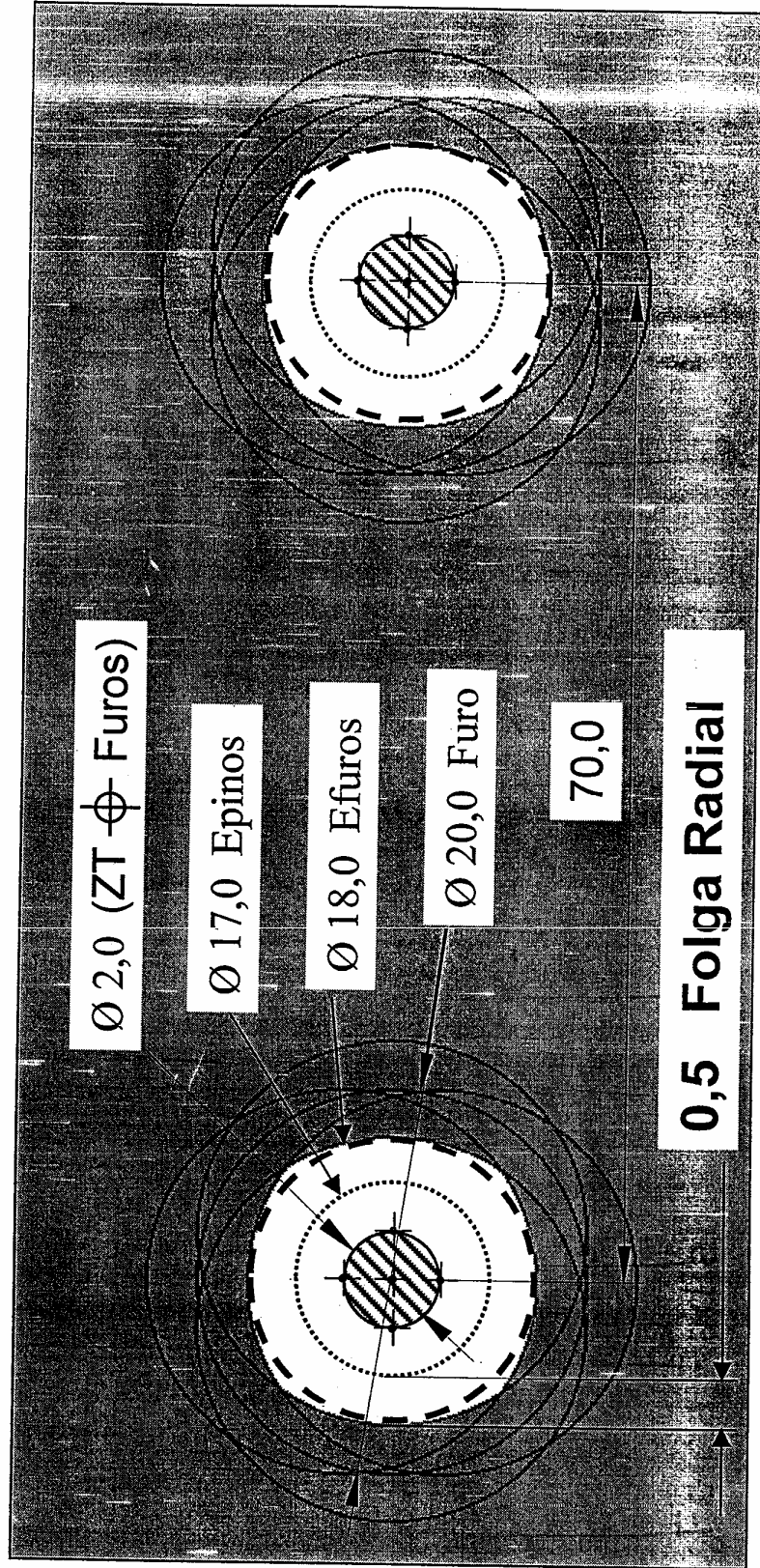
Peça



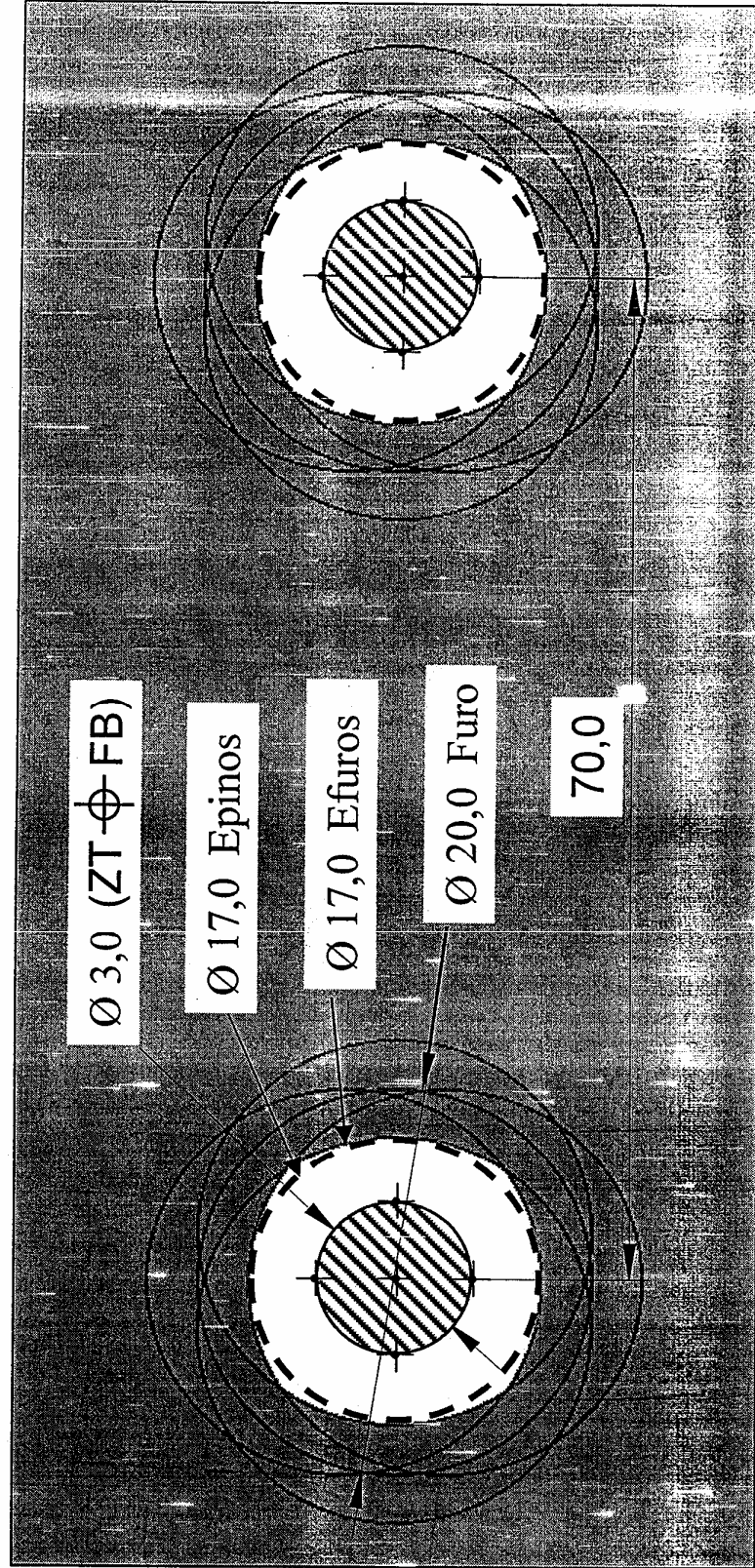
Peça



Peça

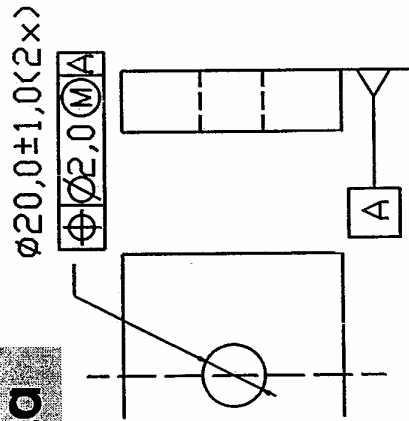


Peça



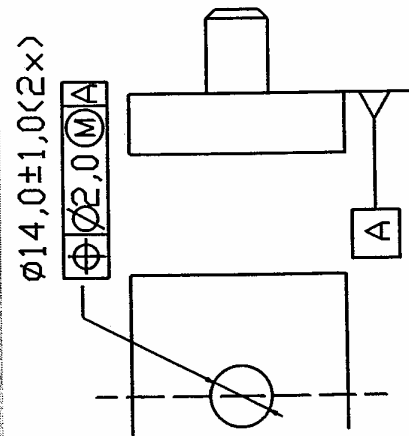
Condição de Máximo Material

Peça



Ø Furo	Bônus (Ø Furo - Ø Furo MMC)	(ZT - Ø Furos)
19,0 (MMC)	0,0	2,0
19,5	0,5	2,5
20,0	1,0	3,0
20,5	1,5	3,5
21,0	2,0	4,0

Contra-Peça



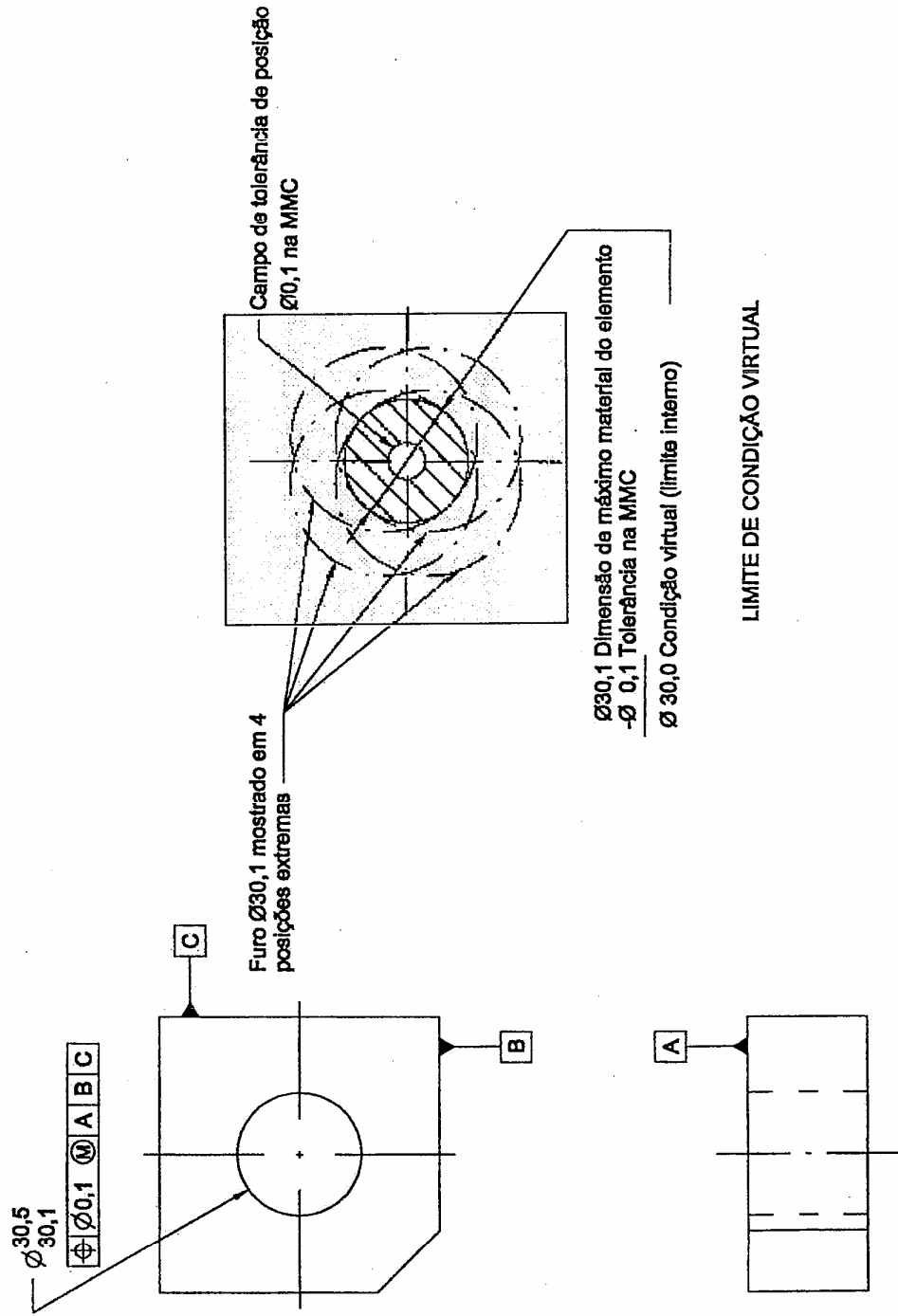
Ø Pino	Bônus (Ø Pino MMC - Ø Pino)	(ZT - Ø Pinos)
13,0	2,0	4,0
13,5	1,5	3,5
14,0	1,0	3,0
14,5	0,5	2,5
15,0 (MMC)	0,0	2,0

Resumo das Características da

Condição de Máximo Material

- Permite bônus de tolerância (uso eficiente das tolerâncias);
- Permite uso de gabaritos funcionais;
- Assegura intercambiabilidade;
- Deve ser aplicada a elementos dimensionais;
- MMC é um conceito que descreve realidade física.

Exemplo de Condição Virtual Utilizando o Conceito de Condição de Máximo Material (MMC) - Furo

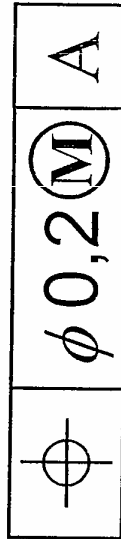


Exercício:

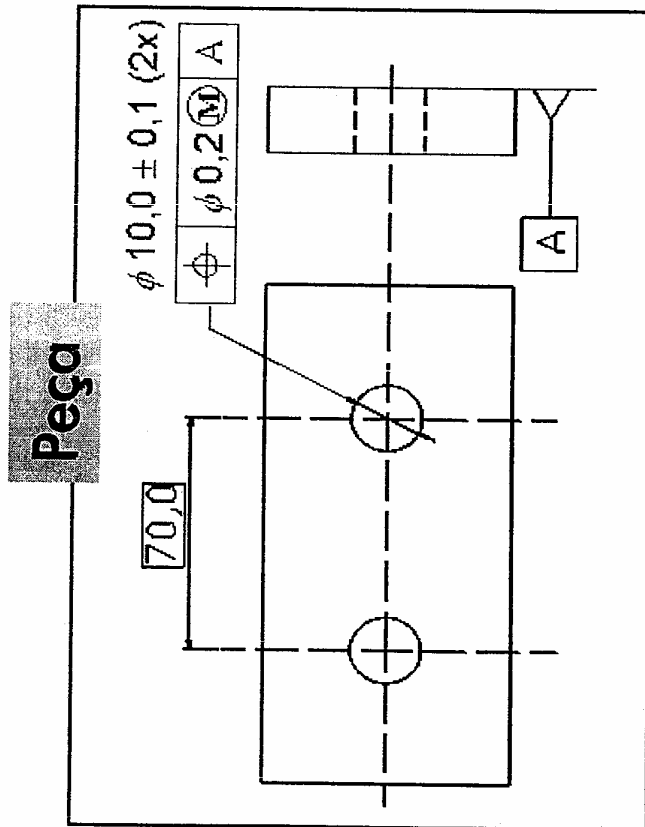
Qual o diâmetro dos pinos da contra-peça para garantir montagem sem folga na condição crítica?

Considerar para contra-peça:

- Diâmetro = $D \pm 0,1$ mm
- Especificação da posição entre pinos:



$D = 9,4$



Condição de Mínimo Material

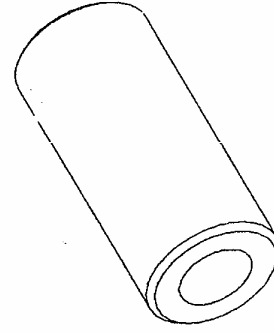
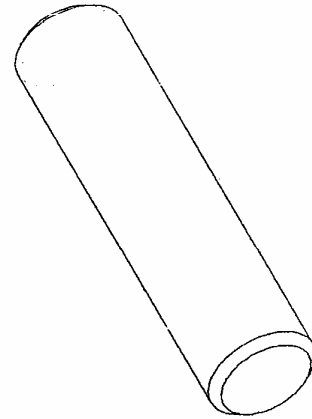
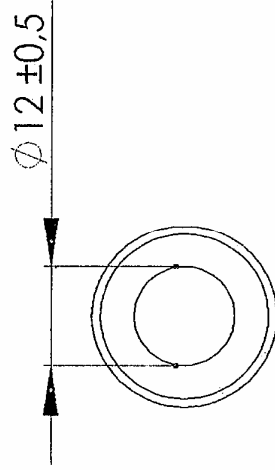
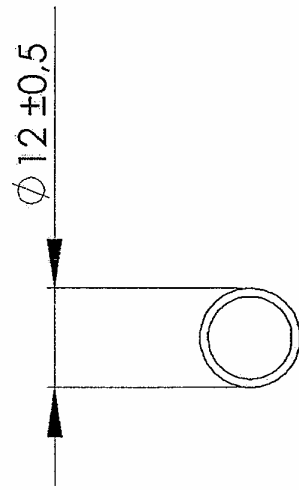
- A condição na qual o elemento(em todo local) está no limite de dimensão onde o seu material é mínimo.
- Símbolo: **Ⓛ**
- Abreviação: LMC (*Least Material Condition*)

Fontes:

ISO 2692:1988 – Technical drawings - Geometrical tolerancing - Maximum material principle.

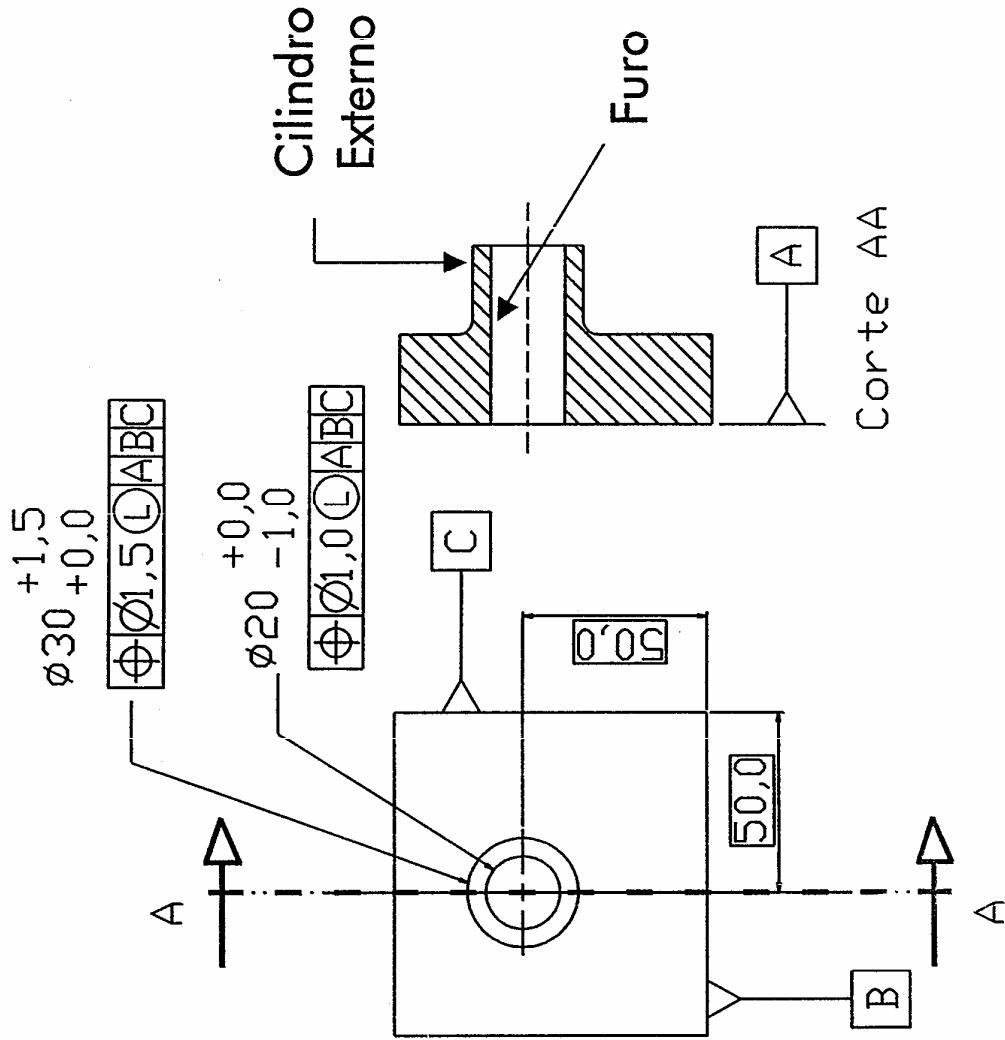
ISO 2692-AMD1:1992 – Technical drawings - Geometrical tolerancing - Maximum material principle - AMENDMENT 1: Least material requirement

PINO LMC/FURO LMC



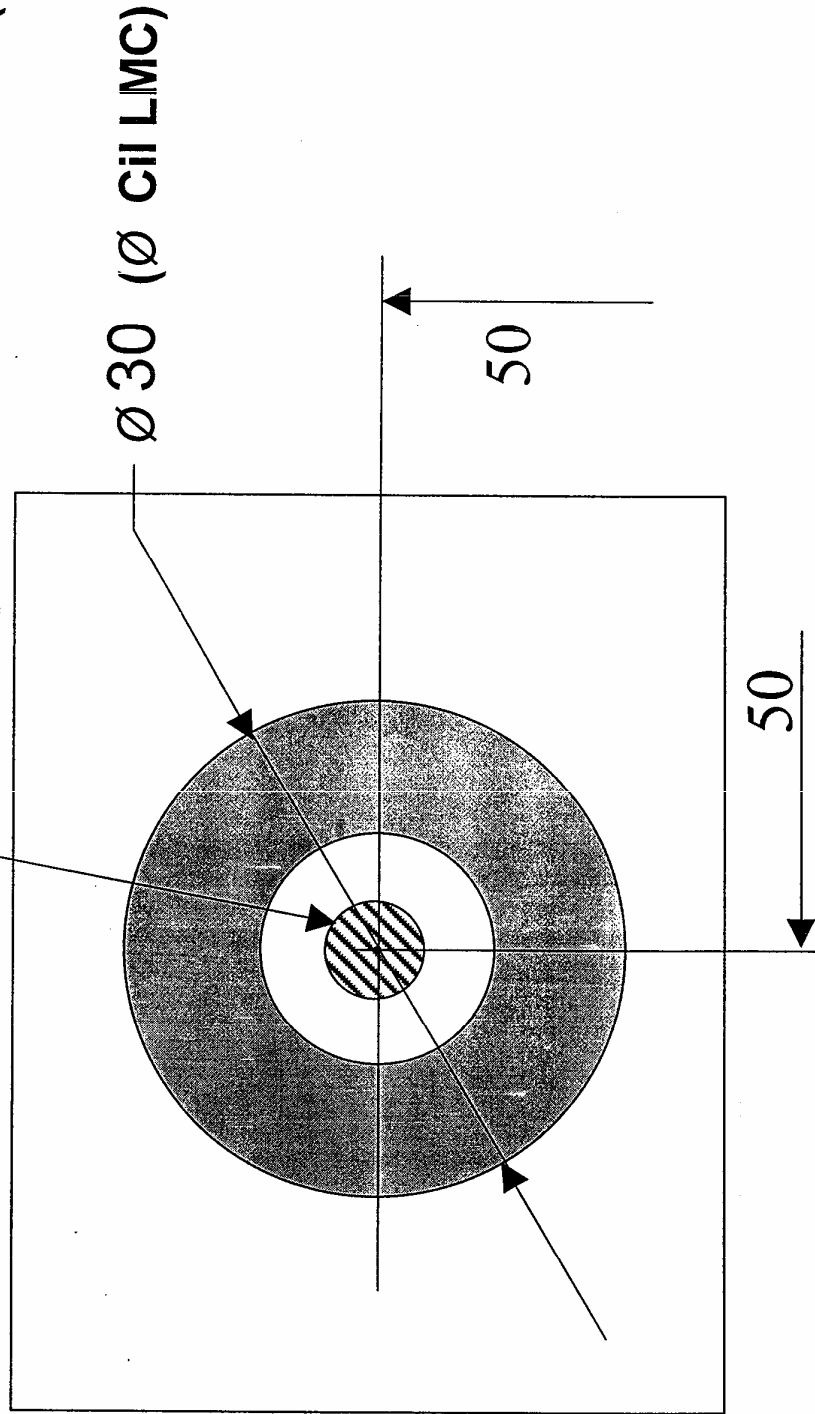
Quadro de Tolerância

ϕ	0,20	\textcircled{L}	A	B	C
--------	------	-------------------	---	---	---

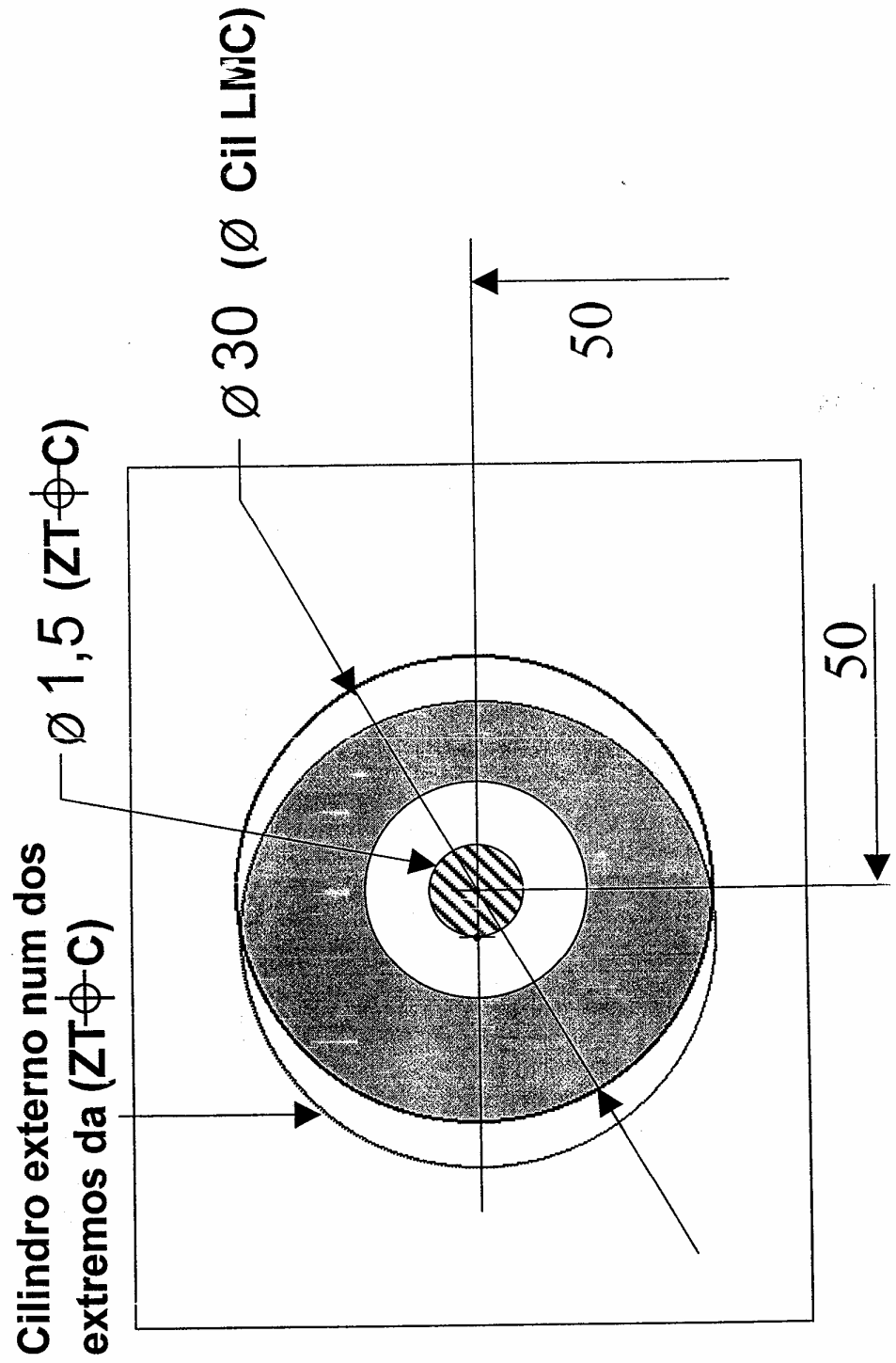


Cilindro Externo

Ø 1,5 Zona de Tolerância referente à
posição do cilindro externo (ZT-Ø-C)



Cilindro Externo



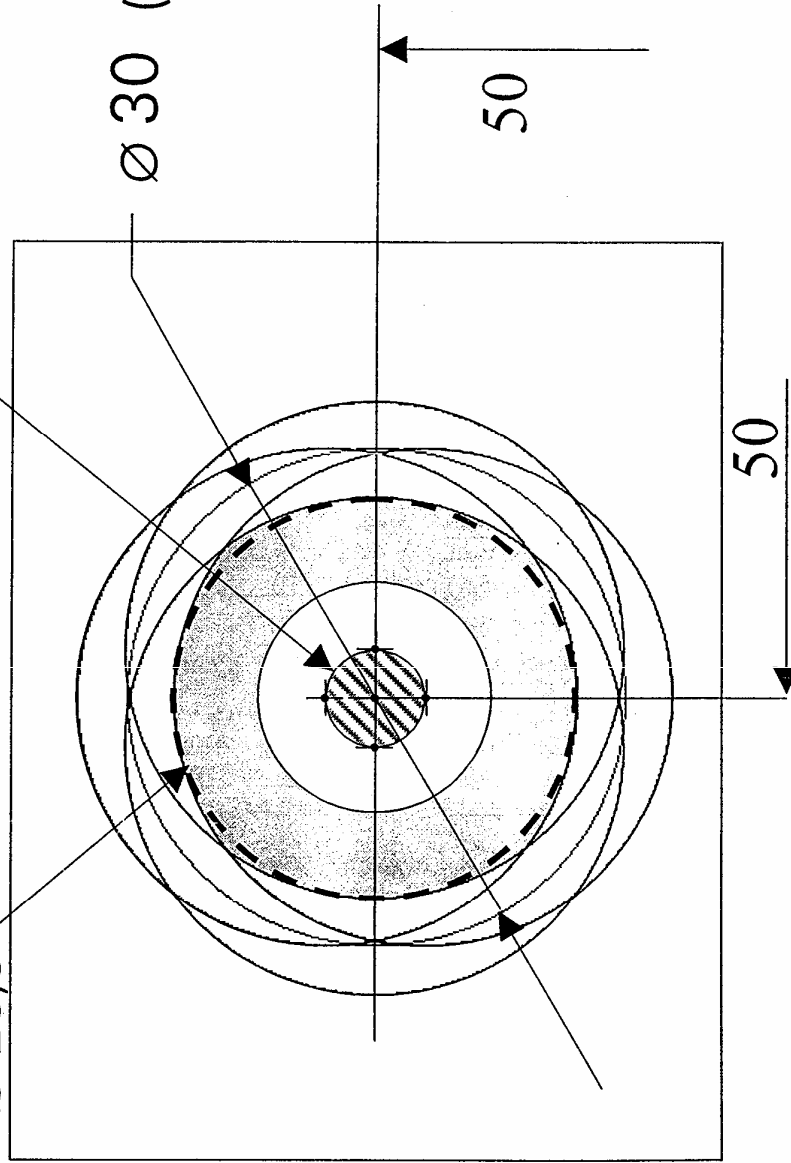
Cilindro Externo

Círculo envoltório gerado pelo efeito da tolerância dimensional e de posição do cilindro externo (Ece)

$\varnothing 1,5 (ZT \phi C)$

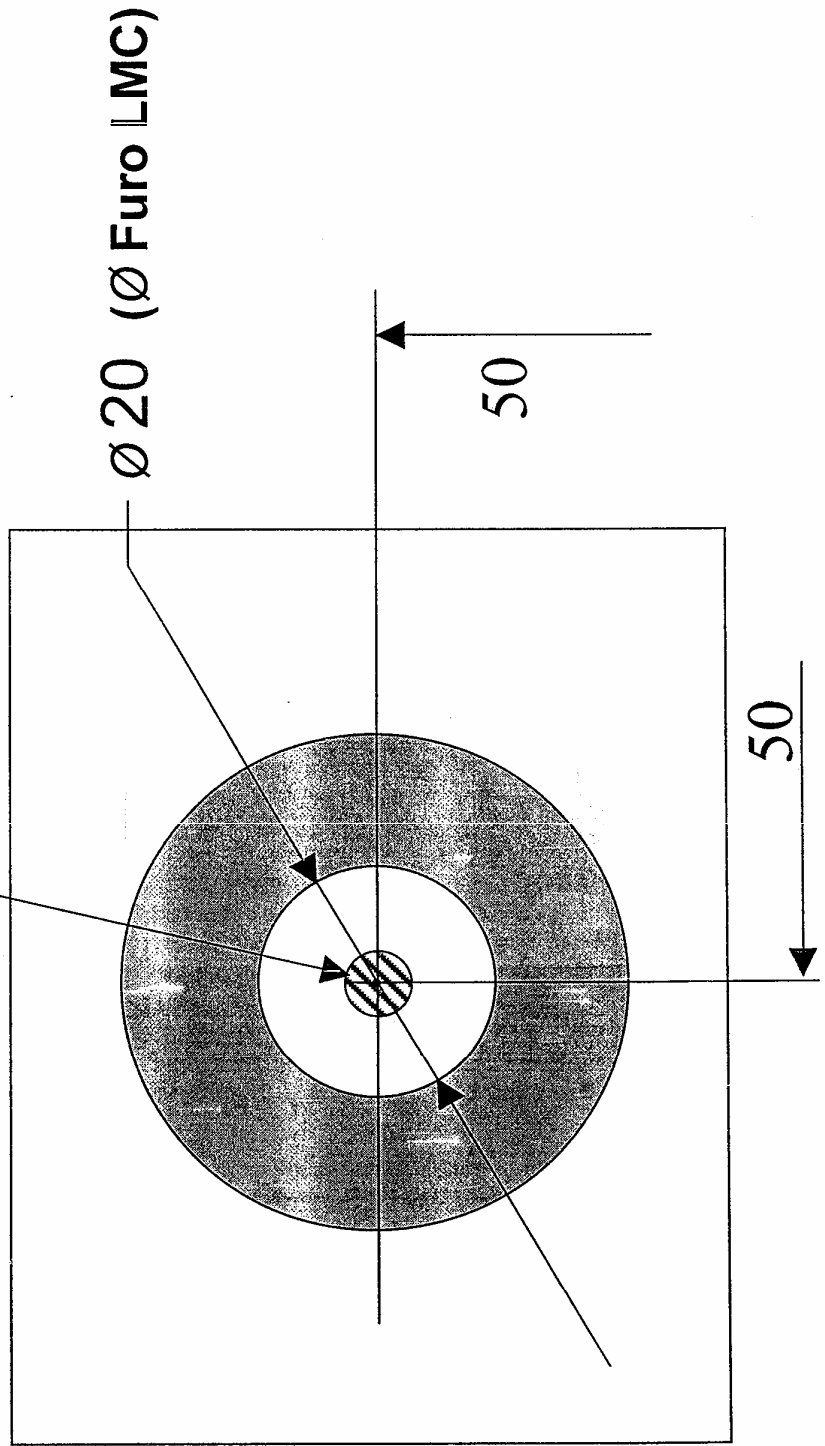
$\varnothing 28,5$

$\varnothing 30 (\varnothing \text{ Cil LMC})$

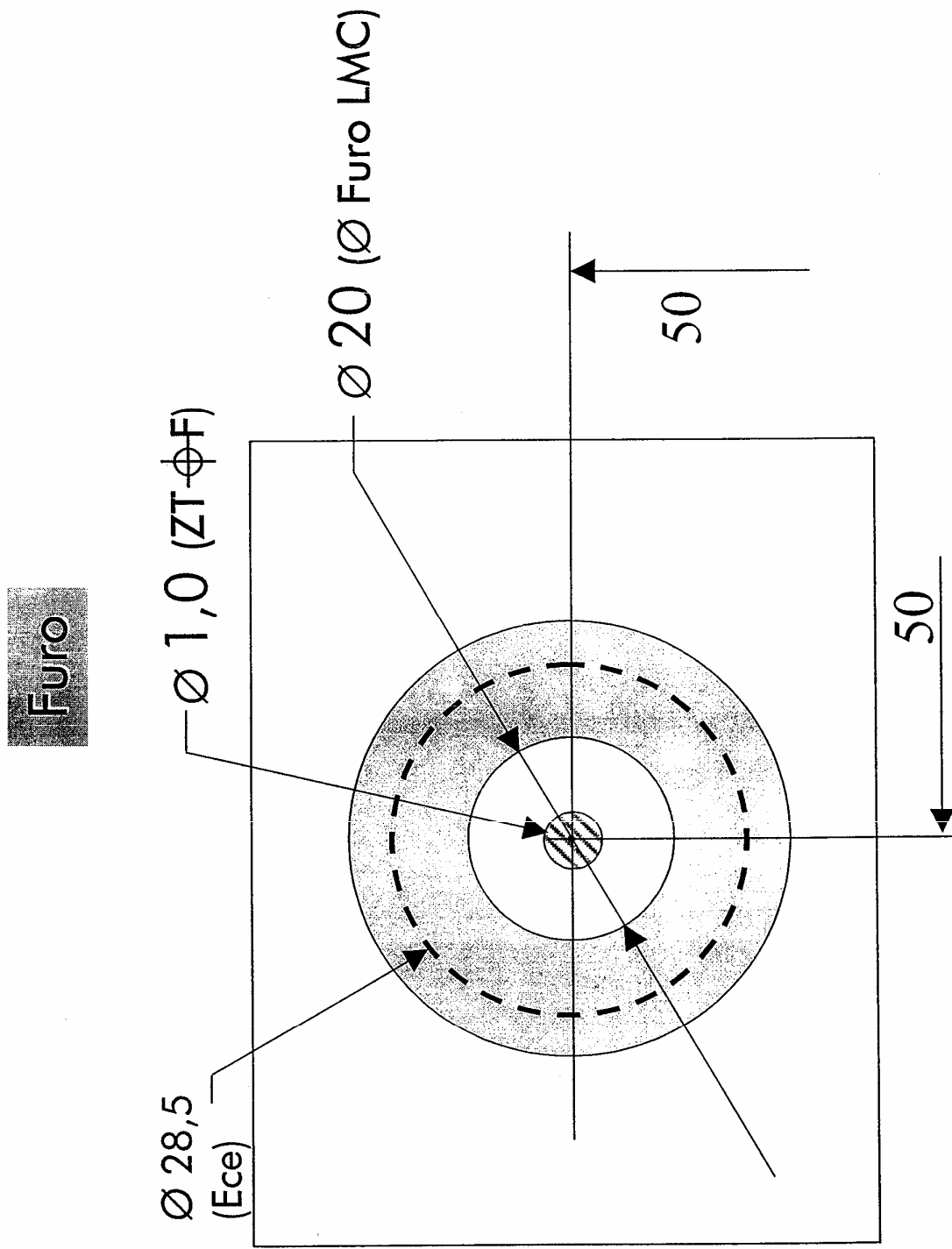


Furo

$\varnothing 1,0$
Zona de Tolerância referente à
posição do furo (ZT Φ -F)

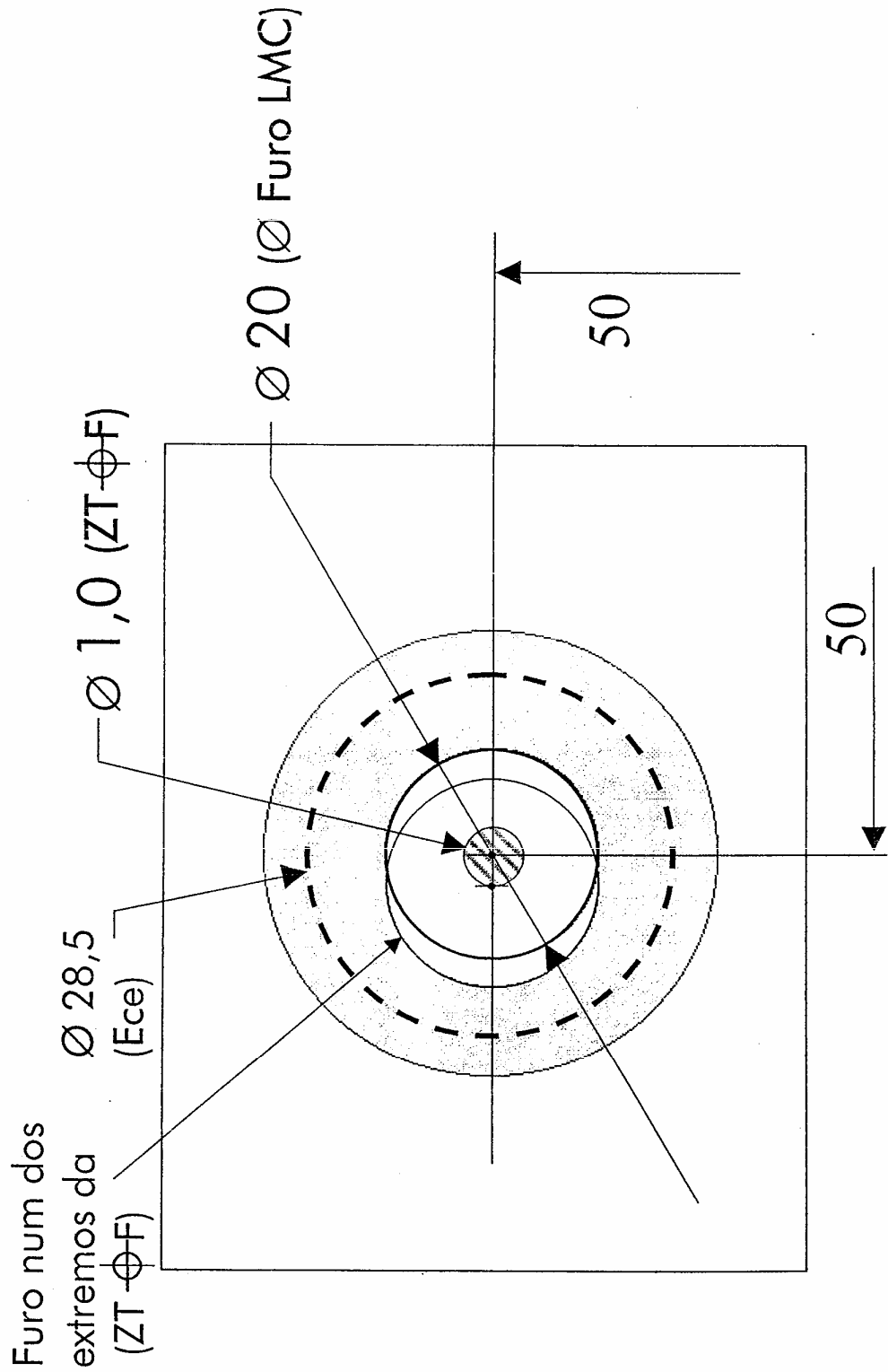


LMC e Espessura Mínima de Parede





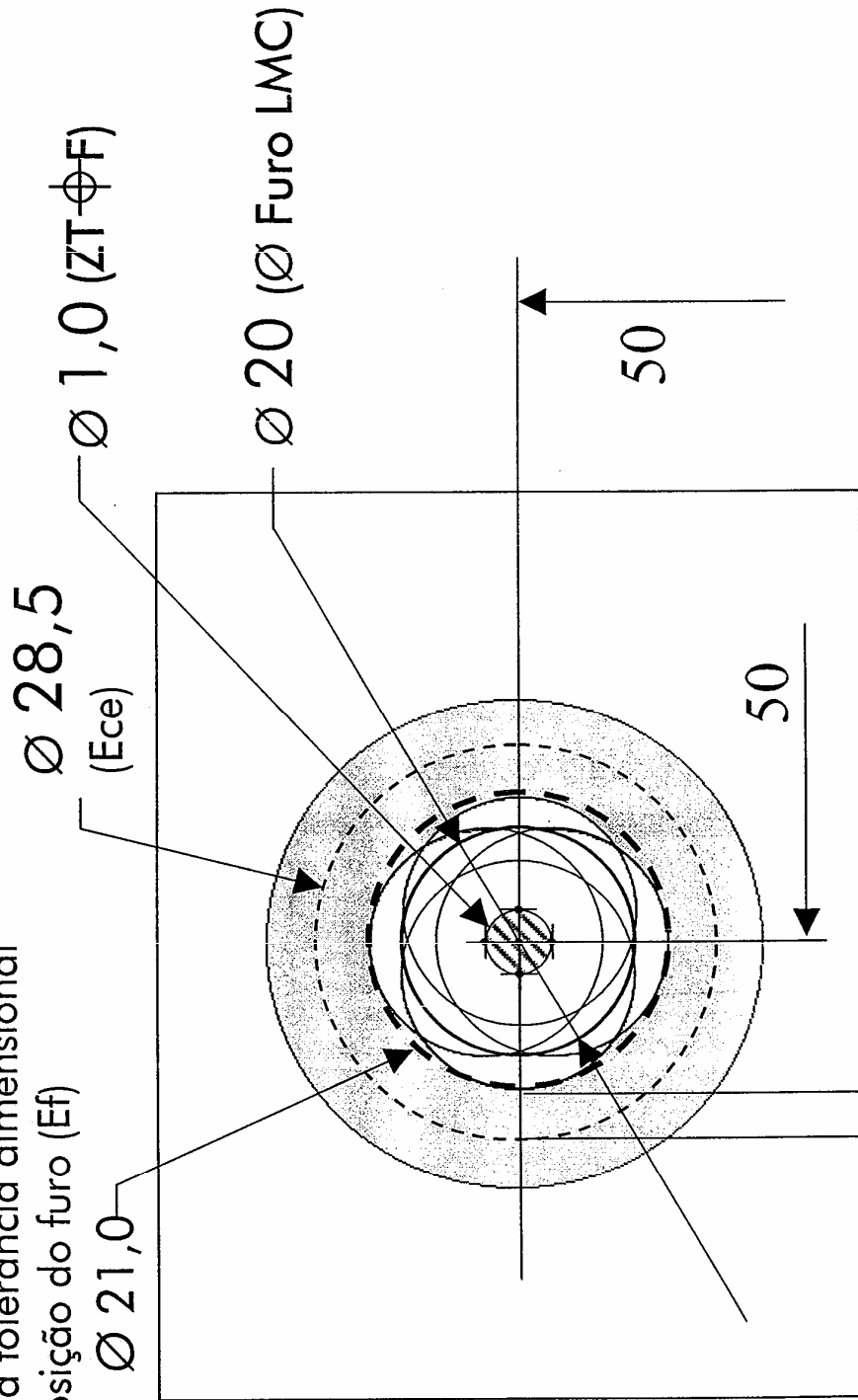
Furo



LMC e Espessura Mínima da Parede

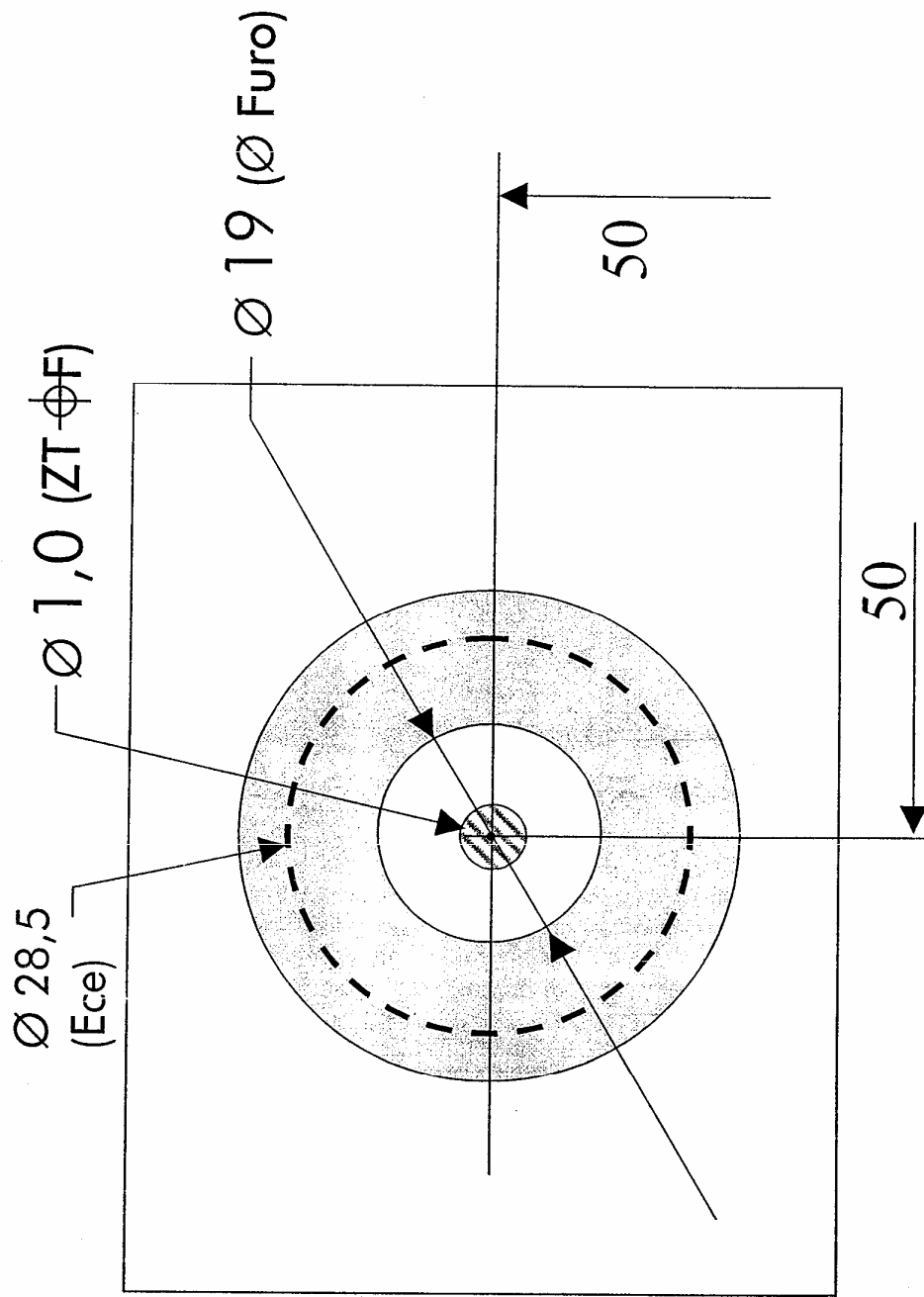
Furo

Círculo envoltório gerado pelo efeito da tolerância dimensional e de posição do furo (Ef)



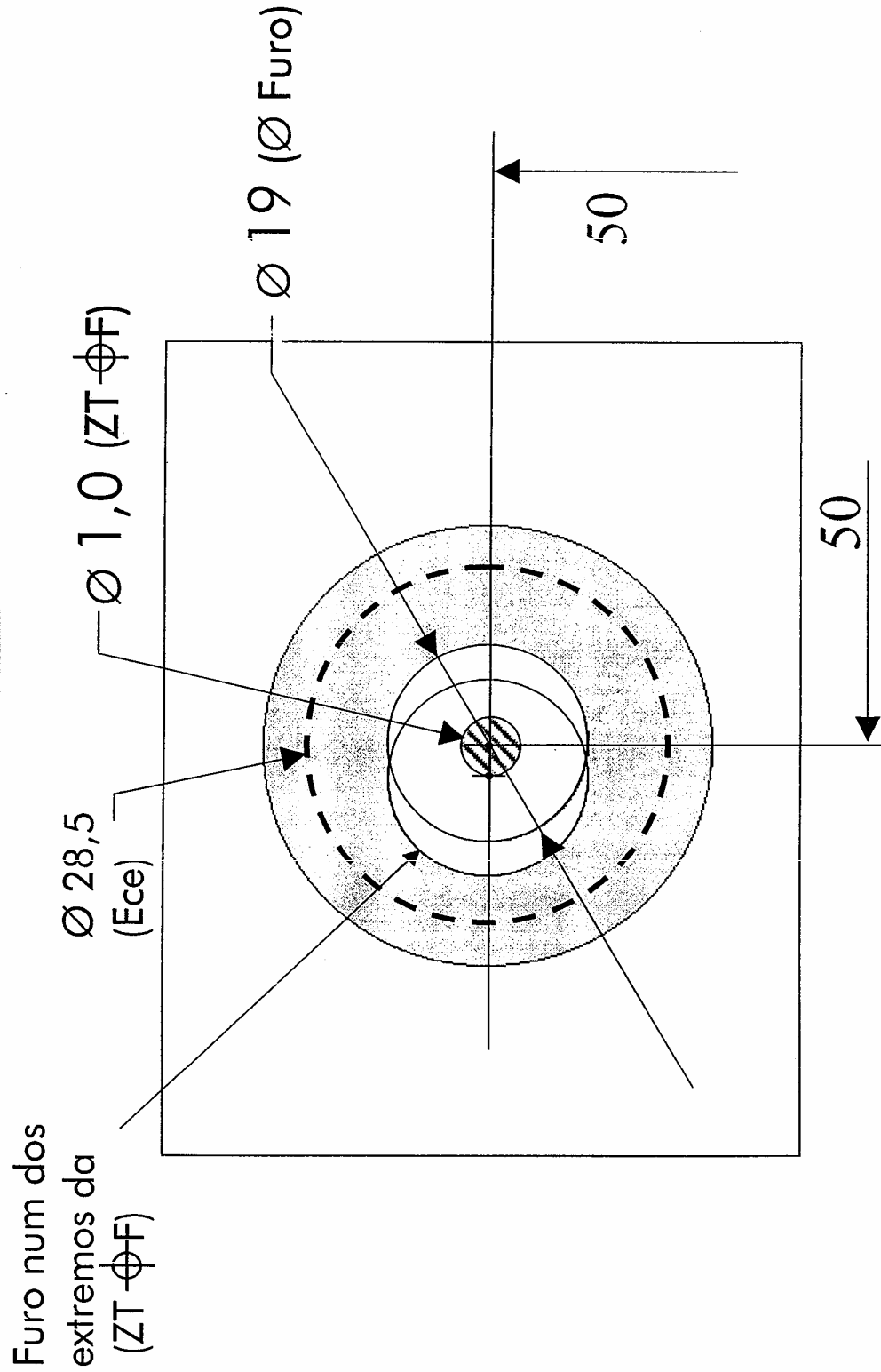
LMC e Espessura Mínima de Parede

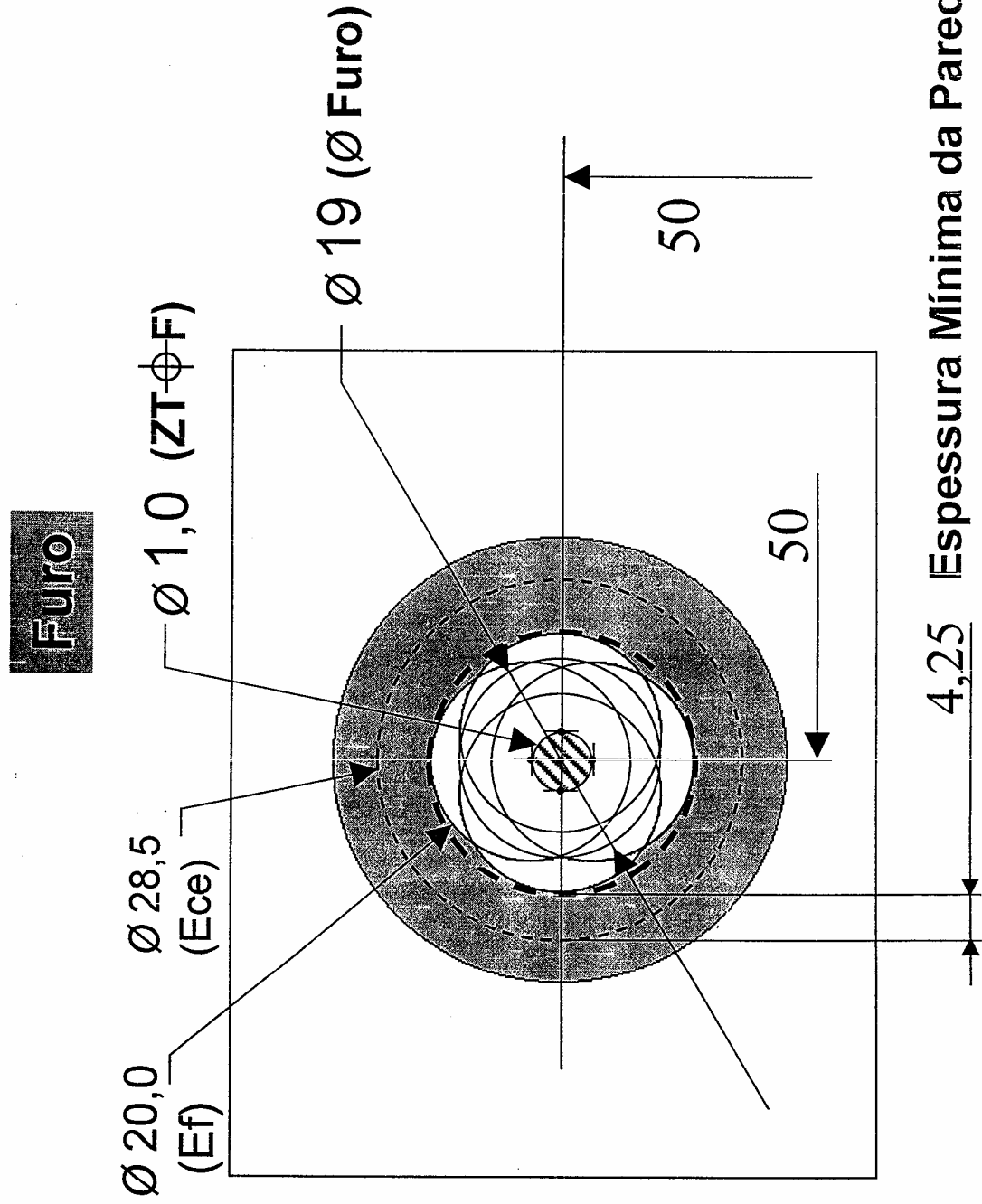
Furo



LMC e Espessura Mínima de Parede

Furo





LMC e Espessura Mínima de Parede

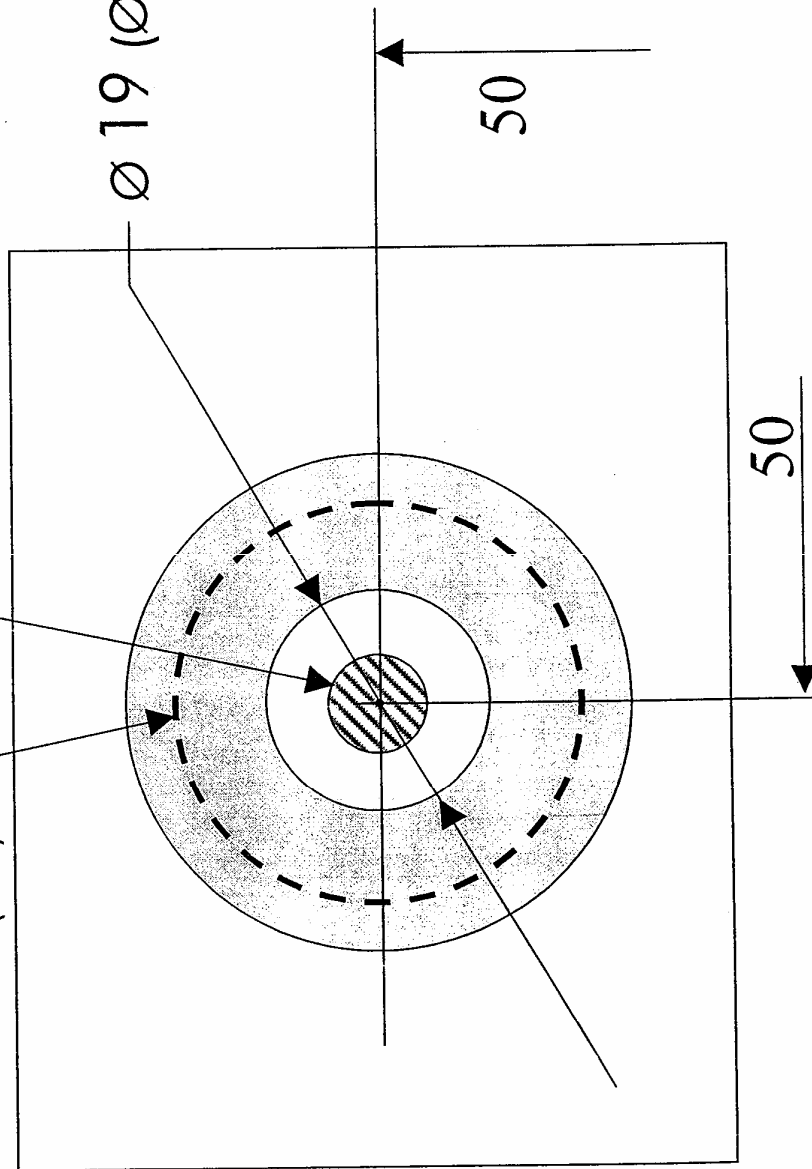
FURO

Zona de Tolerância referente à posição
(ZT- Φ FB)

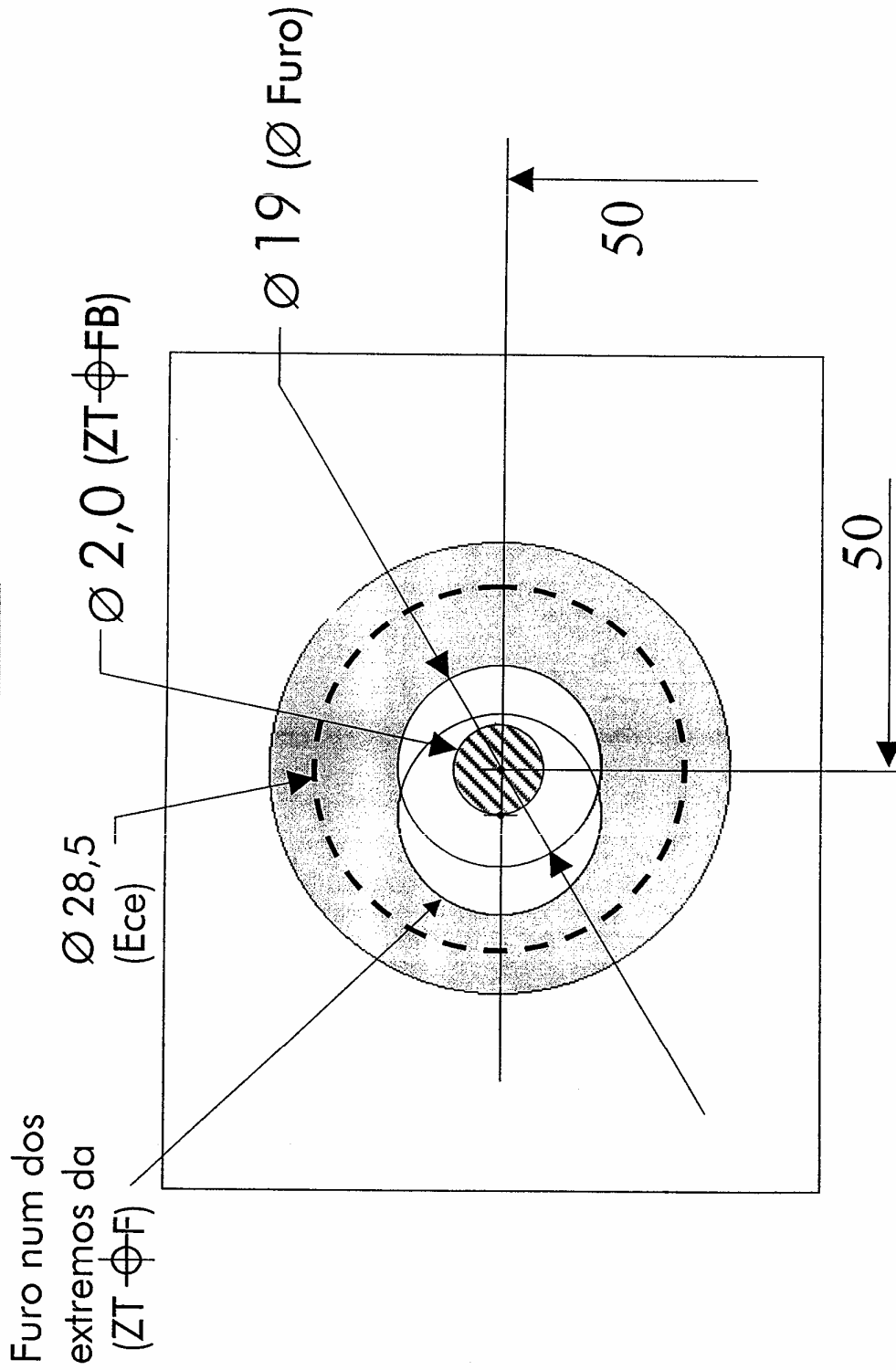
$\Phi 28,5$
(Ece)

$\Phi 2,0$

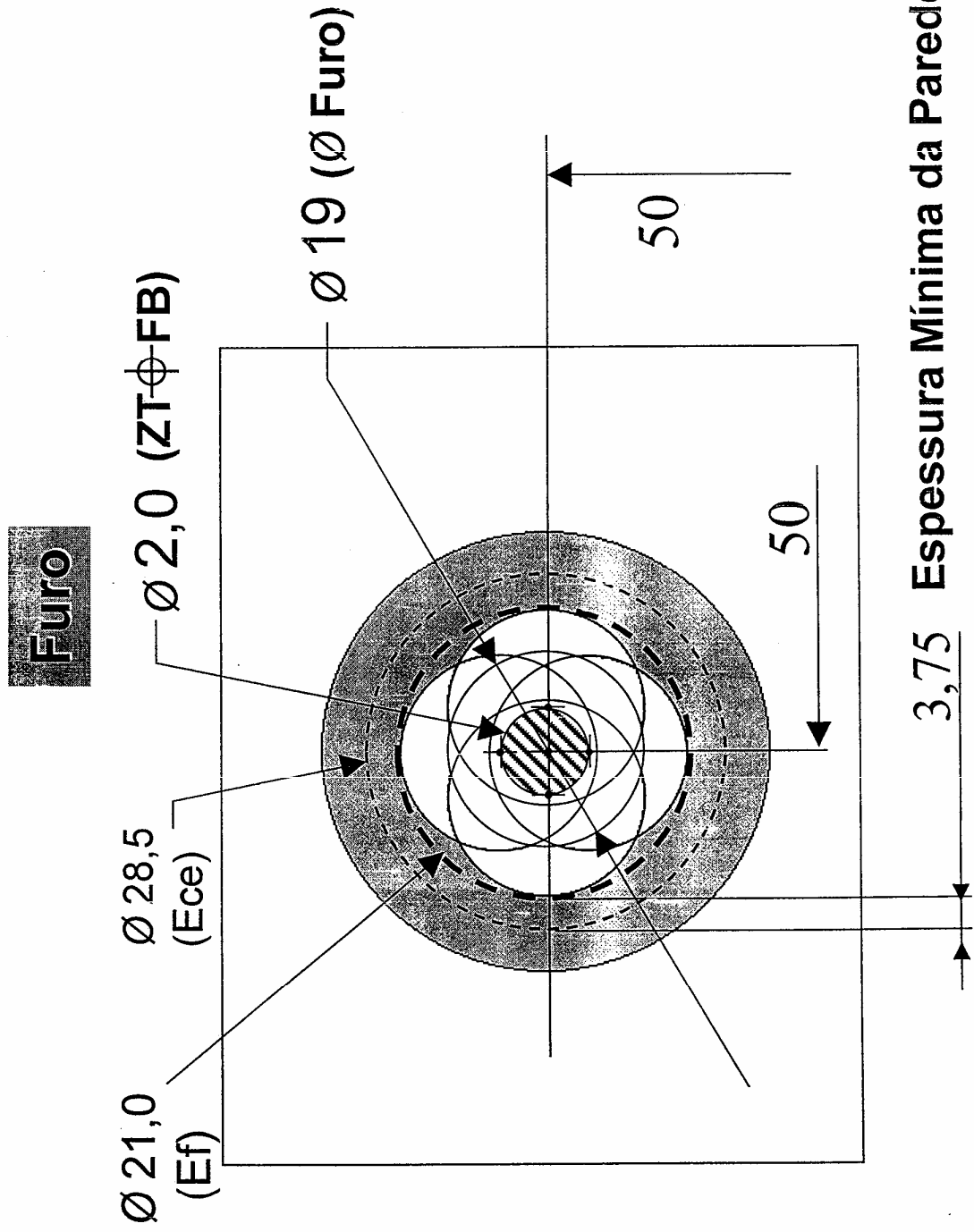
$\Phi 19$ (Φ Furo)



Furo



LMC e Espessura Mínima da Parede

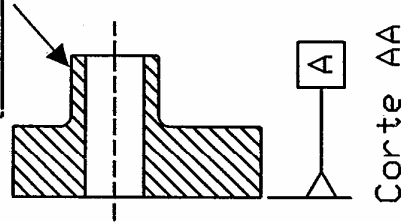


LMC e Espessura Mínima de Parede

+1,5
Ø30 +0,0

⊕Ø1,5ⓁABC

Cilindro
Externo

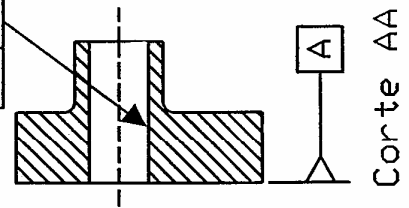


Ø Cilindro	Bônus (Ø Cil. - Ø Cil.LMC)	(ZT ⊕ Cilindro)
31,5	1,5	Ø 3,0
31,0	1,0	Ø 2,5
30,0 (LMC)	0,0	Ø 1,5

+0,0
Ø20 -1,0

⊕Ø1,0ⓁABC

Furo



Ø Furo	Bônus (Ø Furo LMC - Ø Furo)	(ZT ⊕ Furo)
20,0 (LMC)	0,0	Ø 1,0
19,5	0,5	Ø 1,5
19,0	1,0	Ø 2,0

Resumo das Características da Condição de Mínimo Material

- Permite bônus de tolerância(uso eficiente das tolerâncias).
- Assegura espessura mínima de parede.
- Não possibilita o uso de gabaritos funcionais.
- Não assegura intercambiabilidade.
- Deve ser aplicada a elementos dimensionais.

Condição de Independência do Elemento Dimensional

- A tolerância geométrica associada a um elemento dimensional estabelece que o valor desta deve ser atendido independentemente da dimensão do elemento.
- Símbolo:
 - ISO 1101(1983) – não existe simbologia específica
 - ANSI Y14.5M(1982) – obrigatório símbolo **S** para tolerância de posição
 - ASME Y14.5M(1994) – não é mais necessário o símbolo **S** (regra 2 ASME),
mas ainda pode ser utilizado para tolerância de posição
- Abreviação: RFS (Regardless of Feature Size)

Fonte: ASME Y14.5M –1994, American Society of
Mechanical Engineers.

Resumo das Características da Condição de Independência do Elemento Dimensional

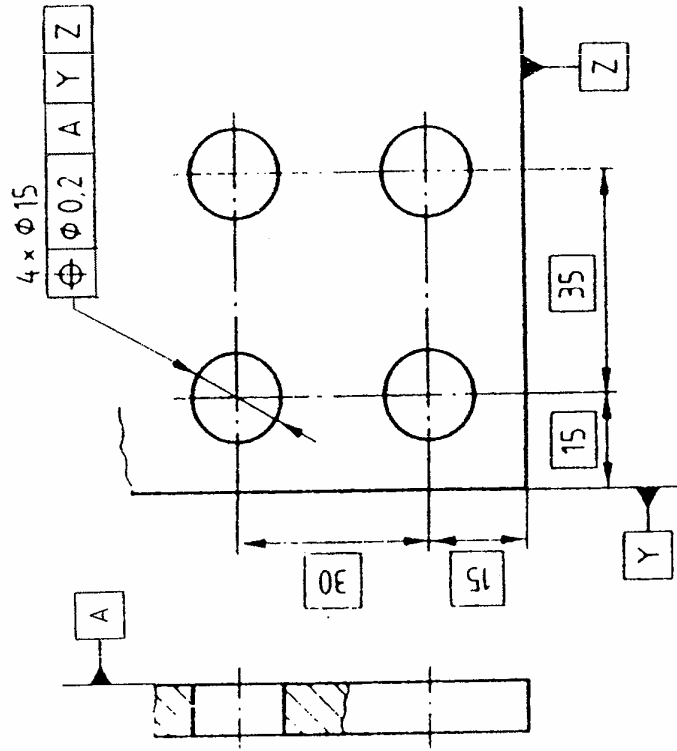
- Não permite bônus de tolerância.
- Deve ser aplicada a elementos dimensionais.
- Atualmente, está implícita em todas tolerâncias geométricas que não tenham símbolo de modificador da condição de material (*CONDIÇÃO DEFAULT*).

Módulo 8

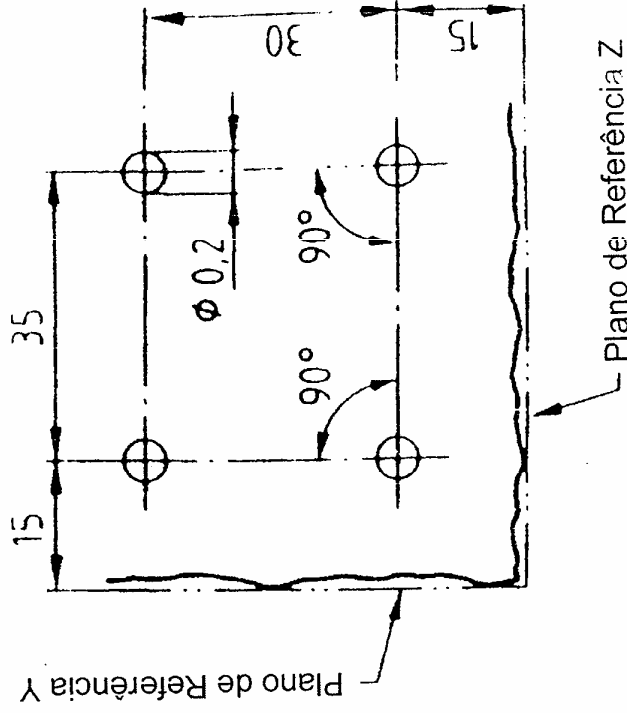
Tolerâncias de Posição

Posição de uma Cadeia de Furos com Tolerância de Posição

Exemplo:



Interpretação:

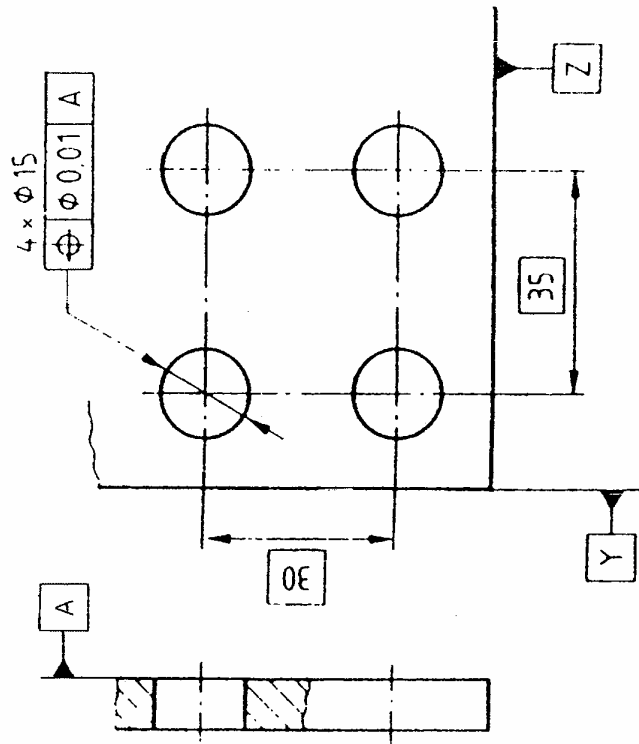


Os eixos das zonas cilíndricas de tolerância são perpendiculares ao plano de referência A.

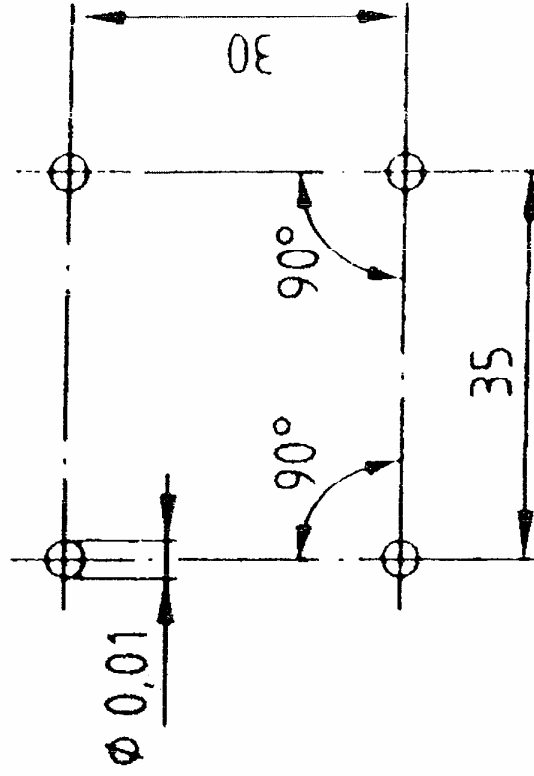
Fonte: ISO 5458:1998 – Geometrical product specifications (GPS) - Geometrical tolerancing - Positional tolerancing.

Posição entre os Furos de uma Cadeia com Indicação de Referência

Exemplo:



Interpretação:



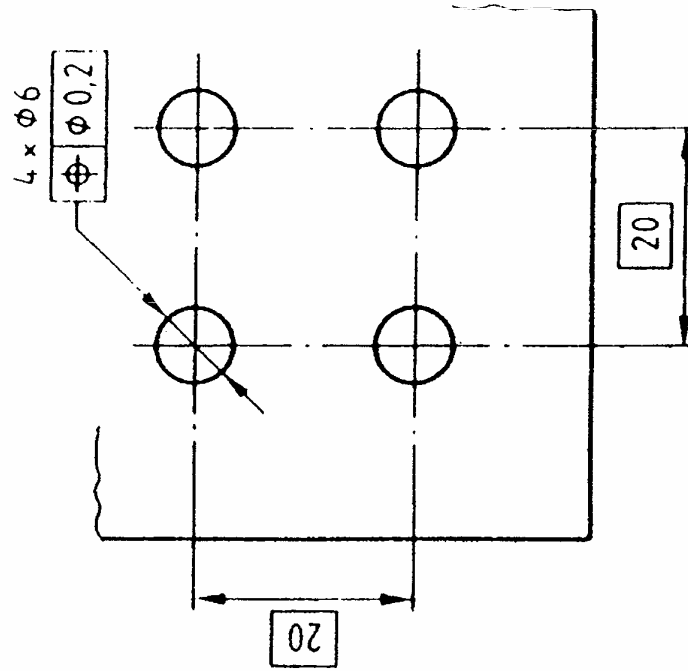
Nota: Os eixos das zonas cilíndricas de tolerância são perpendiculares ao plano de referência A.

Fonte: ISO 5458:1998 – Geometrical product specifications (GPS) - Geometrical tolerancing - Positional tolerancing.

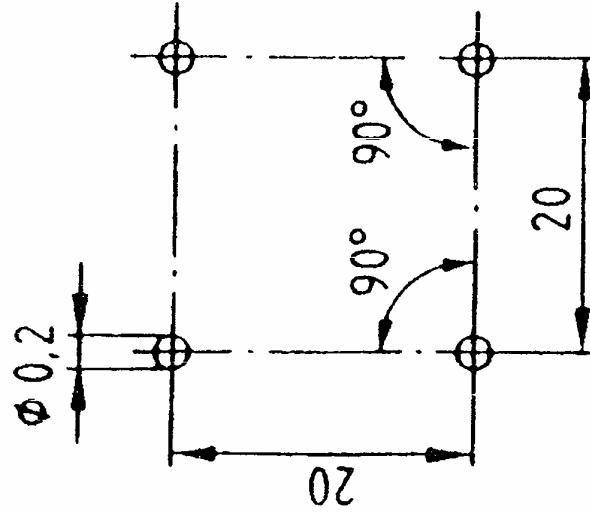
POSIÇÃO

Posição entre os Furos de uma Cadeia sem Indicação de Referência

Exemplo:



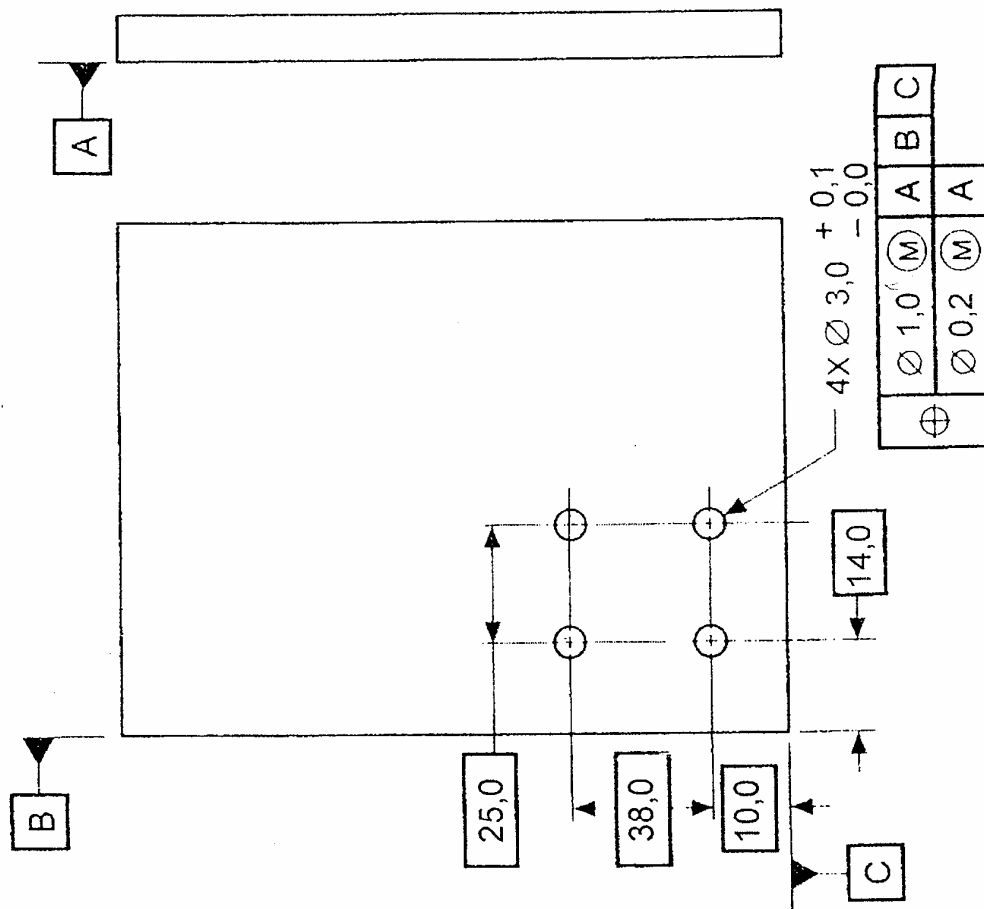
Interpretação:



Fonte: ISO 5458:1998 – Geometrical product specifications (GPS) - Geometrical tolerancing - Positional tolerancing.

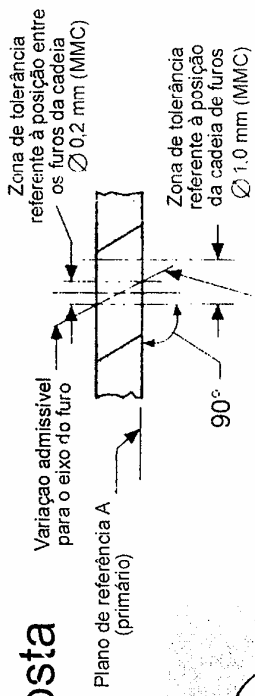
Tolerância Posicional Composta

Exemplo:

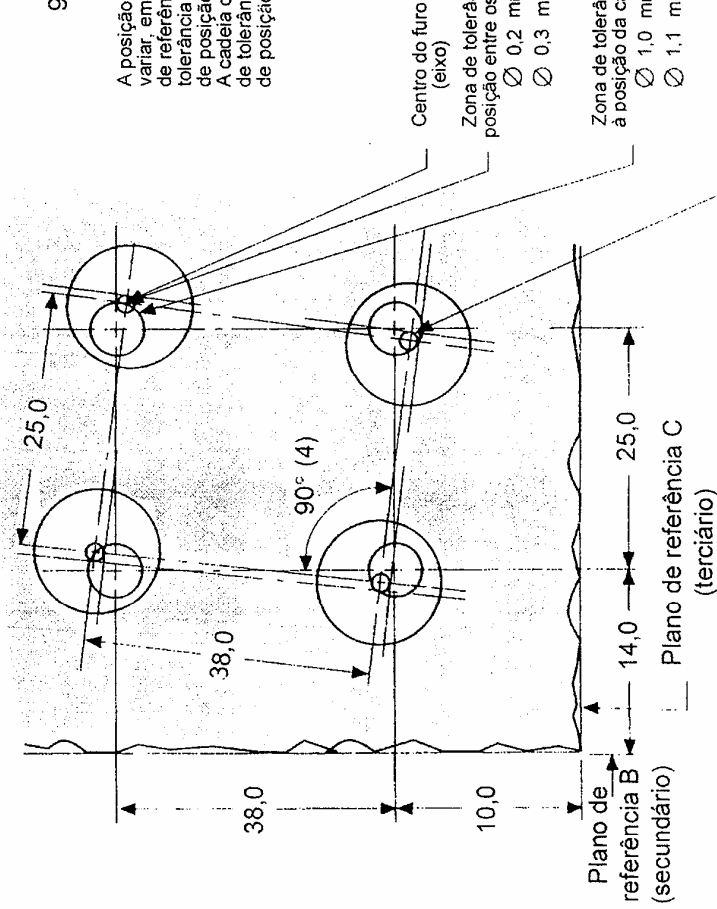


POSIÇÃO

Tolerância de Posição Composta

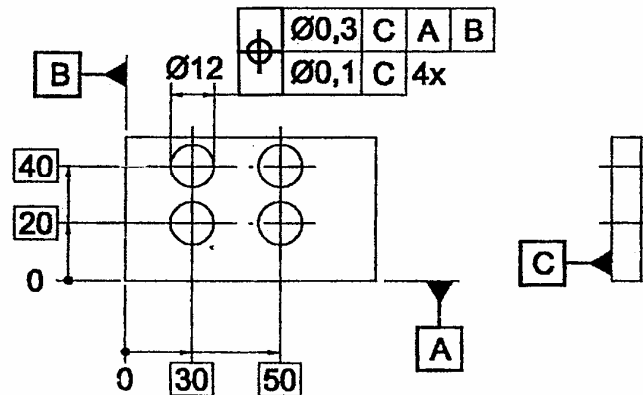
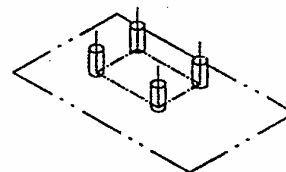
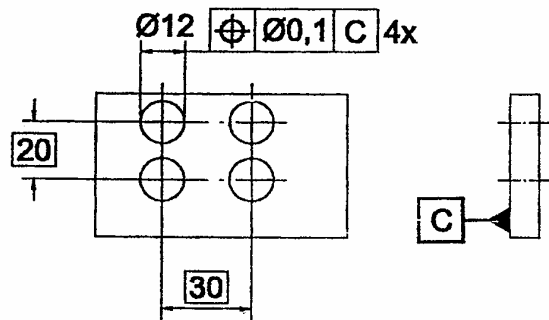
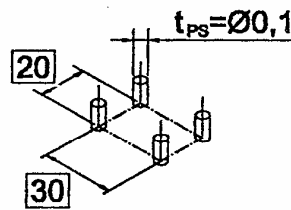
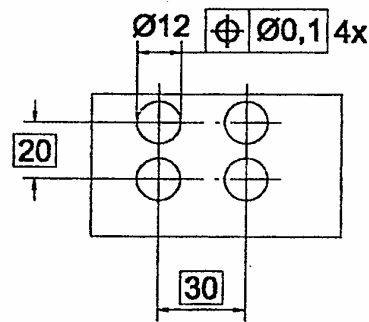
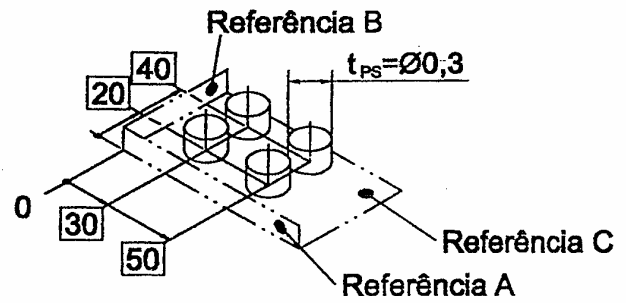
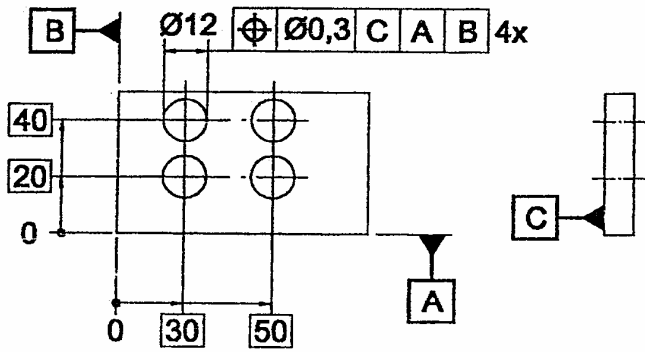


A posição atual dos eixos dos furos pode variar, em relação à perpendicularidade do plano de referência A, somente dentro da zona de tolerância mais apertada (zona de tolerância de posição entre os furos da cadeia). A cadeia de furos pode variar dentro da zona de tolerância mais ampla (zona de tolerância de posição da cadeia de furos).



O eixo dos furos deve atender simultaneamente a zona de tolerância referente à posição da cadeia de furos (\varnothing 1.0 mm na MMC) e à posição entre os furos da cadeia (\varnothing 0.2 mm na MMC).

Interpretação:

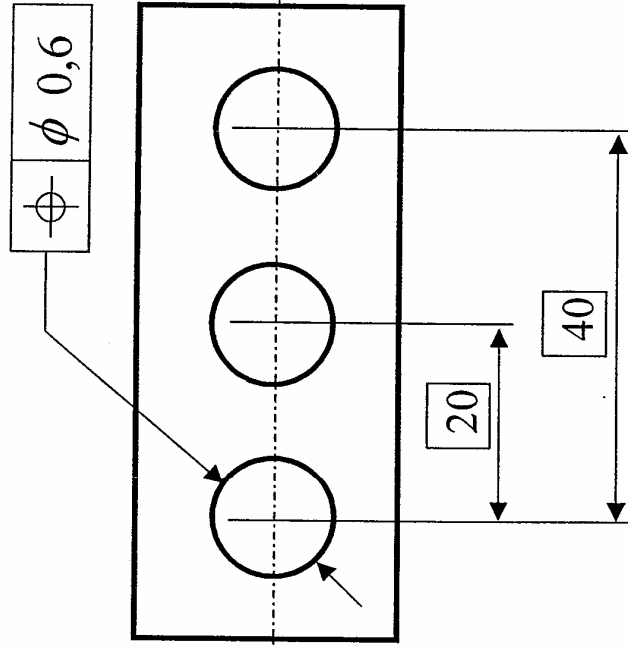


Exercício:

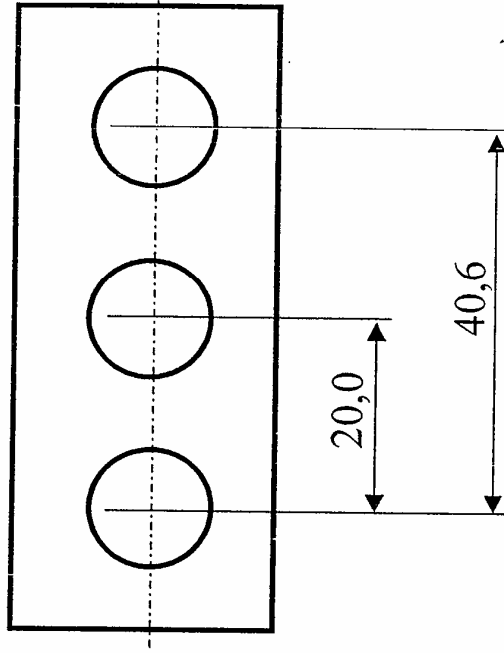
A peça representada à direita atende a especificação de posição?

Especificação

3x $\phi 6,0^{+0,1}_{-0,1}$



Peça

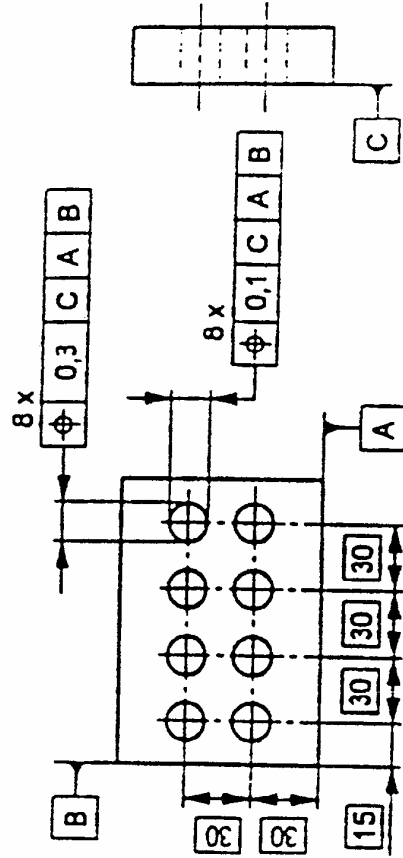


Atende (erro de posição de 0,6)

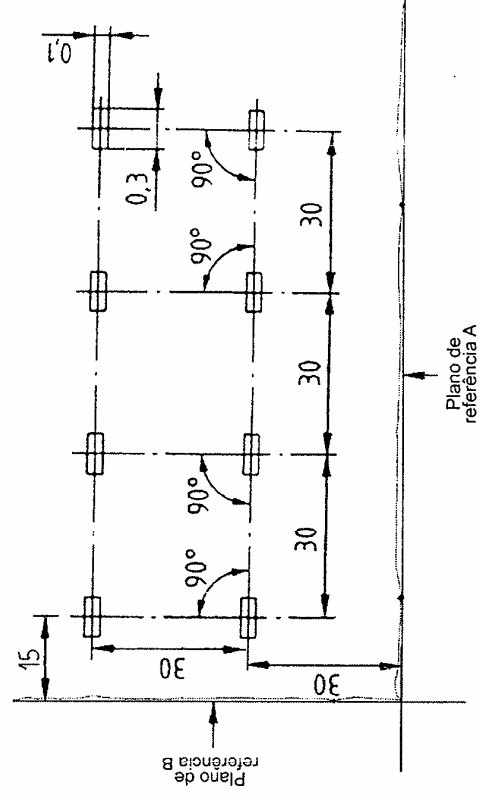
Tolerâncias de Posição Bidirecional

Posição de uma Cadeia de Furos

Exemplo:



Interpretação:



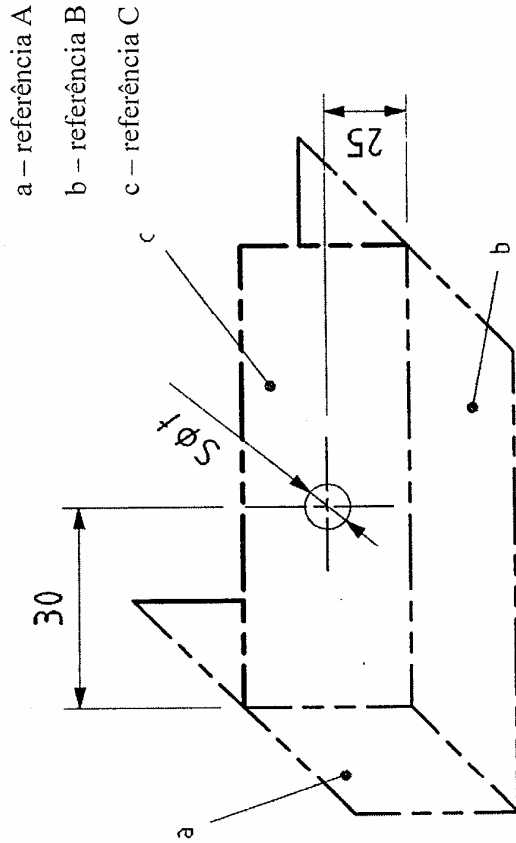
Os planos paralelos que limitam a zona de tolerância são perpendiculares ao plano de referência C e paralelos aos planos de referência B e A.

Fonte: ISO 1101:2002 – Geometrical product specifications (GPS) - Geometrical tolerancing – Tolerances of form, orientation, location and run-out.

Tolerância de posição de um ponto

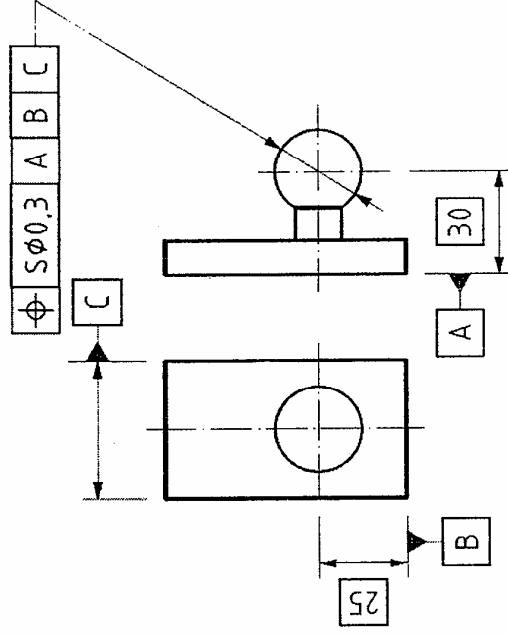
Definição da Zona de Tolerância:

A zona de tolerância é limitada por uma esfera de diâmetro t se o valor de tolerância é precedido pelo símbolo $S\phi$. O centro da zona de tolerância esférica é fixado pelas dimensões teoricamente exatas pelas referências A, B e C.



Fonte: Figuras extraídas da norma ISO 1101:2004

Representação/Interpretação:



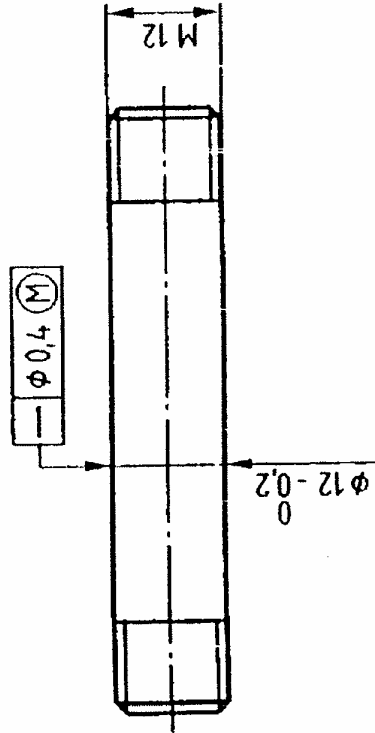
O centro extraído da esfera (medido numa peça) deve estar dentro de uma zona esférica de $\phi 0,3\text{mm}$, cujo centro coincide com a posição teoricamente exata da esfera, pelos planos de referência A e B, e pelo plano médio da referência C.

Nota: A definição do centro extraído de uma esfera ainda não está normalizado.

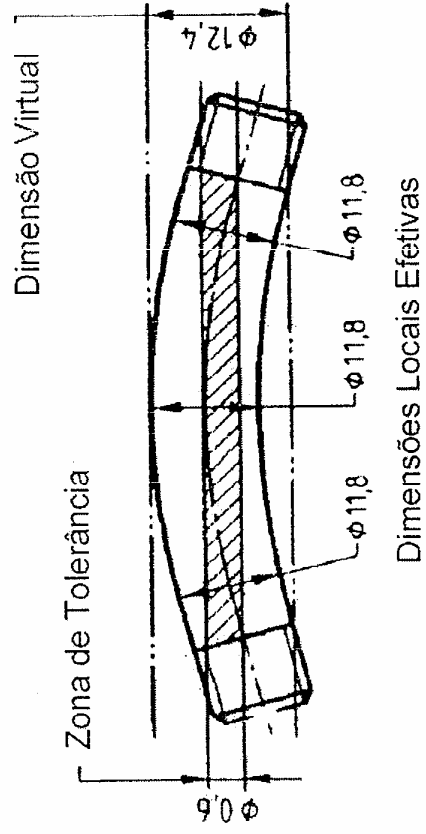
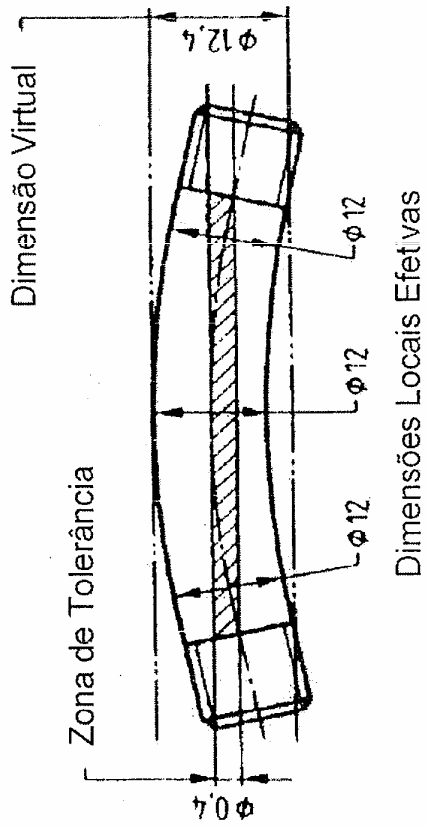
Módulo 9

Tipos de Controle Geométrico

Indicação no Desenho

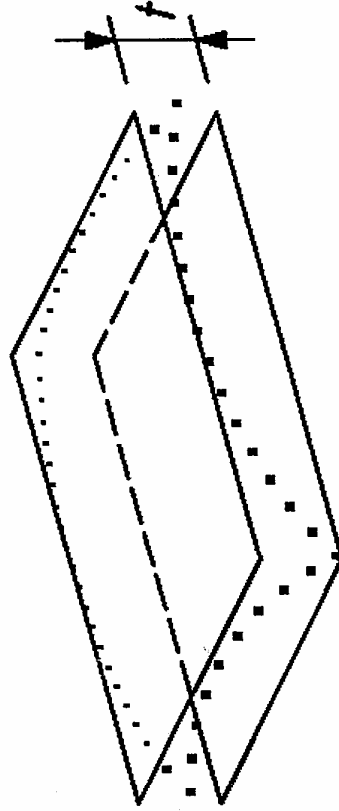


Interpretação

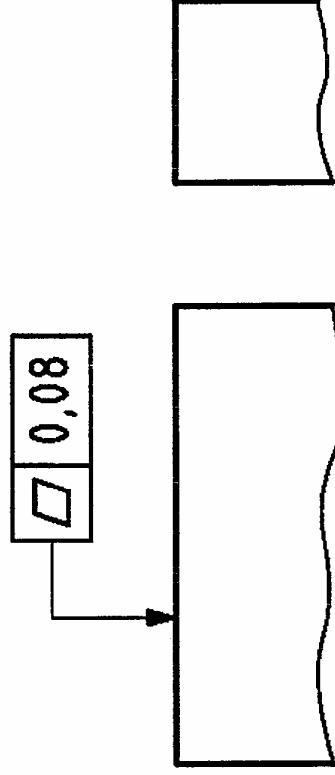


Definição da Zona de Tolerância:

A zona de tolerância é limitada por dois planos paralelos separados por uma distância t .



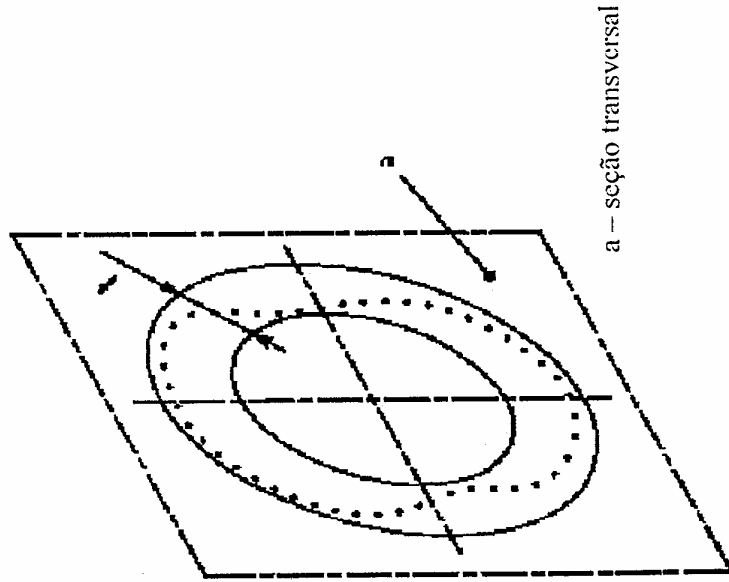
Representação/Interpretação:



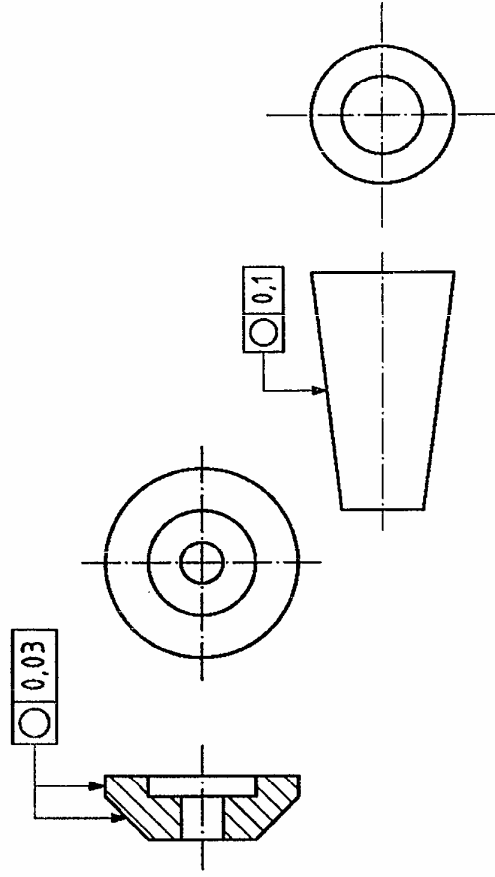
A superfície extraída (medida numa peça) deve estar limitada entre dois planos paralelos separados de 0,08mm.

Definição da Zona de Tolerância:

A zona de tolerância, na seção transversal considerada, é limitada por dois círculos concêntricos separados por uma distância t .



Representação/Interpretação:



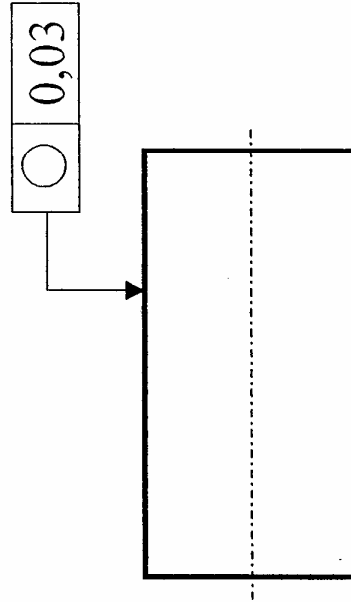
A linha circularidade extraída (medida numa peça), em qualquer seção transversal dos diâmetros externos, deve estar limitada entre dois círculos concêntricos e coplanares com uma distância radial de 0,03mm.

A linha circularidade extraída (medida numa peça), em qualquer seção transversal da superfície cônica, deve estar contida entre dois círculos concêntricos e coplanares com uma distância radial de 0,1mm.

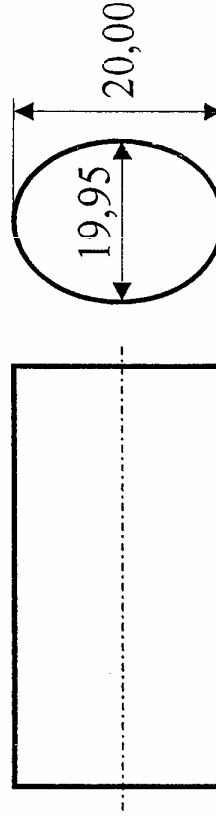
Exercício:

A peça representada à direita atende a especificação de circularidade?

Especificação



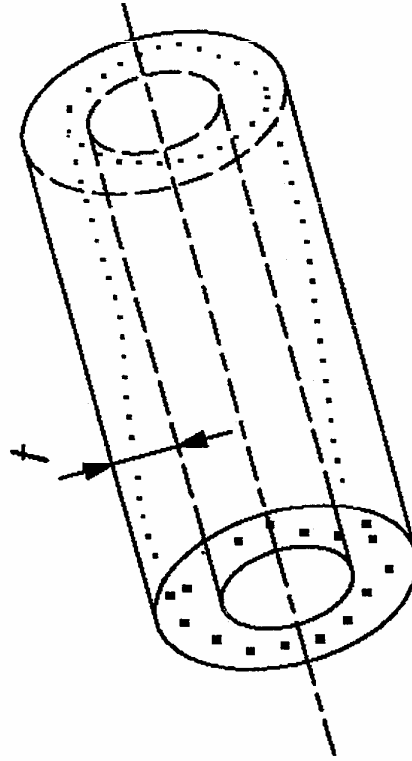
Peça



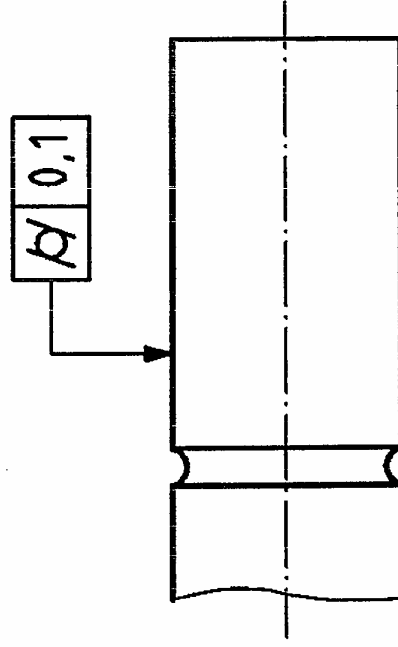
Atende: $20 - 19,95 = 0,05/2 = 0,025$

Definição da Zona de Tolerância:

A zona de tolerância é limitada por dois cilindros coaxiais separados por uma distância t .



Representação/Interpretação:

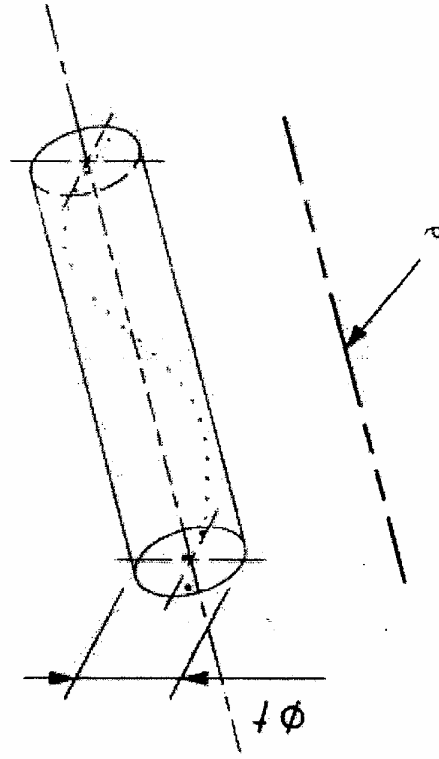


A superfície cilíndrica extraída (medida numa peça) deve estar limitada entre dois cilindros coaxiais com uma distância radial de 0,1mm.

Paralelismo de uma Linha em Relação a uma Linha de Referência

Definição da Zona de Tolerância:

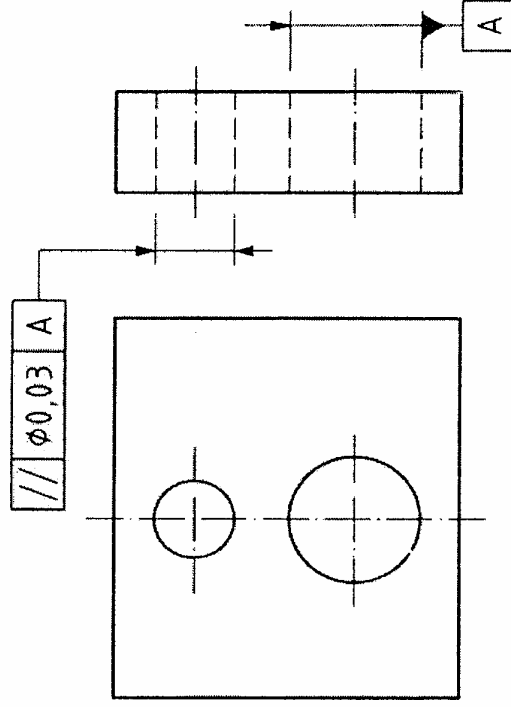
A zona de tolerância é limitada por um cilindro de diâmetro t paralelo a referência se o valor de tolerância está precedido pelo símbolo ϕ .



a – linha de referência

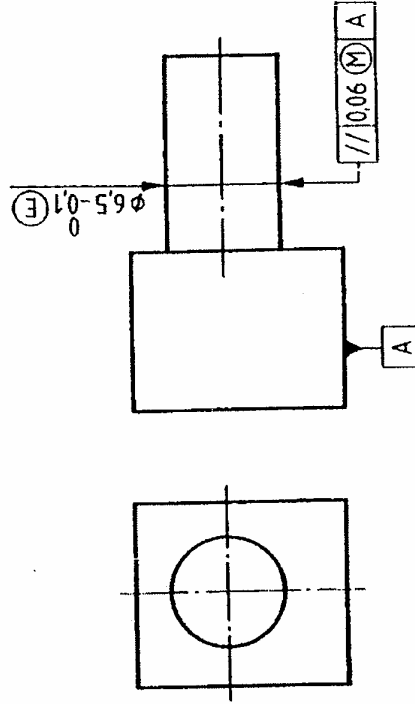
Fonte: Figuras extraídas da norma ISO 1101:2004

Representação/Interpretação:

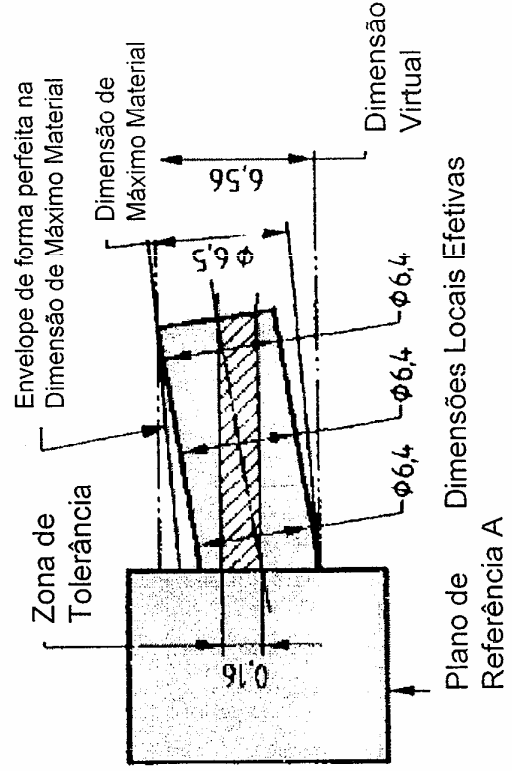
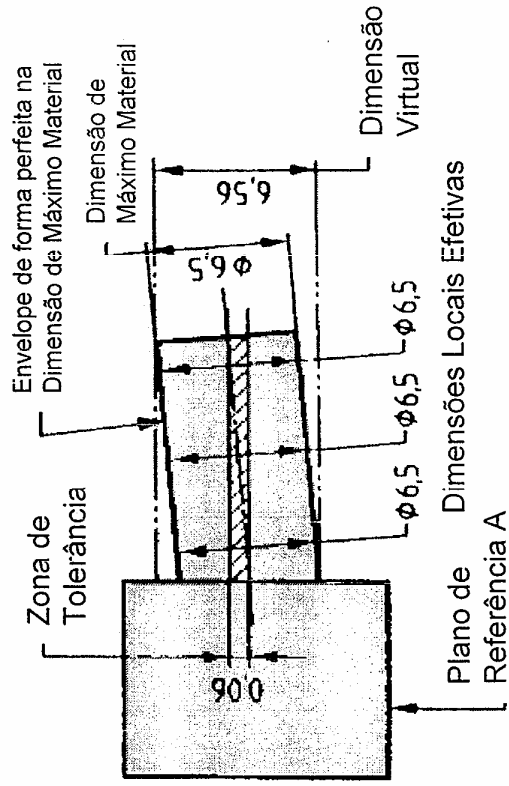


A linha média extraída (medida numa peça) deve estar dentro de uma zona cilíndrica de diâmetro 0,03mm paralela a linha de referência A (eixo de referência).

Indicação no Desenho



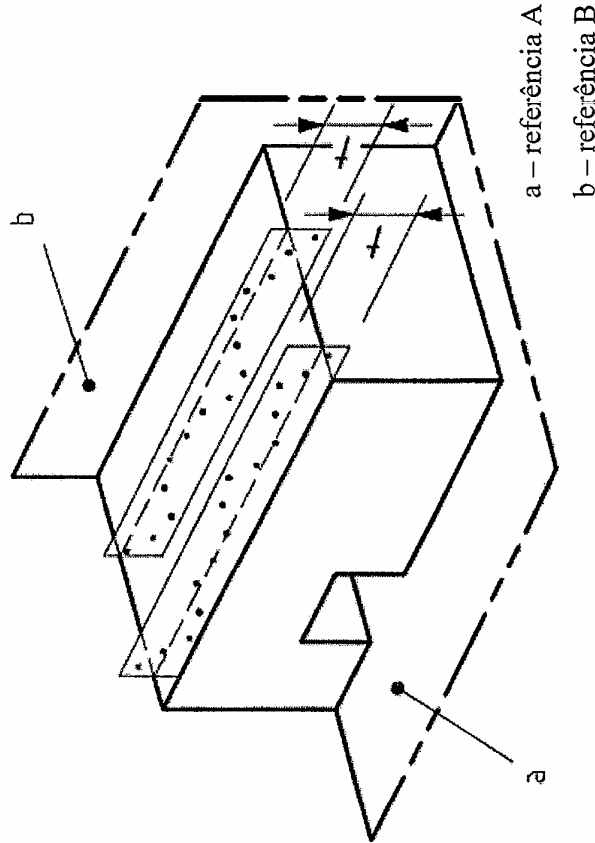
Interpretação



Paralelismo de uma Linha em Relação
a um Sistema de Referência

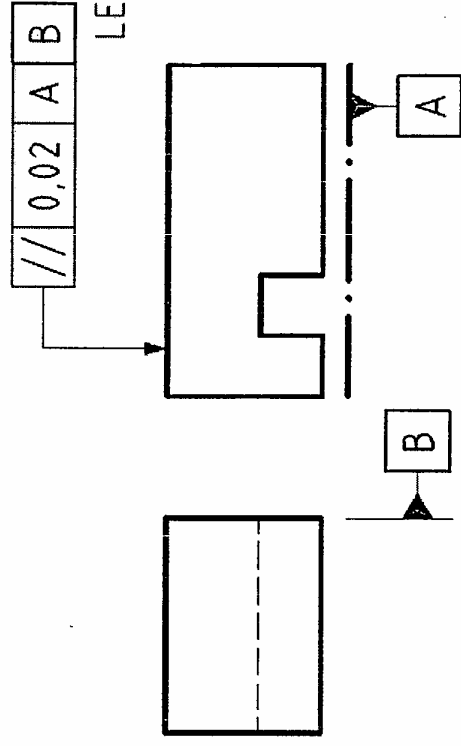
Definição da Zona de Tolerância:

A zona de tolerância é limitada por duas linhas paralelas, separadas por uma distância t , e orientada paralelamente aos planos de referências A e B.



Fonte: Figuras extraídas de norma ISO 1101:2004

Representação/Interpretação:

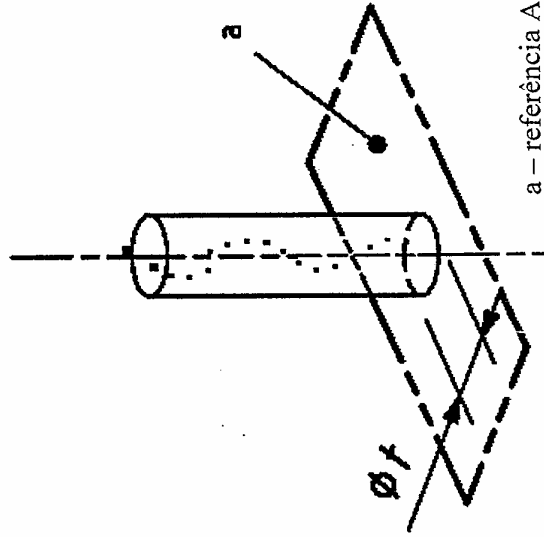


Cada linha extraída (medida numa peça) deve estar entre duas linhas paralelas separadas de 0,02mm e paralela aos planos de referências A e B.

Perpendicularidade de uma Linha em Relação a uma Superfície de Referência

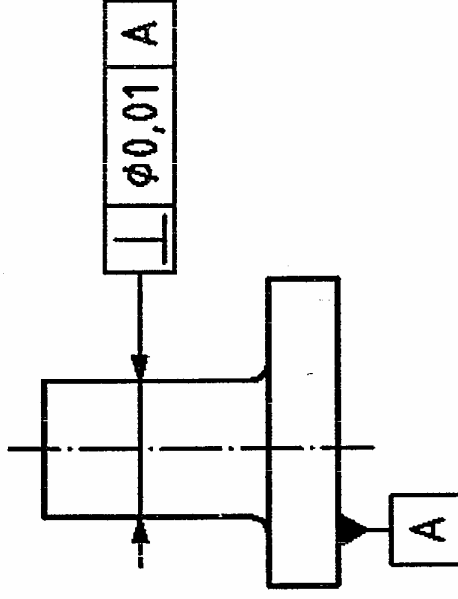
Definição da Zona de Tolerância:

A zona de tolerância é limitada por um cilindro de diâmetro de t perpendicular a referência se o valor de tolerância está precedido pelo símbolo ϕ .



Fonte: Figuras extraídas da norma ISO 1101:2004

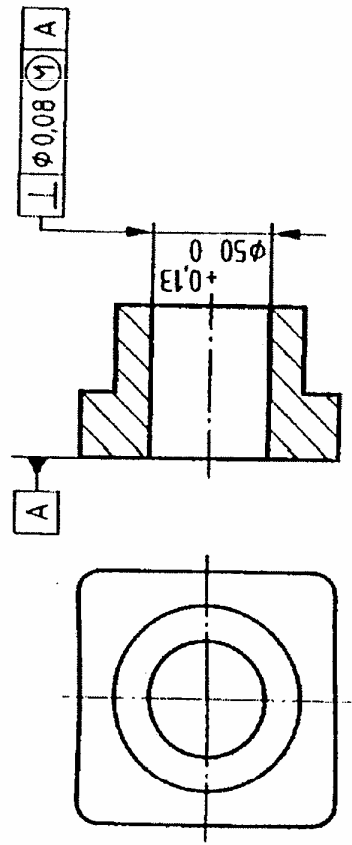
Representação/Interpretação:



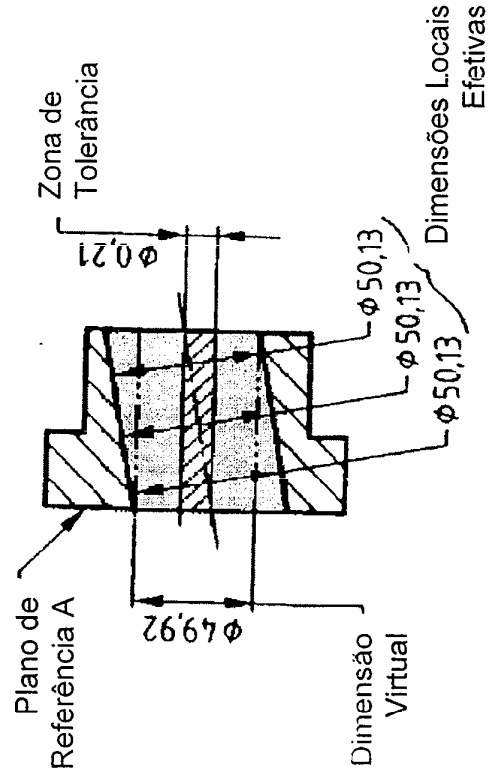
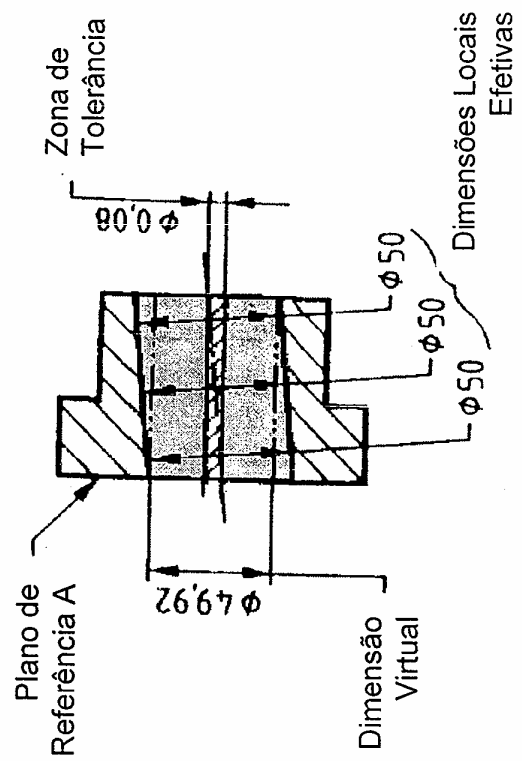
A linha média extraída (medida numa peça) do cilindro deve estar dentro de uma zona cilíndrica de diâmetro 0,01mm perpendicular a superfície de referência A (plano de referência).

PERPENDICULARIDADE

Indicação no Desenho



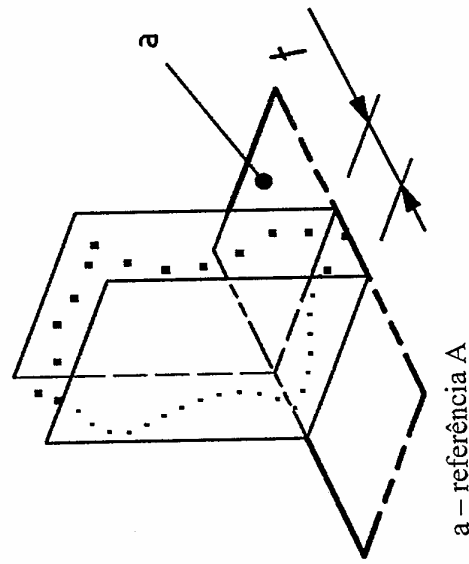
Interpretação



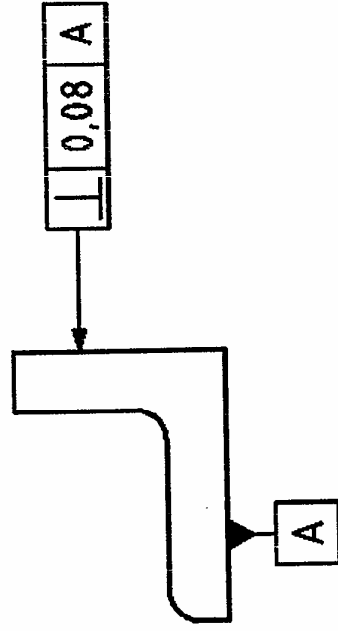
Perpendicularidade de uma Superfície em Relação a uma Superfície de Referência

Definição da Zona de Tolerância:

A zona de tolerância é limitada por dois planos paralelos separados por uma distância t e perpendiculares a referência.



Representação/Interpretação:

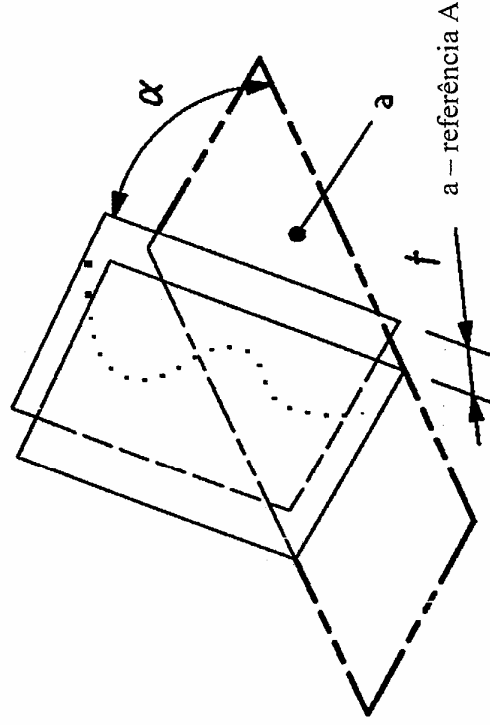


A superfície extraída (medida numa peça) deve estar limitada entre dois planos paralelos separados por 0,08mm os quais são perpendiculares a superfície de referência A (plano de referência).

Inclinação de uma Linha em Relação a uma Superfície de Referência

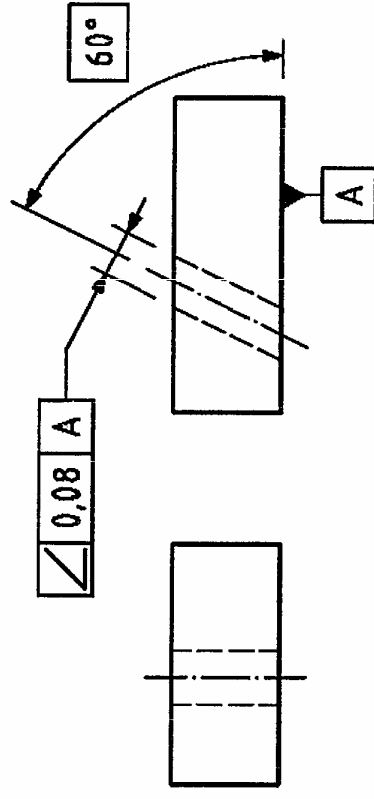
Definição da Zona de Tolerância:

A zona de tolerância é limitada por dois planos paralelos separados por uma distância t e inclinados do ângulo especificado em relação à referência.



Fonte: Figuras extraídas da norma ISO 1101:2004

Representação/Interpretação:

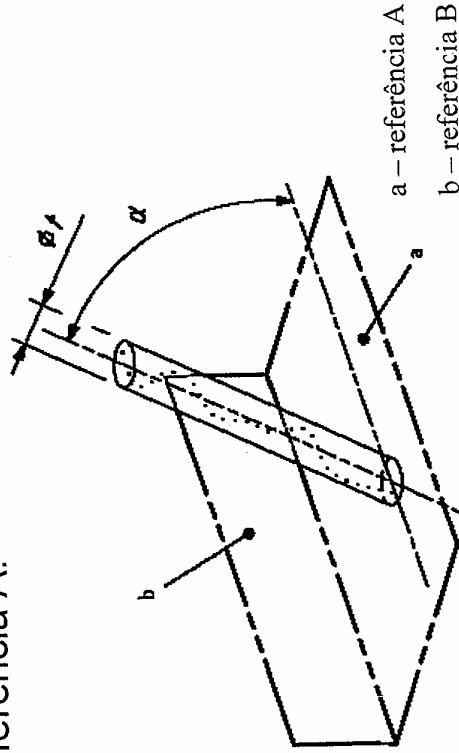


A linha média extraída (medida numa peça) deve estar limitada entre dois planos paralelos separados por 0,08mm os quais estão inclinados de, teoricamente, 60° em relação a superfície de referência A (plano de referência).

Inclinação de uma Linha em Relação a uma Superfície de Referência

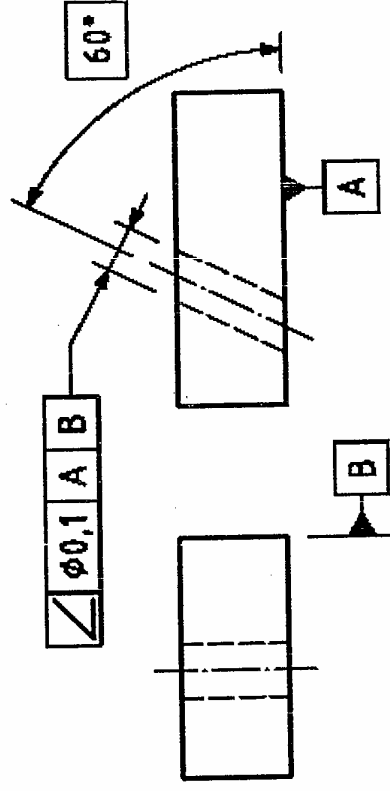
Definição da Zona de Tolerância:

A zona de tolerância é limitada por um cilindro de diâmetro t se o valor de tolerância está precedido pelo símbolo ϕ . A zona de tolerância cilíndrica é paralela ao plano de referência B e inclinada no ângulo especificado em relação ao plano de referência A.



Fonte: Figuras extraídas da norma ISO 1101:2004

Representação/Interpretação:

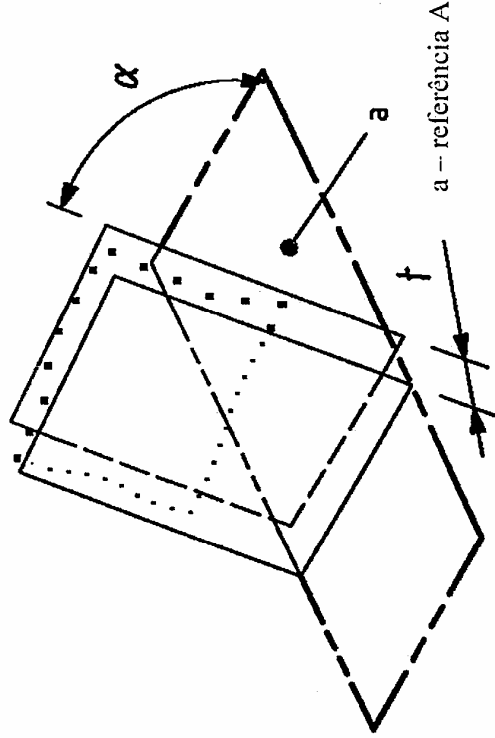


A linha média extraída (medida numa peça) deve estar dentro de uma zona de tolerância cilíndrica de diâmetro 0,1mm que é paralela ao plano de referência B e inclinada do ângulo teoricamente exato de 60° em relação ao plano de referência A.

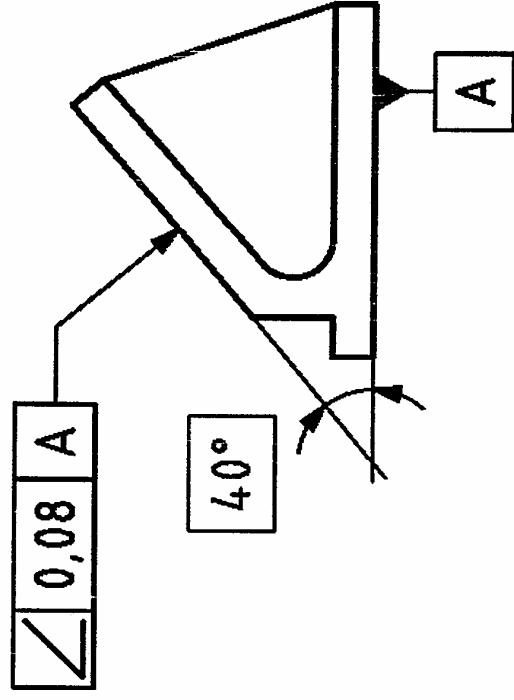
Inclinação de uma Superfície em Relação a uma Superfície de Referência

Definição da Zona de Tolerância:

A zona de tolerância é limitada por dois planos paralelos separados por uma distância t e inclinados do ângulo especificado em relação a referência.



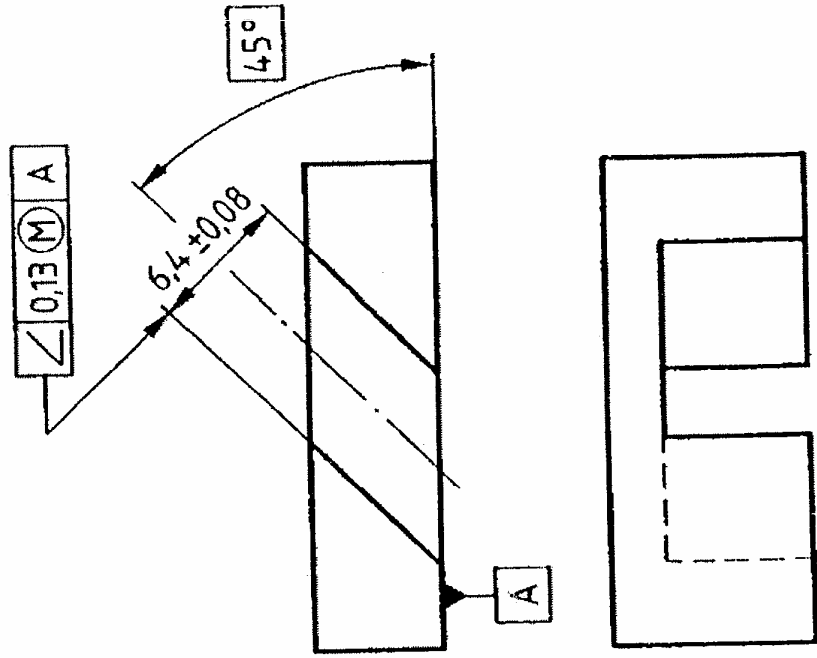
Representação/Interpretação:



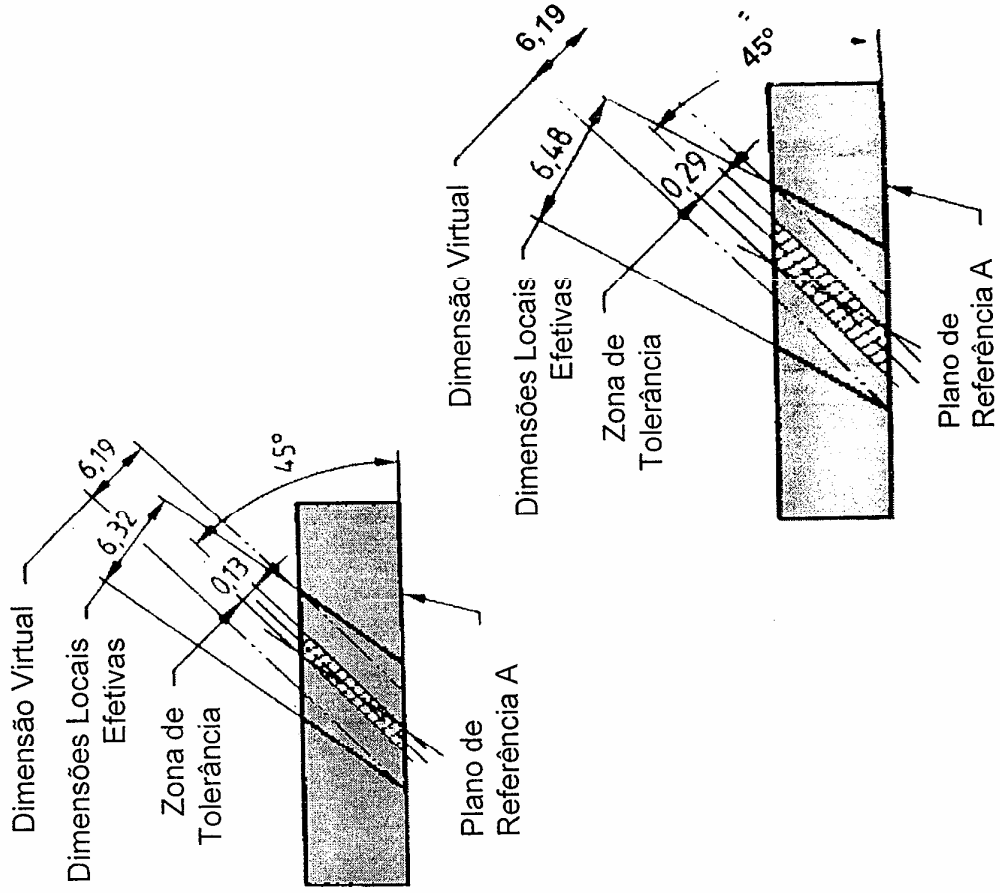
A superfície extraída (medida numa peça) deve estar limitada entre dois planos paralelos separados por 0,08mm os quais estão inclinados de, teoricamente, exatos 40° em relação à superfície de referência A (plano de referência).

Fonte: Figuras extraídas da norma ISO 1101:2004

Indicação no Desenho



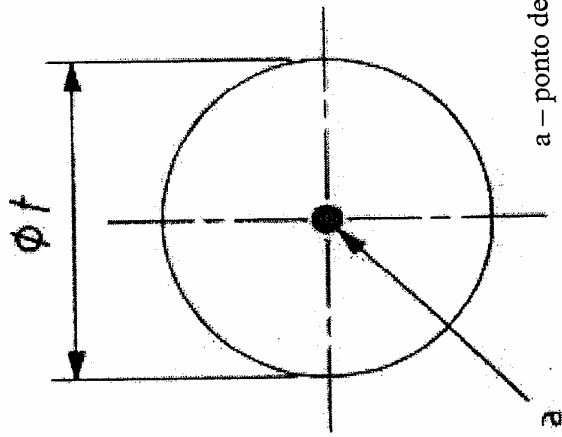
Interpretação



Concentricidade de um Ponto

Definição da Zona de Tolerância:

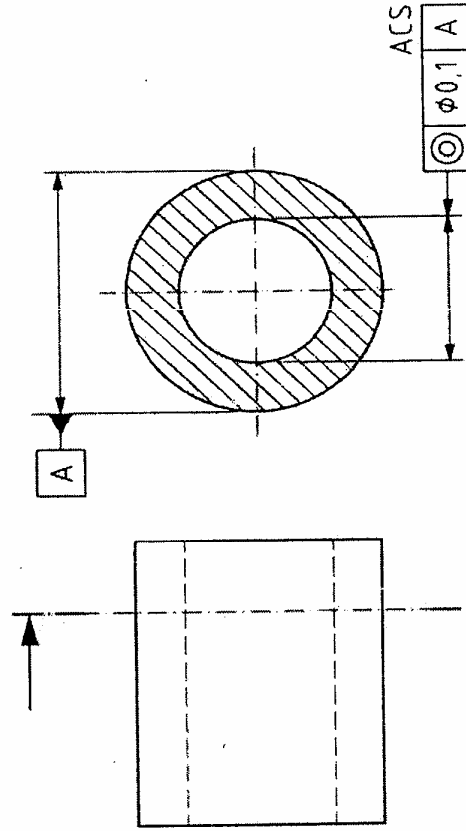
A zona de tolerância é limitada por um círculo de diâmetro t . O valor de tolerância deve ser precedido pelo símbolo ϕ . O centro da zona de tolerância circular coincide com o ponto de referência.



a – ponto de referência

Fonte: Figuras extraídas da norma ISO 1101:2004

Representação/Interpretação:

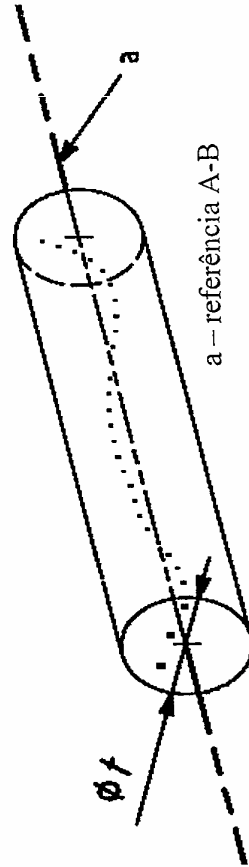


O centro extraído (medido numa peça) do círculo interno em qualquer seção transversal deve estar dentro de um círculo de diâmetro 0,1mm concêntrico com o ponto de referência A na seção transversal.

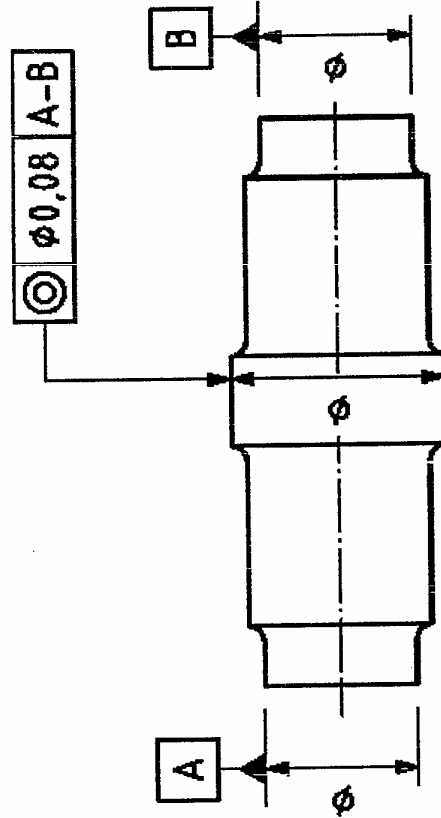
Coaxialidade de um Eixo

Definição da Zona de Tolerância:

A zona de tolerância é limitada por um cilindro de diâmetro t . O valor de tolerância deve ser precedido pelo símbolo ϕ . O eixo da zona de tolerância cilíndrica coincide com a referência.



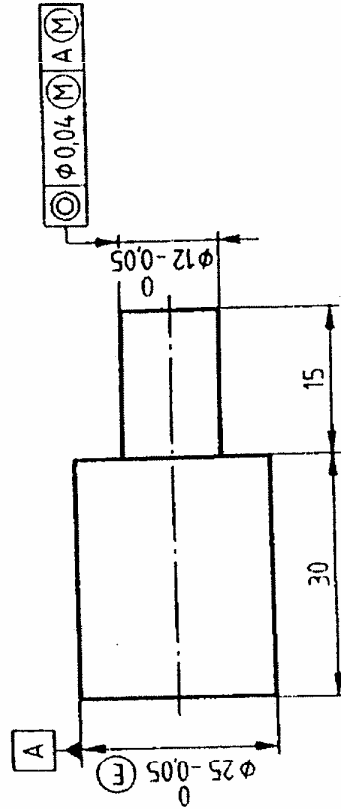
Representação/Interpretação:



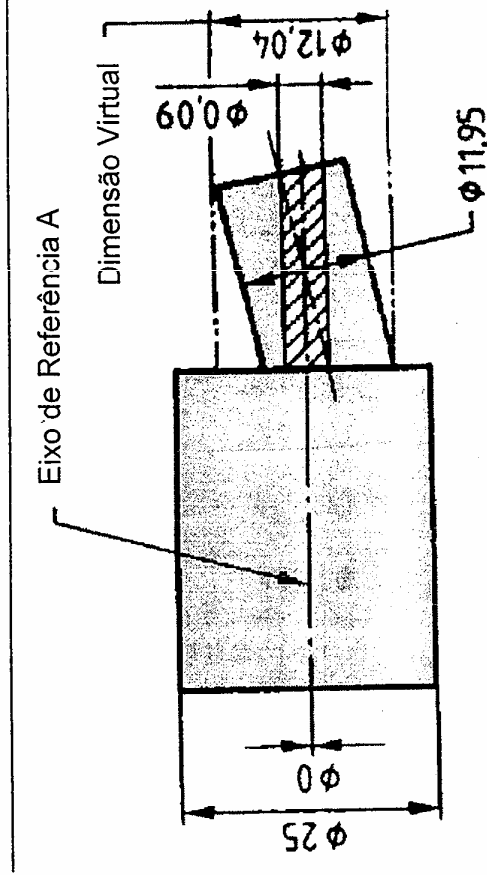
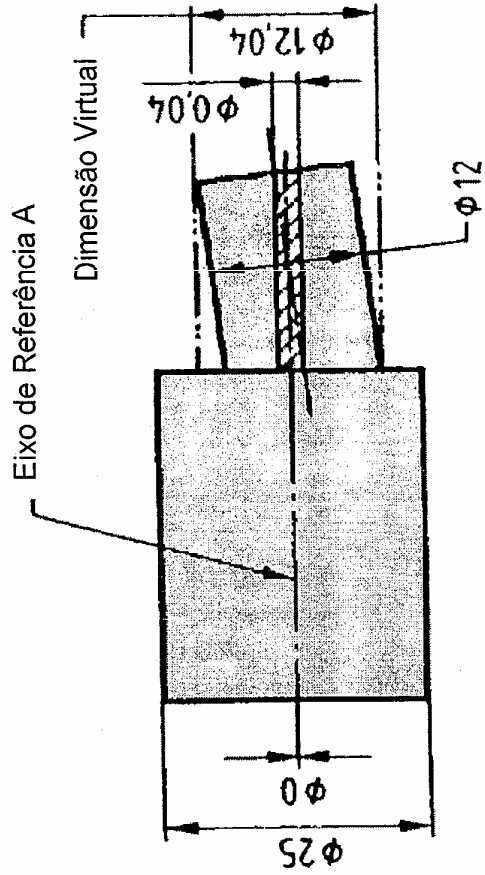
A linha média extraída (medida numa peça) do maior cilindro deve estar dentro de uma zona cilíndrica de diâmetro $0,08\text{ mm}$ cujo eixo é a linha de referência comum A-B (eixo de referência comum).

Fonte: Figuras extraídas da norma ISO 1101:2004

Indicação no Desenho

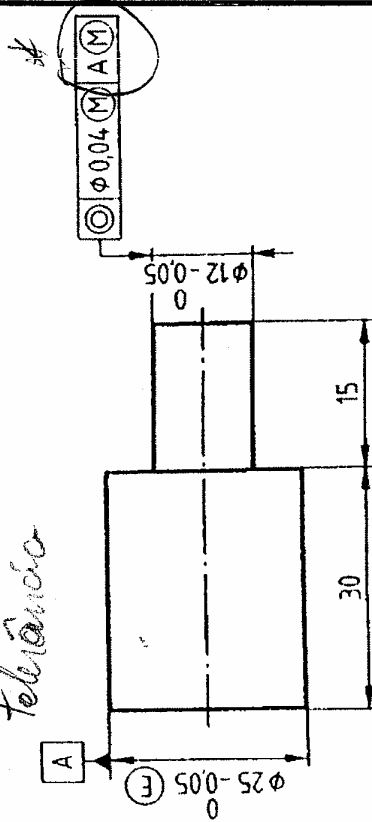


Interpretação



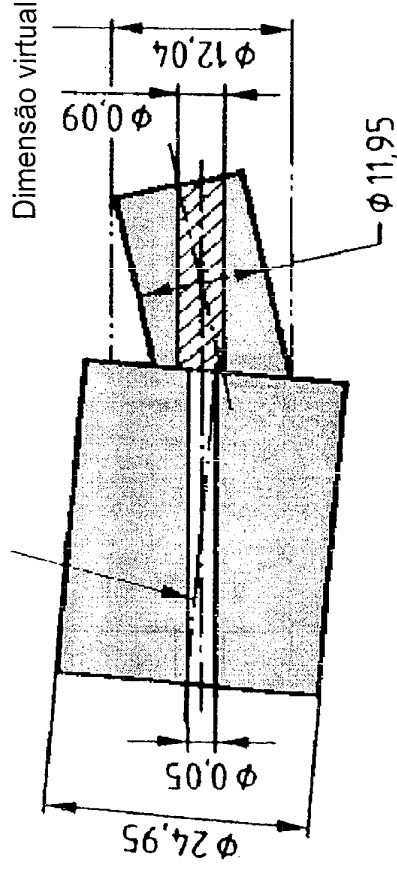
Indicação no Desenho

* Máxima condição na referência
diminui o uso de coaxialidade
na peça, e não soma na
tolerância

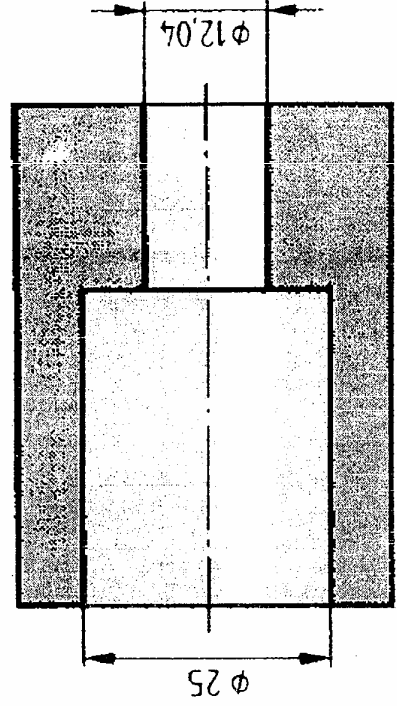


Interpretação

Eixo de referência A dentro da zona de tolerância admissível de $\phi 0,05$

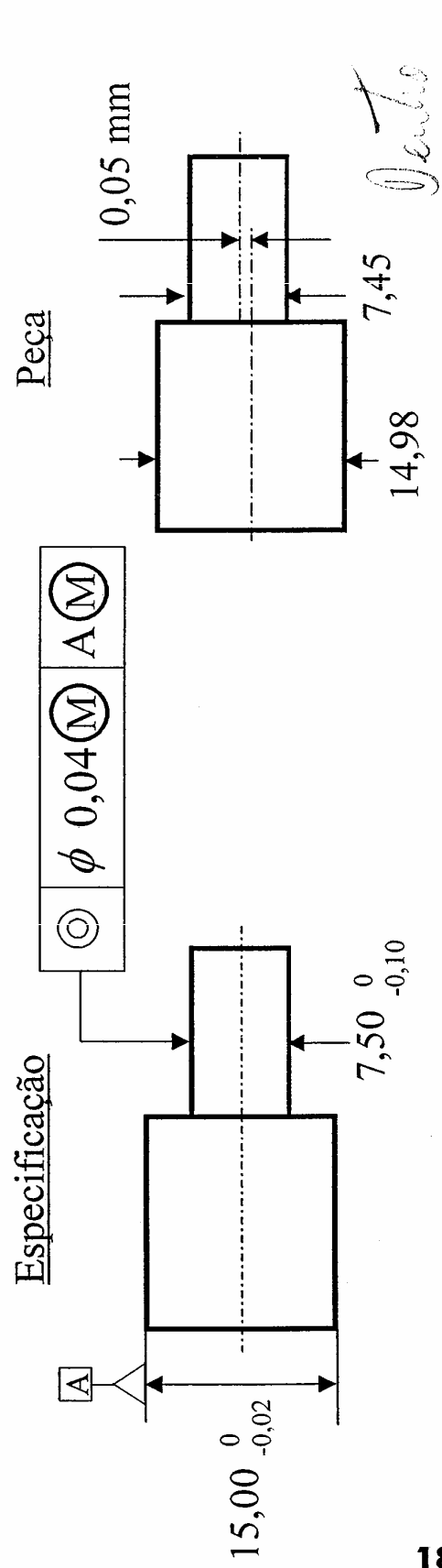
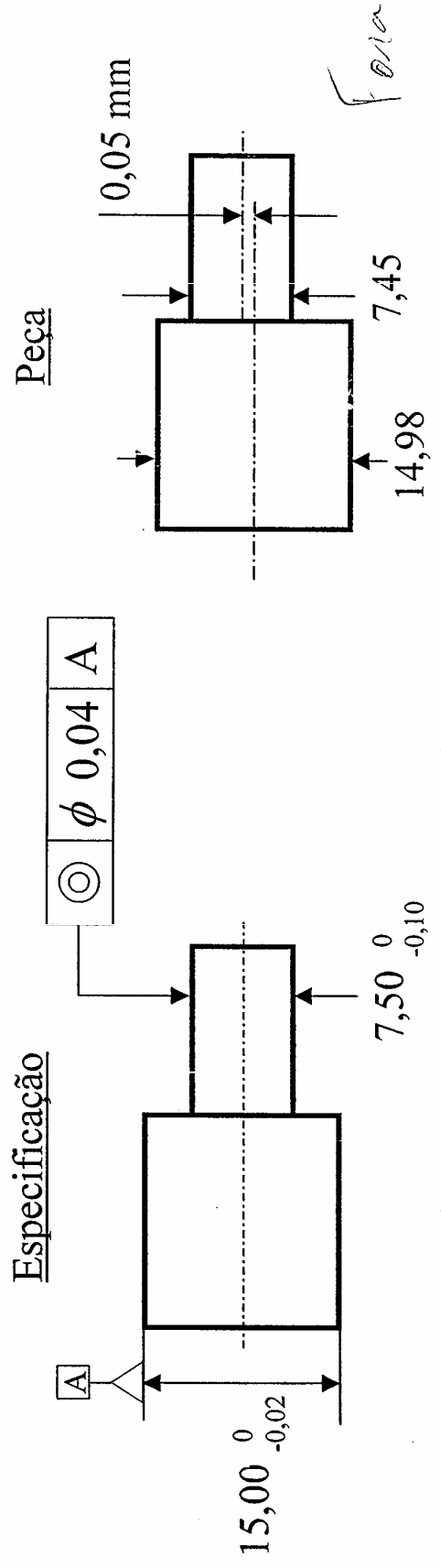


O gabarito funcional representa a condição virtual



Exercício:

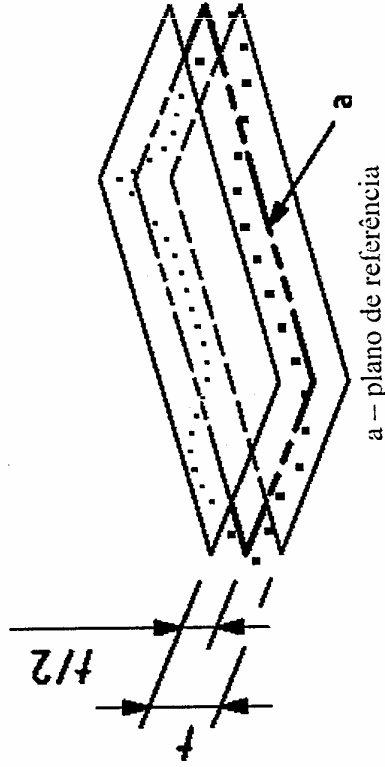
As peças representadas à direita atendem ou não suas especificações?



Simetria de um Plano Médio

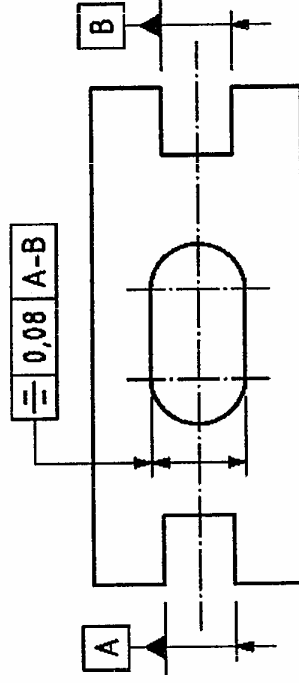
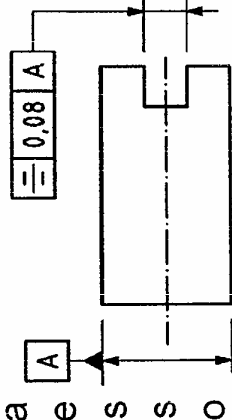
Definição da Zona de Tolerância:

A zona de tolerância é limitada por dois planos paralelos separados por uma distância t simetricamente localizados em relação a um plano médio associado à referência. A tolerância é especificada somente em uma direção.



Representação/Interpretação:

A superfície média extraída (medida numa peça) deve estar limitada entre dois planos paralelos separados por 0,08mm os quais estão simetricamente localizados em relação ao plano médio da referência A.



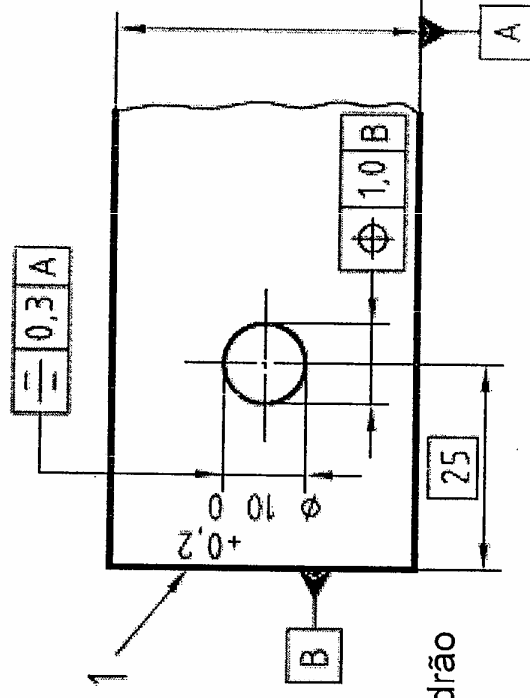
A superfície média extraída (medida numa peça) deve estar limitada entre dois planos paralelos separados por 0,08mm e simetricamente localizados em relação ao plano médio de referência comum A-B.

Simetria de um Furo

Definição da Zona de Tolerância:

A zona de tolerância é limitada por dois planos paralelos separados por uma distância t simetricamente localizados em relação a um plano médio associado à referência A. A tolerância é especificada somente em uma direção.

Representação/Interpretação:



1 Face de medição de um bloco padrão

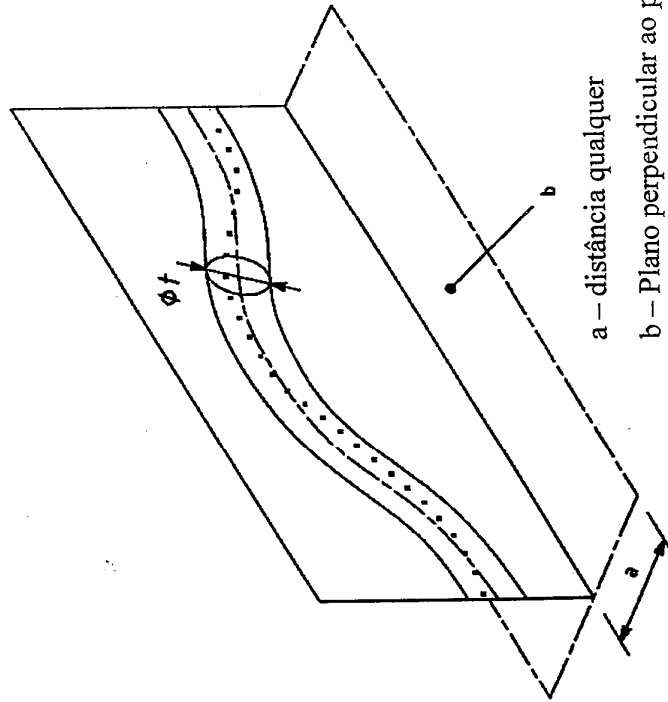
Tolerância de Simetria: A linha média extraída (medida no furo) deve estar limitada entre dois planos paralelos separados por 0,3 mm os quais estão simetricamente localizados em relação ao plano médio da referência A.

Tolerância de Posição: A linha média extraída (medida no furo) deve estar limitada entre dois planos paralelos separados por 1 mm, orientados paralelamente à face de referência B e localizados pela dimensão teoricamente exata de 25 mm.

Fonte: Figura extraída da norma ISO 3650:1998

Definição da Zona de Tolerância:

A zona de tolerância é limitada por duas linhas envolvendo círculos de diâmetro t cujos centros estão localizados em uma linha tendo a forma geométrica teoricamente exata.



a – distância qualquer

b – Plano perpendicular ao plano do desenho da Fig a

Fonte: Figuras extraídas da norma ISO 1101:2004

Representação/Interpretação:

Tolerância de perfil de uma linha sem especificação de referência

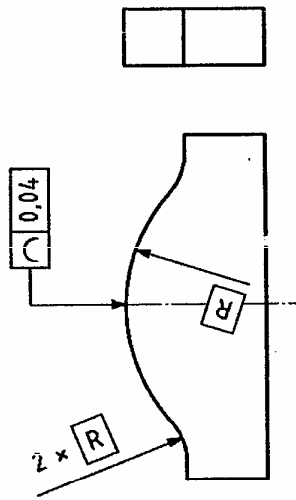


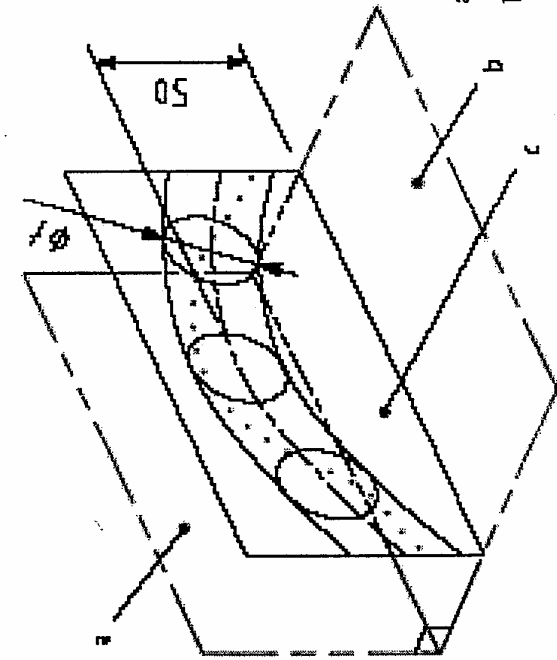
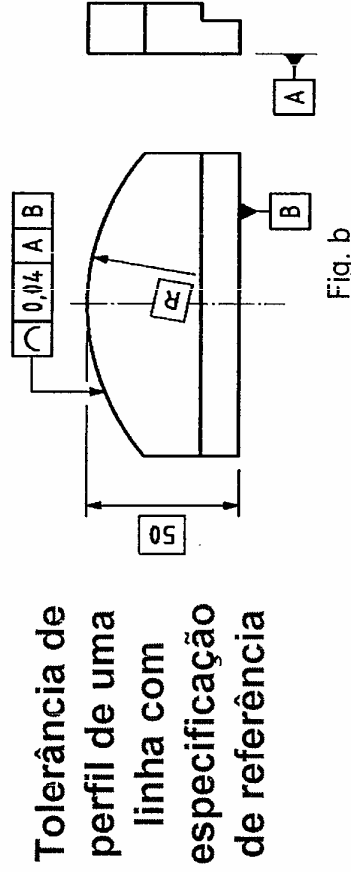
Fig. a

Em cada seção, paralela ao plano de projeção no qual a indicação é apresentada, a linha do perfil extraída (medida numa peça) deve estar limitada en.re duas linhas equidistantes envolvendo círculos de diâmetro 0,04mm cujos centros estão localizados em uma linha tendo a forma geométrica teoricamente exata (ver figura a).

Definição da Zona de Tolerância:

A zona de tolerância é limitada por duas linhas envolvendo círculos de diâmetro t cujos centros estão localizados em uma linha tendo a forma geométrica teoricamente exata em relação ao plano de referência A e ao plano de referência B.

Representação/Interpretação:



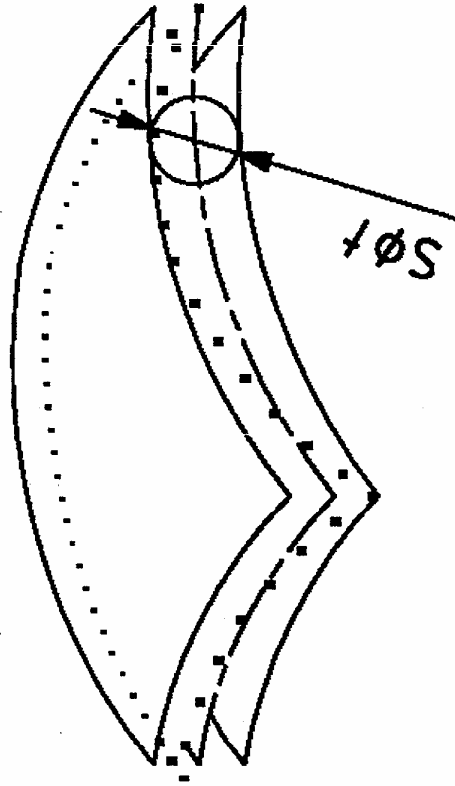
- a -- Referência A
- b -- Referência B
- c - Plano paralelo a referência A

Em cada seção, paralela ao plano de projeção no qual a indicação é apresentada, a linha do perfil extraída (medida numa peça) deve estar limitada entre duas linhas eqüidistantes envolvendo círculos de diâmetro 0,04mm cujos centros estão localizados em uma linha tendo a forma geométrica teoricamente exata em relação ao plano de referência A e ao plano de referência B (ver figura b).

" SEM ESPECIFICAÇÃO DA REFERÊNCIA "

Definição da Zona de Tolerância:

A zona de tolerância é limitada por duas superfícies envolvendo esferas de diâmetro t cujos centros estão localizados em uma superfície tendo a forma geométrica teoricamente exata.



Representação/Interpretação:

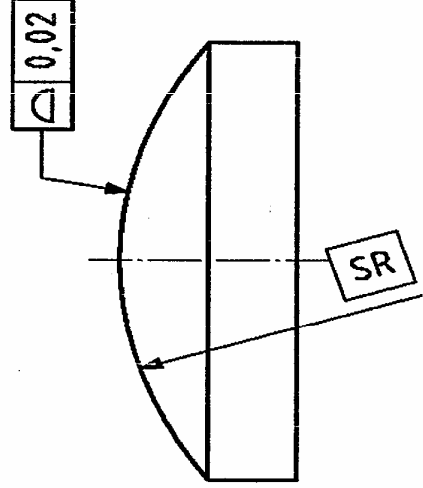


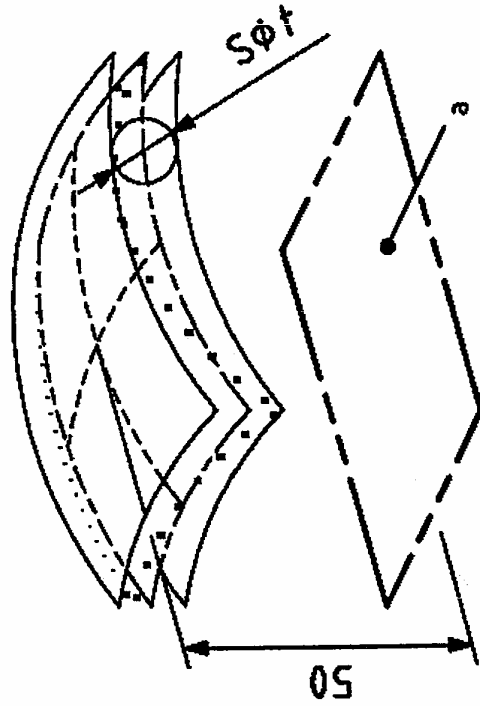
Fig. a

A superfície extraída (medida numa peça) deve estar limitada entre duas superfícies equidistantes envolvendo esferas de diâmetro 0,02mm cujos centros estão localizados em uma superfície tendo a forma geométrica teoricamente exata (ver figura a).

“ COM ESPECIFICAÇÃO DA REFERÊNCIA ”

Definição da Zona de Tolerância:

A zona de tolerância é limitada por duas superfícies envolvendo esferas de diâmetro t cujos centros estão localizados em uma superfície tendo a forma geométrica teoricamente exata em relação ao plano de referência A.



a – Referência A

Fonte: Figuras extraídas da norma ISO 1101:2004

Representação/Interpretação:

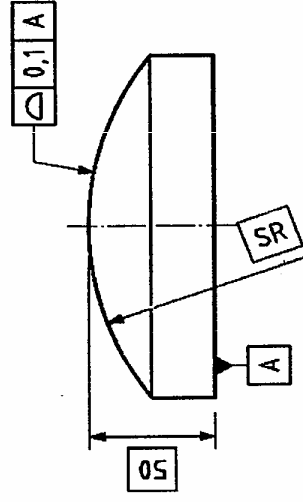


Fig. b

A superfície extraída (medida numa peça) deve estar limitada entre duas superfícies equidistantes envolvendo esferas de diâmetro 0,1mm cujos centros estão localizados em uma superfície tendo a forma geométrica teoricamente exata em relação ao plano de referência A (ver figura b).

Tolerância de Batimento Circular

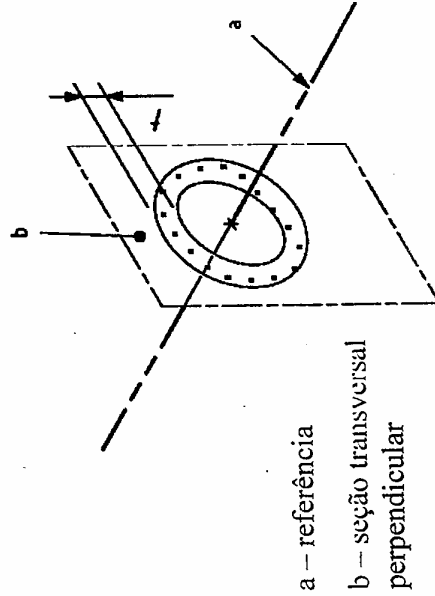
A tolerância de batimento circular representa a máxima variação permitida t do elemento tolerado durante uma revolução completa em relação ao eixo de referência, sem deslocamento axial relativo entre a peça e o instrumento de medição.

A tolerância de batimento circular aplica-se separadamente para todas as posições de medição. Os desvios de batimento circular podem incluir desvios de circularidade, coaxialidade, perpendicularidade ou planeza. A superposição destes desvios não deve exceder a tolerância de batimento circular especificada.

Batimento Circular Radial

Definição da Zona de Tolerância:

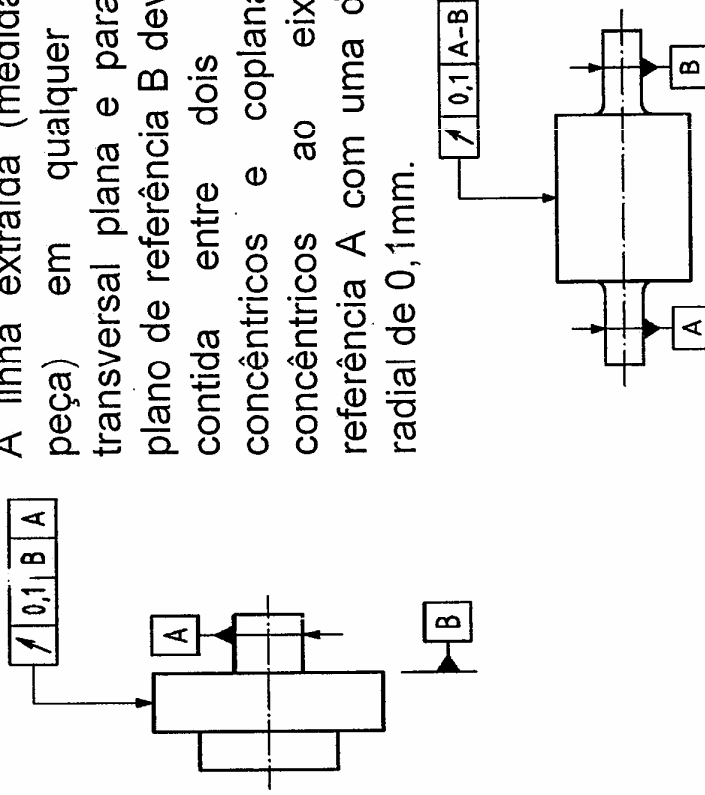
A zona de tolerância é limitada, em qualquer plano de medição perpendicular em relação ao eixo, por dois círculos concêntricos separados por uma distância t . Batimento aplica-se, normalmente, para uma revolução completa em relação ao eixo, mas pode também ser limitado a uma fração da revolução.



a – referência
b – seção transversal perpendicular

Representação/Interpretação:

A linha extraída (medida numa peça) em qualquer seção transversal plana e paralela ao plano de referência B deve estar contida entre dois círculos concêntricos e coplanares e concêntricos ao eixo de referência A com uma distância radial de 0,1mm.

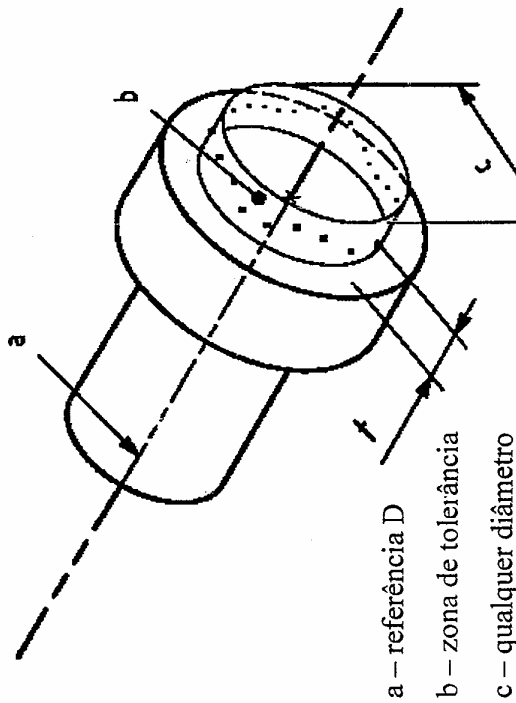


A linha extraída (medida numa peça) em qualquer seção transversal plana e perpendicular à linha reta comum de referência A-B deve estar contida entre dois círculos concêntricos e coplanares com uma distância radial de 0,1mm.

Batimento Circular Axial

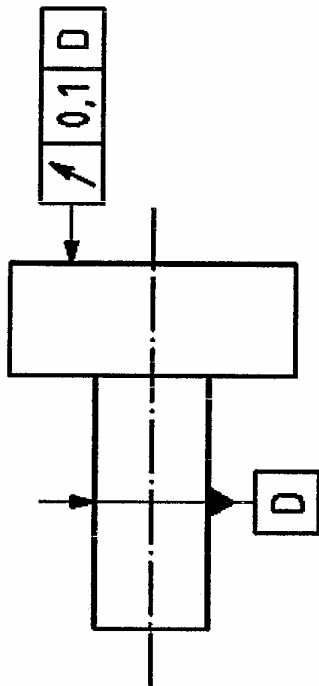
Definição da Zona de Tolerância:

A zona de tolerância é limitada, para qualquer posição radial, por dois círculos separados por uma distância t situando-se em um cilindro de medição cujo eixo coincide com a referência.



Fonte: Figuras extraídas da norma ISO 1101:2004

Representação/Interpretação:

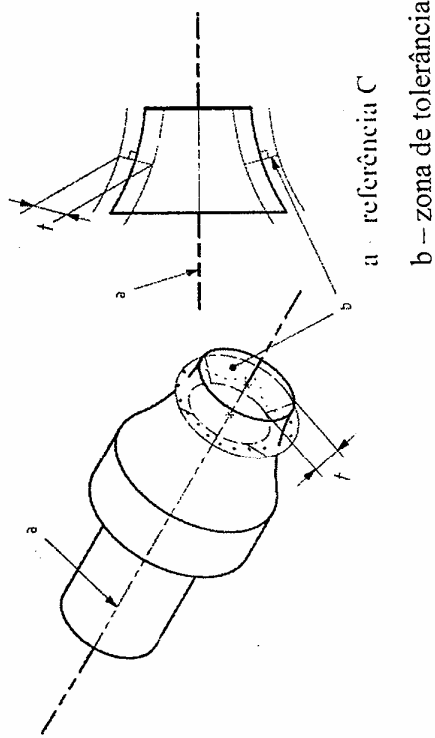


A linha extraída (medida numa peça) em qualquer seção cilíndrica, cujo eixo coincide com o eixo de referência D , deve estar contido entre dois círculos afastados axialmente com uma distância de $0,1mm$.

Batimento circular em qualquer direção

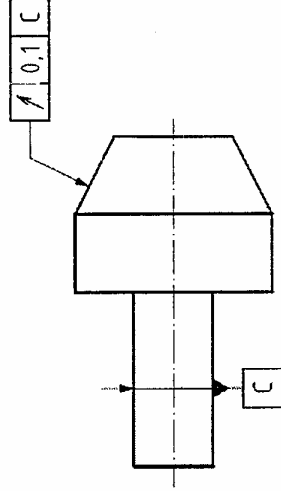
Definição da Zona de Tolerância:

A zona de tolerância é limitada dentro de qualquer seção cônica por dois círculos separados por uma distância t , cujo eixo coincide com a referência. A dimensão da zona de tolerância é normal à geometria especificada, a menos que indicado o contrário.

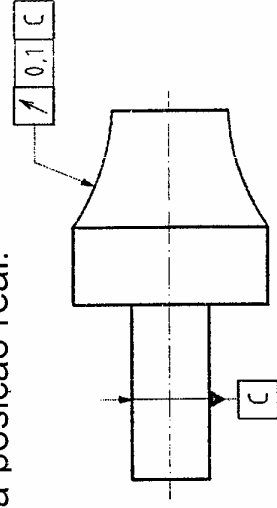


Representação/Interpretação:

A linha extraída (medida numa peça) em qualquer seção cônica, cujo eixo coincide com o eixo da referência C, deve estar entre dois círculos dentro de uma seção cônica com uma distância de 0,1mm.



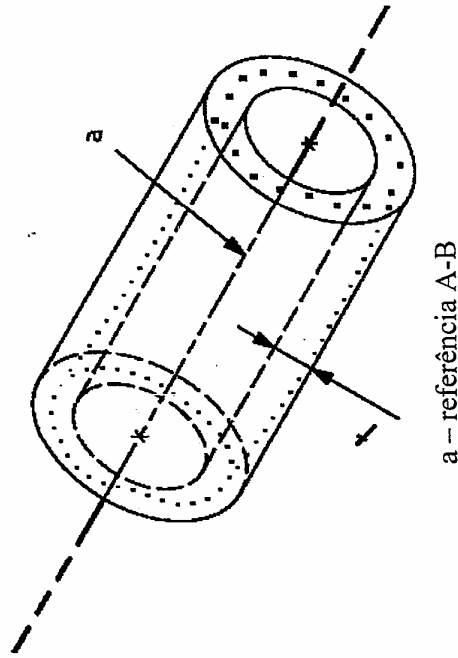
Quando a geratriz para o elemento tolerado não é reta, o ângulo do vértice da seção cônica mudará dependendo da posição real.



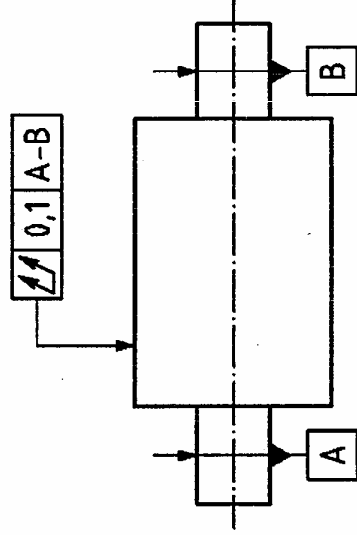
Batimento Total Radial

Definição da Zona de Tolerância:

A zona de tolerância é limitada por dois cilindros coaxiais separados por uma distância t cujos eixos coincidem com a referência.



Representação/Interpretação:

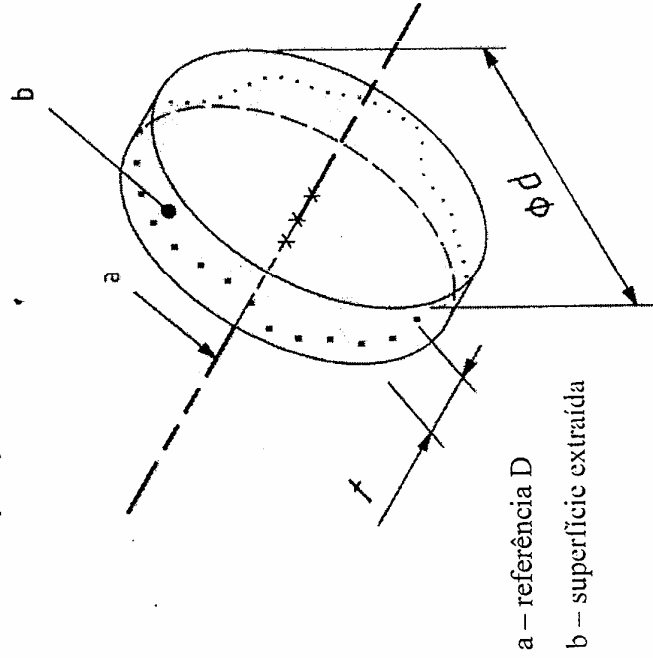


A superfície extraída (medida numa peça) deve estar contida entre dois cilindros coaxiais com uma distância radial de 0,1mm e coincidente com a linha reta comum de referência A-B.

Batimento Total Axial

Definição da Zona de Tolerância:

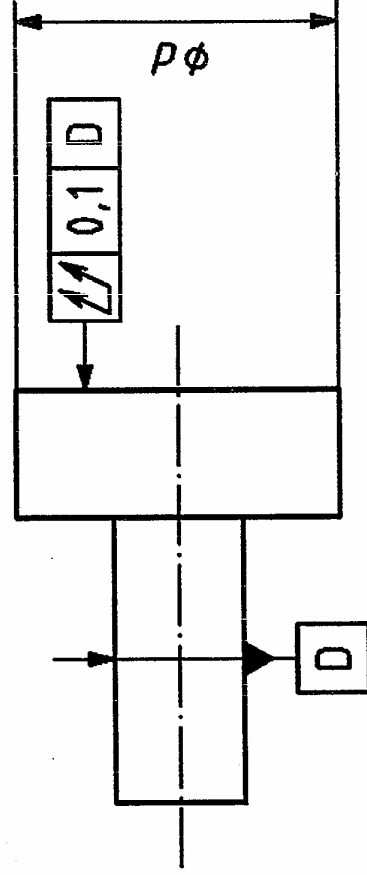
A zona de tolerância é limitada por dois planos paralelos separados a uma distância t e perpendicular a referência



a – referência D

b – superfície extraída

Representação/Interpretação:

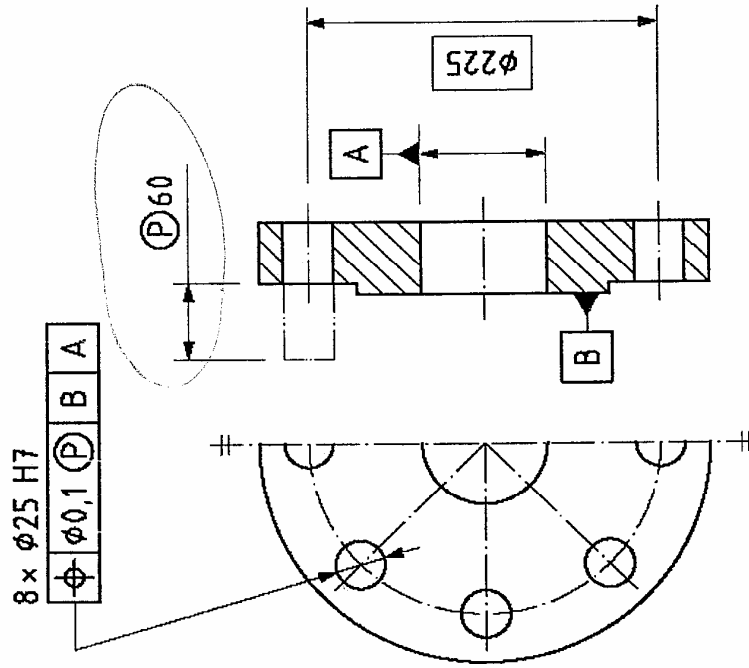


A superfície extraída (medida numa peça) deve estar contida entre dois planos paralelos separados de 0,1mm e perpendicular ao eixo de referência D.

Módulo 10

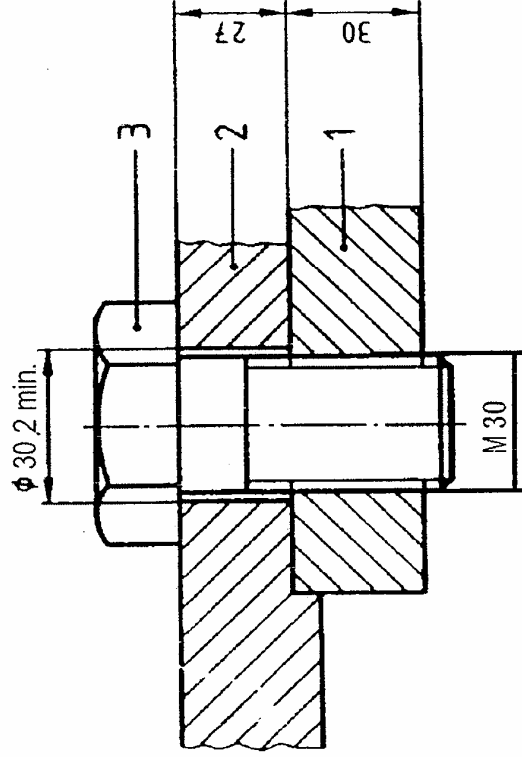
Conceitos Adicionais

Indicação no Desenho e no Quadro de Tolerância



Fonte: ISO 1101:2004

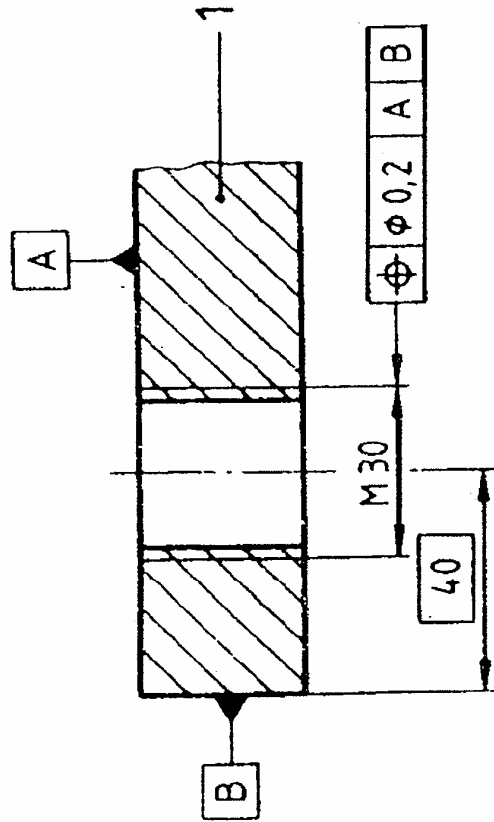
Aplicação Típica



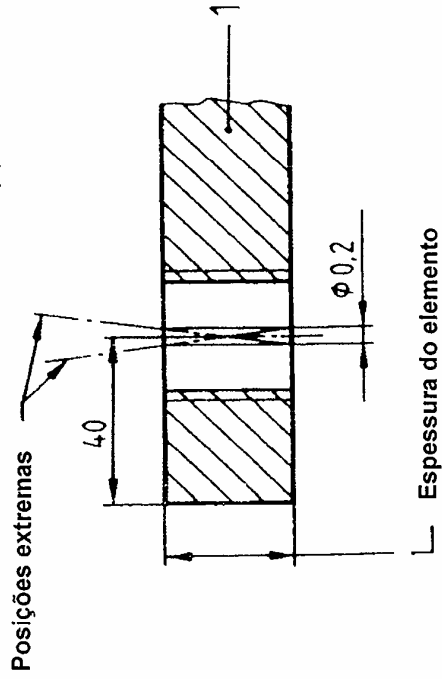
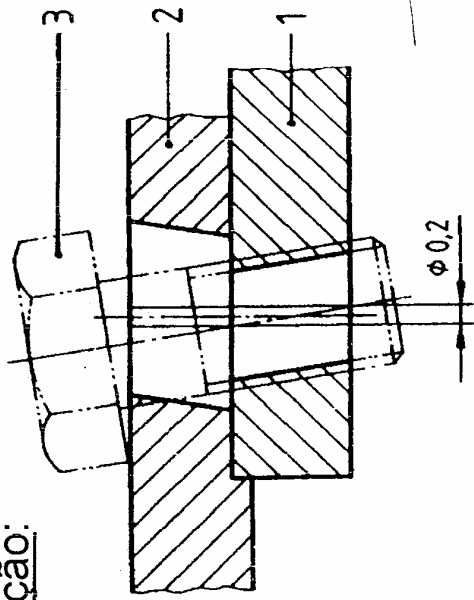
Fonte: ISO 10578:1992

Aplicação e Interpretação

Exemplo: Tolerância de posição sem zona de tolerância projetada.

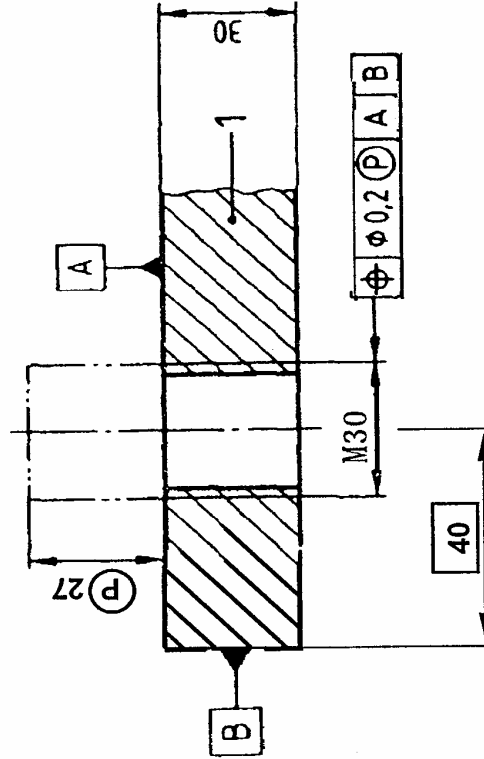


Interpretação:



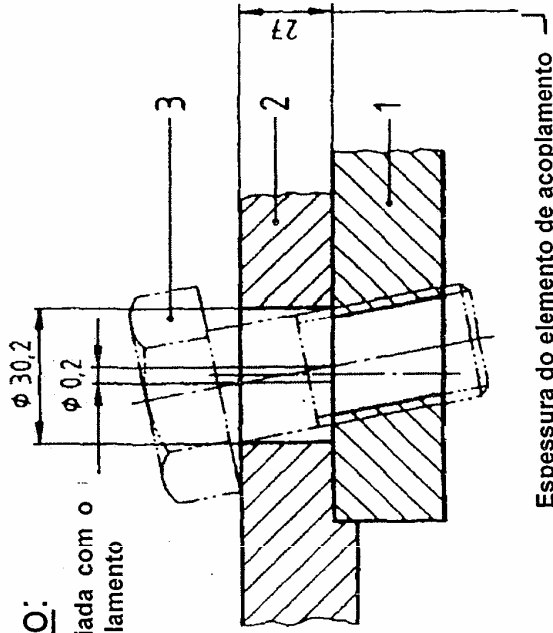
Aplicação e Interpretação

Exemplo: Tolerância de posição com zona de tolerância projetada.



Interpretação:

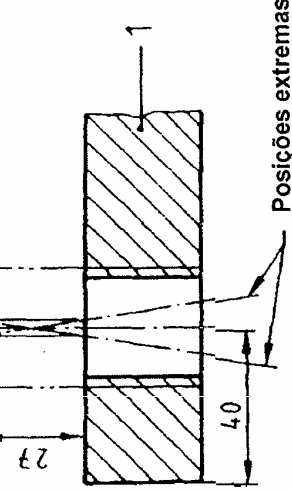
Tolerância associada com o elemento de acoplamento



Altura do elemento de acoplamento

Espessura do elemento de acoplamento

Tolerância de posição



Posições extremas

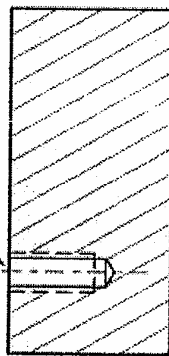
Representação segundo a ASME Y14.5M

a) Dimensão projetada indicada dentro do quadro de tolerância:

.250-20 UNC 2B



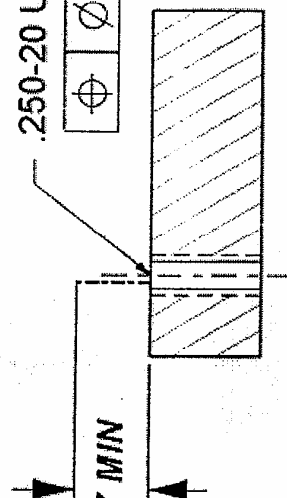
Projeção de .455
polegadas a partir
da face do furo!



b) Dimensão projetada indicada fora do quadro de tolerância:



Projeção de .657
polegadas a partir da
face superior do furo!



“ FREE STATE CONDITION ”

ⓕ “ CONDIÇÃO DE ESTADO LIVRE ”

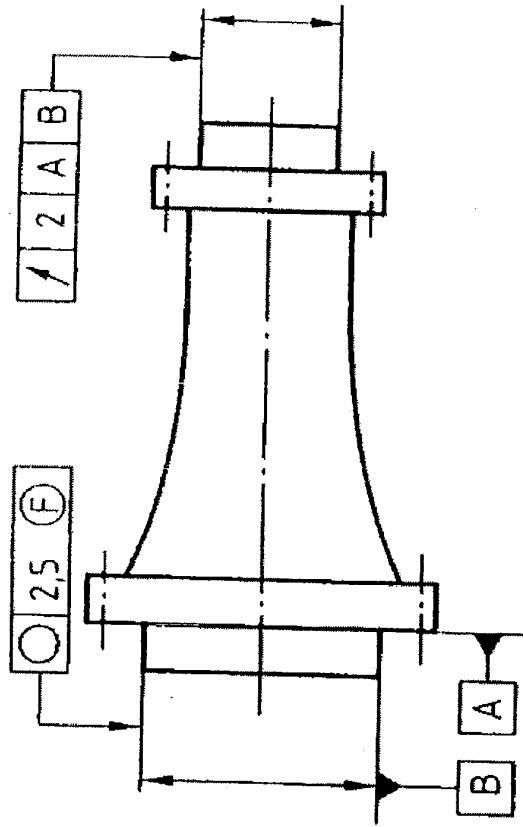
1. Peças Não Rígidas;
2. Símbolo **ⓕ** localizado após o valor da tolerância especificada;
3. Exemplos de indicações:

ⓕ	2,8	ⓕ
---	-----	---

ⓕ	0,025
	0,3
	ⓕ
4. Informações adicionais na norma referente às peças não rígidas (ISO 10579).

“ CONDIÇÃO DE ESTADO LIVRE ”

Exemplo de indicação em desenho:



ISO 10579-NR

Condição Restritiva: A superfície indicada como referência A é montada (com 64 parafusos com porca M6 apertado com um torque de 9 N*m a 15 N*m) e o elemento indicado como referência B é restringido no limite de máximo material.

Interpretação:

(F)

A tolerância geométrica seguida pelo símbolo (F) deve ser assegurada no estado livre.

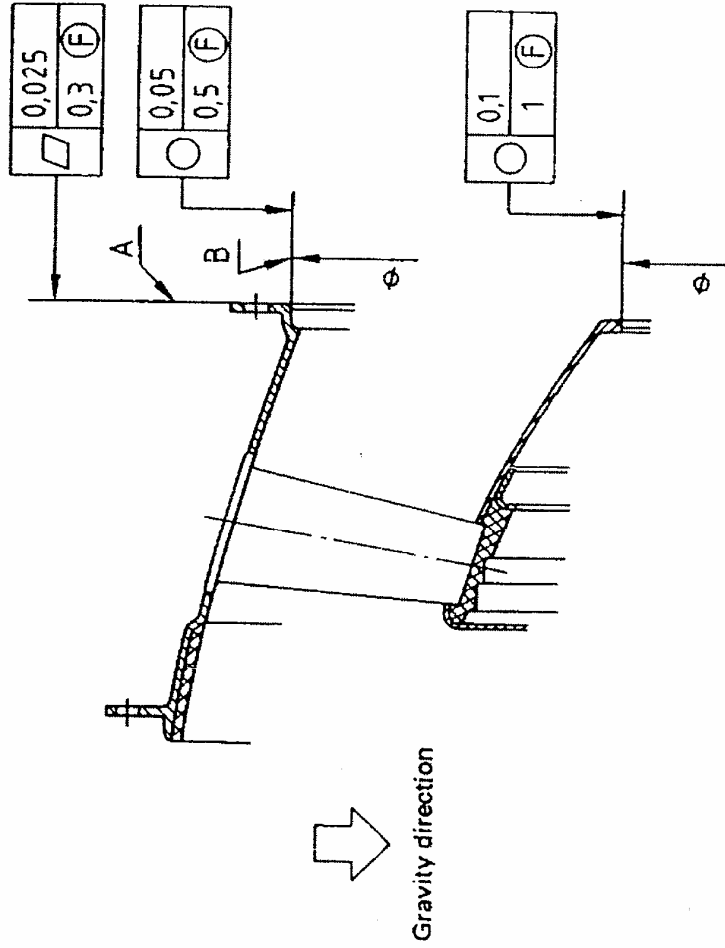
As demais tolerâncias geométricas (sem indicação do símbolo (F)) aplicam-se nas condições definidas na nota do desenho.

“ CONDIÇÃO DE ESTADO LIVRE ”

Exemplo de indicação em desenho:

(F)

Interpretação:



A tolerância geométrica seguida pelo símbolo **(F)** deve ser assegurada no estado livre.

As demais tolerâncias geométricas (sem indicação do símbolo **(F)**) aplicam-se nas condições definidas na nota do desenho.

ISO 10579-NR

Condição Restritiva: A superfície indicada como referência A é montada (com 120 parafusos com porca M20 apertados com um torque de 18 N*m a 20 N*m) e o elemento indicado como referência B é restringido no limite de máximo material.

Fonte: /ISO 10579:1993

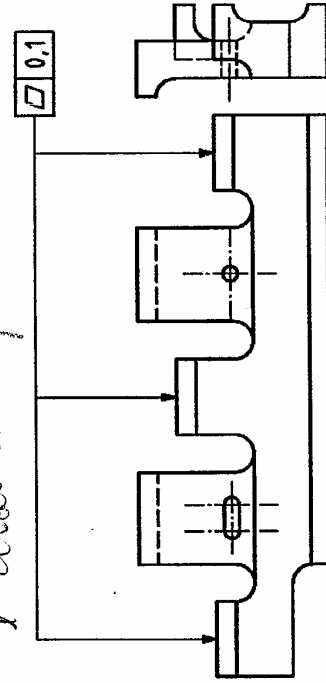
Zona Comum

Planos "ZONA COMUM" CZ

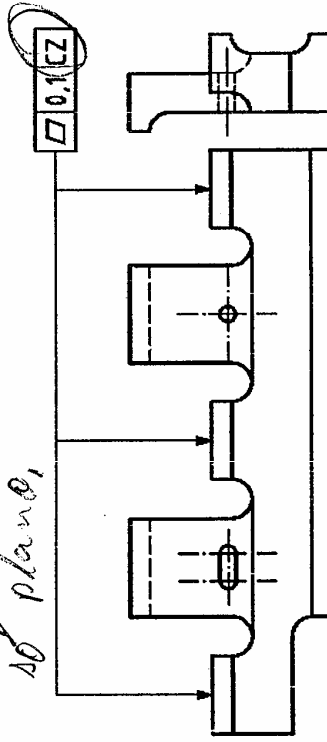
Planos aqui cada é avaliada separadamente

ISO

aqui as três faces são um só plano,

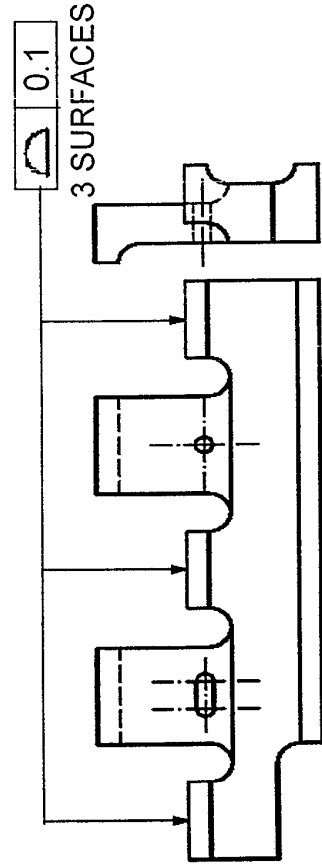


Fonte: ISO 1101:2004



Fonte: ISO 1101:2004

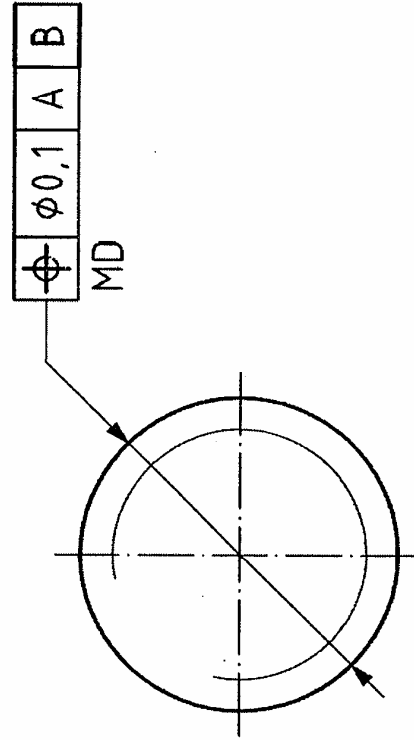
ASME (Coplanaridade)



Representação para Elementos Roscados

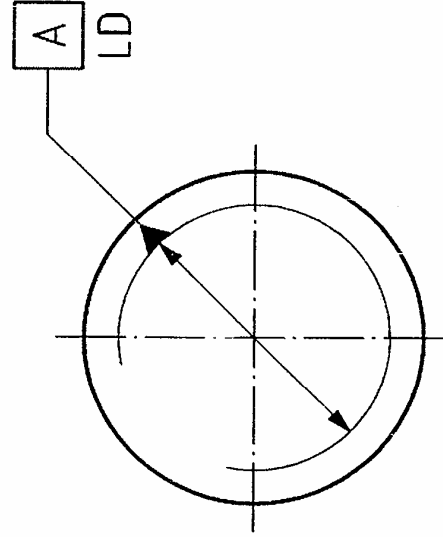
**Exemplo de Representação
para o Diâmetro Maior
(parafuso)**

(parafuso)



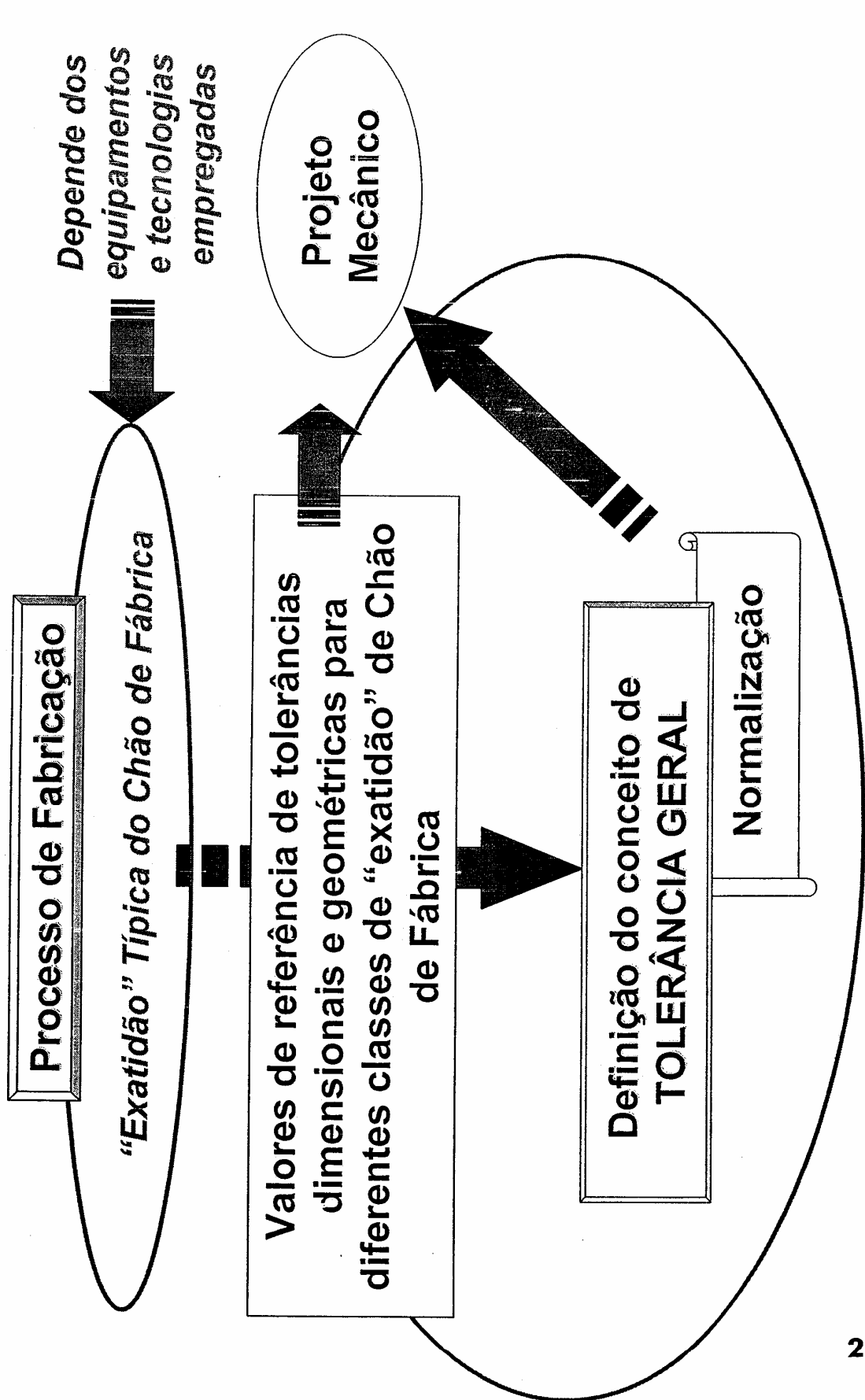
**Exemplo de Representação
para o Diâmetro Menor
(parafuso)**

(parafuso)



Tolerâncias Gerais

Tolerâncias Gerais - Conceito



Tolerâncias Gerais - Normalização

PROCESSO FABRICAÇÃO	TÍTULO NORMA
Fundição de metais	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 8062 – Castings – System of dimensional tolerances and machining • DIN 1680-1 – Rough castings; general tolerances and machining allowances; general • DIN 1680-2 – Rough castings; general tolerance system • DIN 1688-1 – Rough castings of light metal alloys – Sand mouldings – General tolerances, machining allowances • DIN 1688-3 – Light metal alloy raw castings; gravity die castings; general tolerances, machining allowances • DIN 1688-4 – Light metal alloy raw castings; pressure die castings; general tolerances, machining allowances
Usinagem	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 2768-1 – General tolerances: Tolerances for linear and angular dimensions without individual tolerance indications • ISO 2768-2 – General tolerances: Geometrical tolerances for features without individual tolerance indications • DIN 7168 – General tolerances for linear and angular dimensions and geometrical tolerances (not be used for new designs)
Injeção de plástico	<ul style="list-style-type: none"> • DIN 16901 – Plastics mouldings; Tolerances and acceptance conditions for linear dimensões

Fonte: Dados extraídos dos sites “www.iso.ch” e “www.din.de” (19/09/03)

PROCESSO FABRICAÇÃO	TÍTULO NORMA
Forjamento livre de aço	• DIN 7527-1 – Steel forgings; machining allowances and permissible Variations for open-die forged discs
	• DIN 7527-2 – Steel forgings; machining allowances and permissible Variations for open-die forged pierced discs
	• DIN 7527-3 – Steel forgings; machining allowances and permissible Variations for seamless open-die forged rings
	• DIN 7527-4 – Steel forgings; machining allowances and permissible Variations for seamless open-die forged bushes
	• DIN 7527-5 – Steel forgings; machining allowances and permissible Variations for open-die forged rolled and welded rings
	• DIN 7527-6 – Steel forgings; machining allowances and permissible Variations for open-die forged bars
Forjamento em matriz de aço	• DIN 7523-2 – Steel forgings; design of drop and press forgings; machining allowances, drafts, edge radii, fillet radii, base thicknesses, wall thicknesses, rib widths and rib radii
Estampagem	• DIN 6930-1 – Stamped steel parts; technical delivery conditions
	• DIN 6930-2 – Steel stampings; general tolerances

Fonte: Dados extraídos dos sites “www.iso.ch” e “www.din.de” (19/09/03)

Condições para Uso Adequado da Tolerância Geral

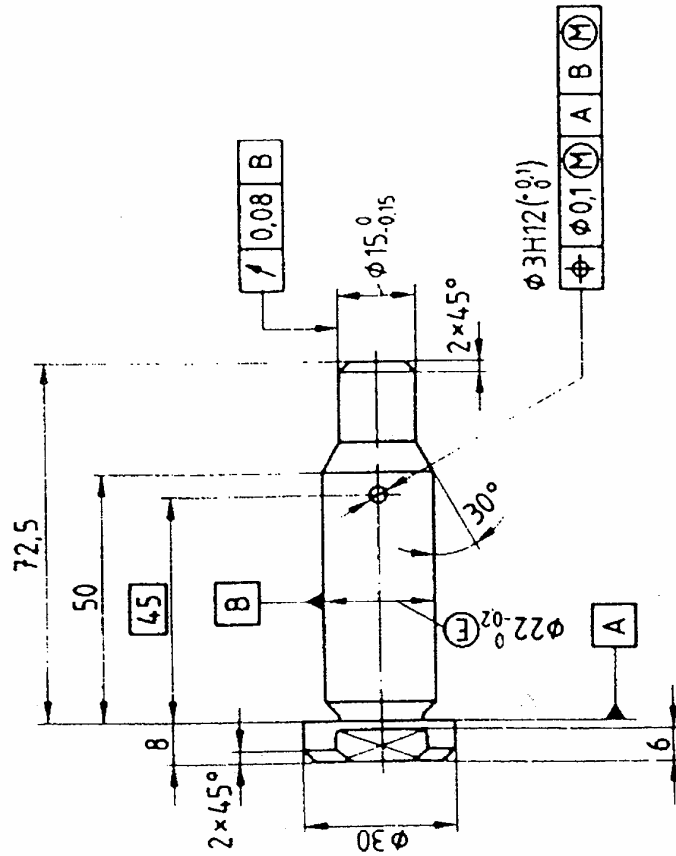
- Confiabilidade de que a tolerância não será excedida;
- Capacidade típica do processo de fabricação igual ou melhor do que a tolerância geral indicada no desenho;

CASO EM QUE A FUNÇÃO PERMITE UMA
TOLERÂNCIA IGUAL OU MAIOR DO QUE O VALOR DA
TOLERÂNCIA GERAL.

Regra Referente à Rejeição

**"A MENOS QUE ESPECIFICADO,
NÃO SE DEVE REJEITAR AUTOMATICAMENTE
PEÇAS QUE EXCEDAM AS TOLERÂNCIAS
GERAIS, DESDE QUE A CONDIÇÃO FUNCIONAL
NÃO SEJA COMPROMETIDA"**

Formas de Indicação no Desenho



Tolerancing ISO 8015
General tolerances ISO 2768-mH

ISO 2768 - 1

(classes: f – fino, m – médio, c – grosso e v – muito grosso)
Tolerâncias Dimensionais
(lineares e angulares)

ISO 2768 - 2

(classes H, K e L)

Tolerâncias Geométricas

- retitude e planeza
- perpendicularidade
- simetria e
- batimento circular

RELAÇÃO DAS REFERÊNCIAS

LIVROS

- Geometric Dimensioning & Tolerancing – For Engineering & Manufacturing Technology; Cecil Jensen, 1993.
- Geo-Metrics III – The application of Dimensioning and Tolerancing Techniques (Using the Customary Inch System); Lowell W. Foster, 1994.
- Measuring and Gauging Geometric Tolerances; Prentice Hall Career & Technology; Gary K. Griffith, 1993.
- Dimensioning Tolerancing and Gaging Applied; Prentice Hall; Gary Gooldy, 1999.
- Measurement of Geometric Tolerances in Manufacturing; Editora Marcel Dekker, James D. Meadows, 1998.
- GEOMETRICAL PRODUCT SPECIFICATION – Course for Technical Universities, Z. Humienny (editor), P.H. Osanna, M. Tamre, A. Weckenmann, L. Blunt, W. Jakubiec , 2001, ISBN 83-912190-8-9.

APOSTILAS

- GEOMETRIC DIMENSIONING AND TOLERANCING, apostila do curso oferecido pela APPLIED GEOMETRICS, INC. – AGI, MARK E. FOSTER, 2002.
- TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS(GD&T), apostila do curso oferecido pela CERTI em parceria com ISA Engenharia Ltda – Marcos Lichblau, 2002.

NORMAS

- ISO 1101 – Geometrical Product Specifications(GPS) – Geometrical Tolerancing – Tolerances of form, orientation, location and run; 2004.
- ISO 2692 – Technical drawings – Geometrical tolerancing – Maximum material principle; 1988.

•ISO 2692-AMD1 – Technical drawings - Geometrical tolerancing - Maximum material principle - AMENDMENT 1: Least material requirement; 1992.

•ISO 5458 – Technical drawings – Geometrical tolerancing – Positional tolerancing; 1998.

•ISO 5459 – Technical drawings – Geometrical tolerancing – Datums and datum-systems for geometrical tolerances; 1981.

•ISO/TR 5460 - Technical drawings – Geometrical tolerancing – Tolerancing of form, orientation, location and run-out – Verification principles and methods - Guidelines; 1985.

•ISO 8015 – Technical drawings – Fundamental tolerancing principle; 1985.

•ISO 10578 – Technical Drawings – Tolerancing of Orientation and Location – Projected Tolerance Zone; 1992.

•ISO 1057 – Technical drawings - Dimensioning and tolerancing - non rigid parts; 1993.

•ISO 14660-1 – Geometrical Product Specifications (GPS) - Geometrical features - Part 1: General terms and definitions; 1999.

•ISO 14660-2 – Geometrical Product Specifications (GPS) - Geometrical features - Part 2: Extracted median line of a cylinder and a cone, extracted median surface, local size of an extracted feature; 1999.

•ISO/TS 17450-1 – Geometrical Product Specifications (GPS) — General concepts — Part 1: Model for geometrical specification and verification; 2001.

NBR 6409 – Tolerâncias geométricas – Tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento – Generalidades, símbolos, definições e indicações em desenho; 1997.

DIN 7167 – Relation between tolerances of size, form and parallelism; 1987.

ASME Y14.5M – 1994 (REVISION OF ANSI Y14.5M – 1982 (R 1988)), American Society of Mechanical Engineers.

