



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PMR 3301

- Integração digital da manufatura -

2020.1



Divisão dos processos de fabricação

Processos de Fabricação					
1 Formas primárias	2 Formas conformadas (secundárias)	3 Usinagem	4 Uniões	5 revestimentos	6 alterações de propriedades dos materiais
					

RELEMBRANDO!

Processos de Fabricação						
1 Formas primárias	2 Formas conformadas (secundárias)	3 Usinagem	4 Uniões	5 revestimentos	6 alterações de propriedades dos materiais	7 Manufatura aditiva
						



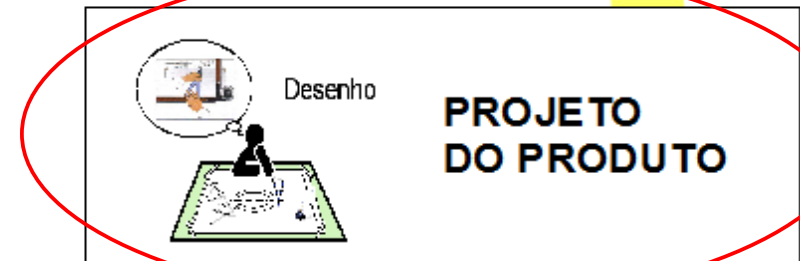


Ciclo dos produtos

Descarte

CONSUMIDOR/MERCADO

RELEMBRANDO!

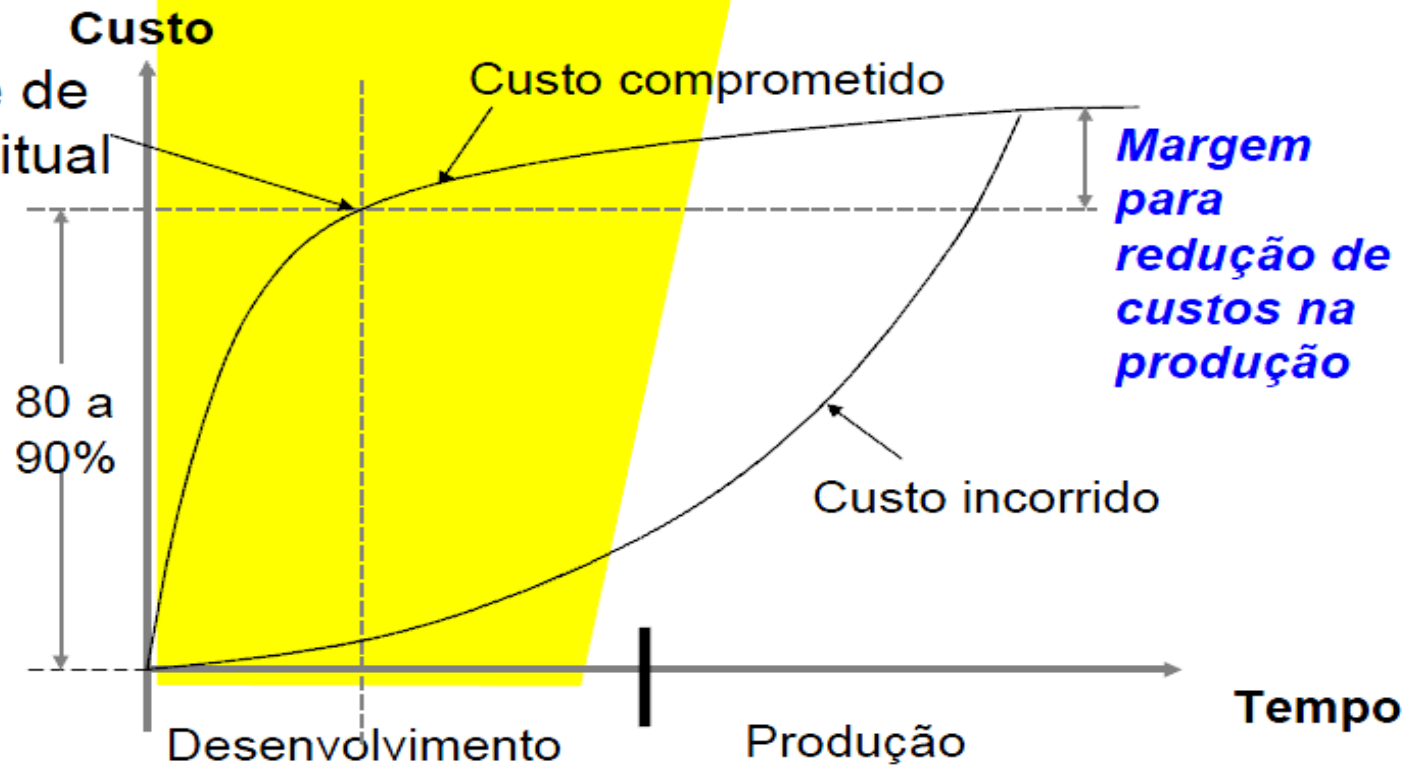
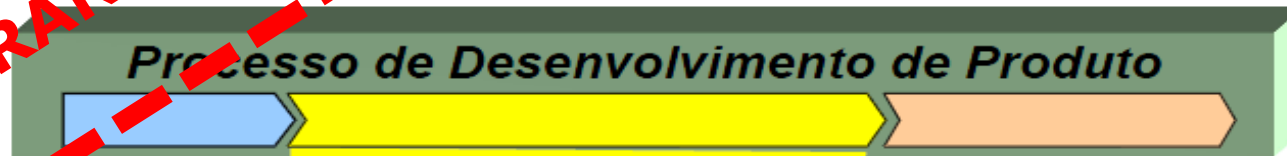




Ciclo de manufatura, projeto e fabricação de produtos.

Custo comprometido X custo incorrido

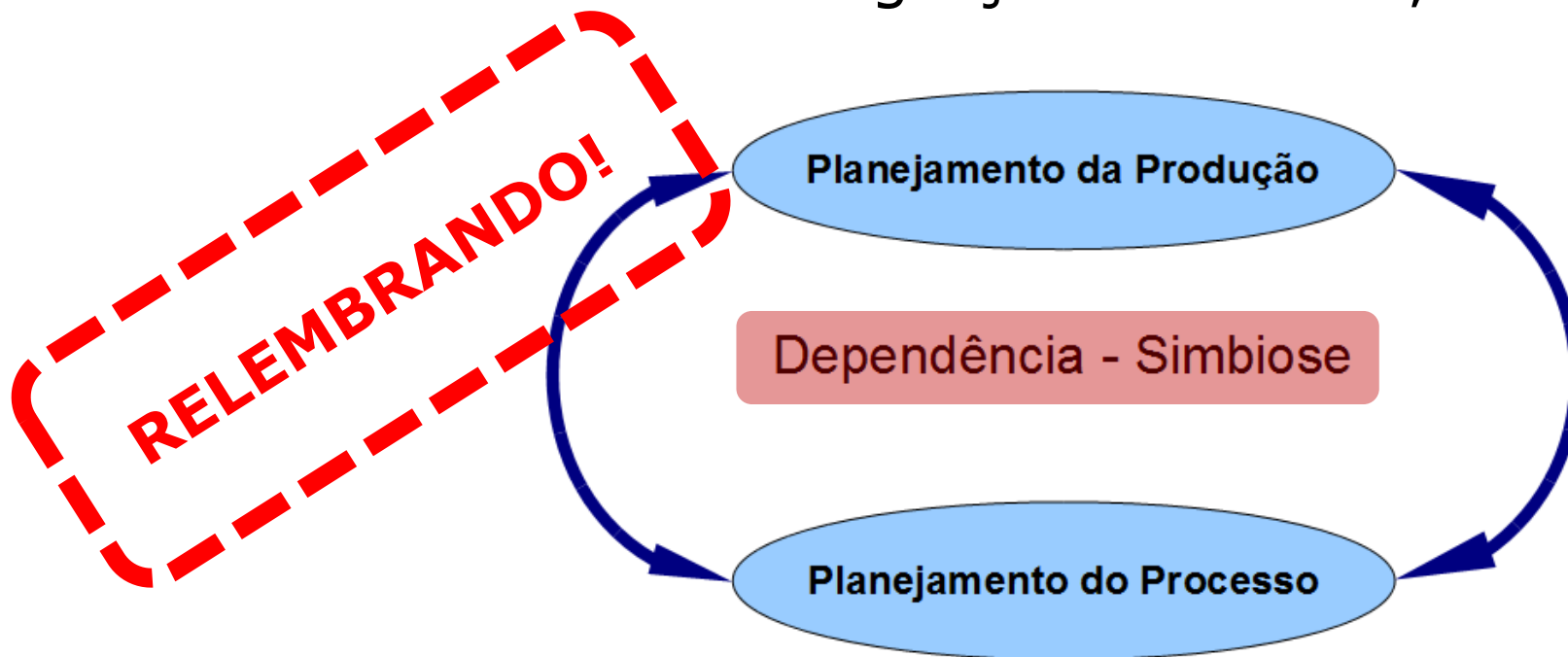
RELEBRANDO!





Planejamento de Processos e Planejamento da Produção

- Em princípio o Planejamento de Processos e Planejamento de Produção são independentes
- A tendência é a integração de ambos, contudo...





O que é o Planejamento do Processo?

→ É uma atividade de engenharia que determina os procedimentos apropriados para transformar matéria-prima em um produto final tal qual especificado no projeto de engenharia.



Matéria prima



Produto



O que é o Planejamento do Processo?

→ Tarefa de transformar especificações de projeto (desenho detalhado) em instruções de manufatura. Esta tarefa inclui a identificação de máquinas, ferramentas, dispositivos, operações, suas sequências e a seleção dos parâmetros do processo.





O que é o Planejamento do Processo?

→ É determinação sistemática dos métodos de manufatura e detalhes de operação, de forma que matérias-primas possam ser transformadas em produtos acabados (peças) de forma eficiente e econômica





O que é o Planejamento do Processo?

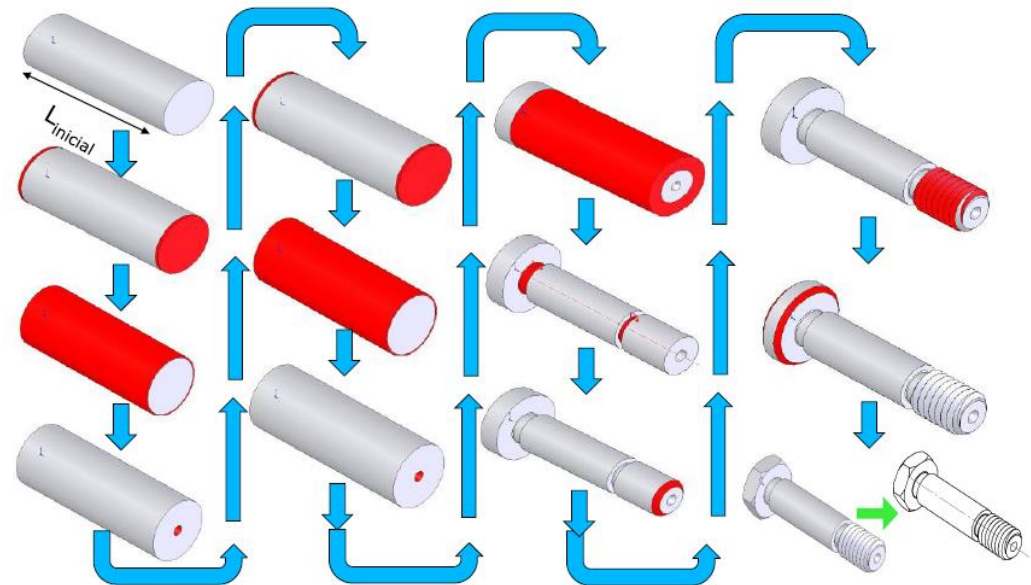
→ É a função dentro da qual um planta de produção estabelece qual processo e parâmetros devem ser utilizados, assim como quais as máquinas são capazes de executar estes processo, de forma a converter peças (ou matéria prima) de sua situação inicial em final conforme as especificações contidas em um desenho técnico.





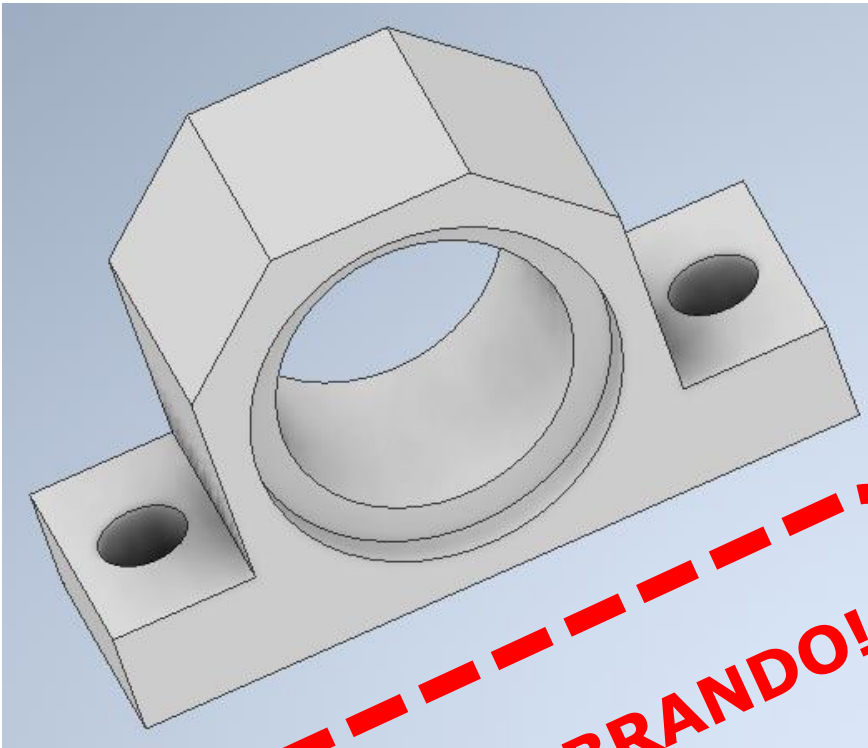
O que é o Planejamento do Processo?

→ É relacionado com a preparação da lista de instruções contendo a seqüências de operações e centros de trabalho necessários a produção de um produto e seus componentes

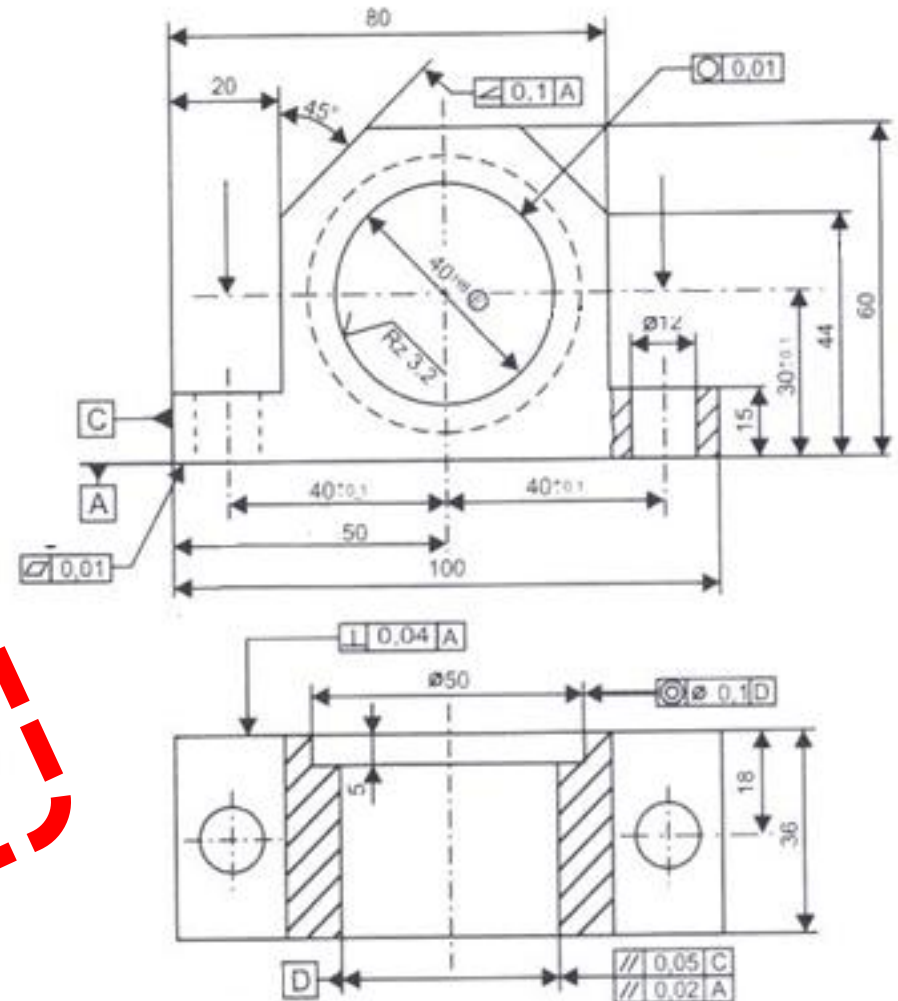




Informações constantes em um desenho de produção

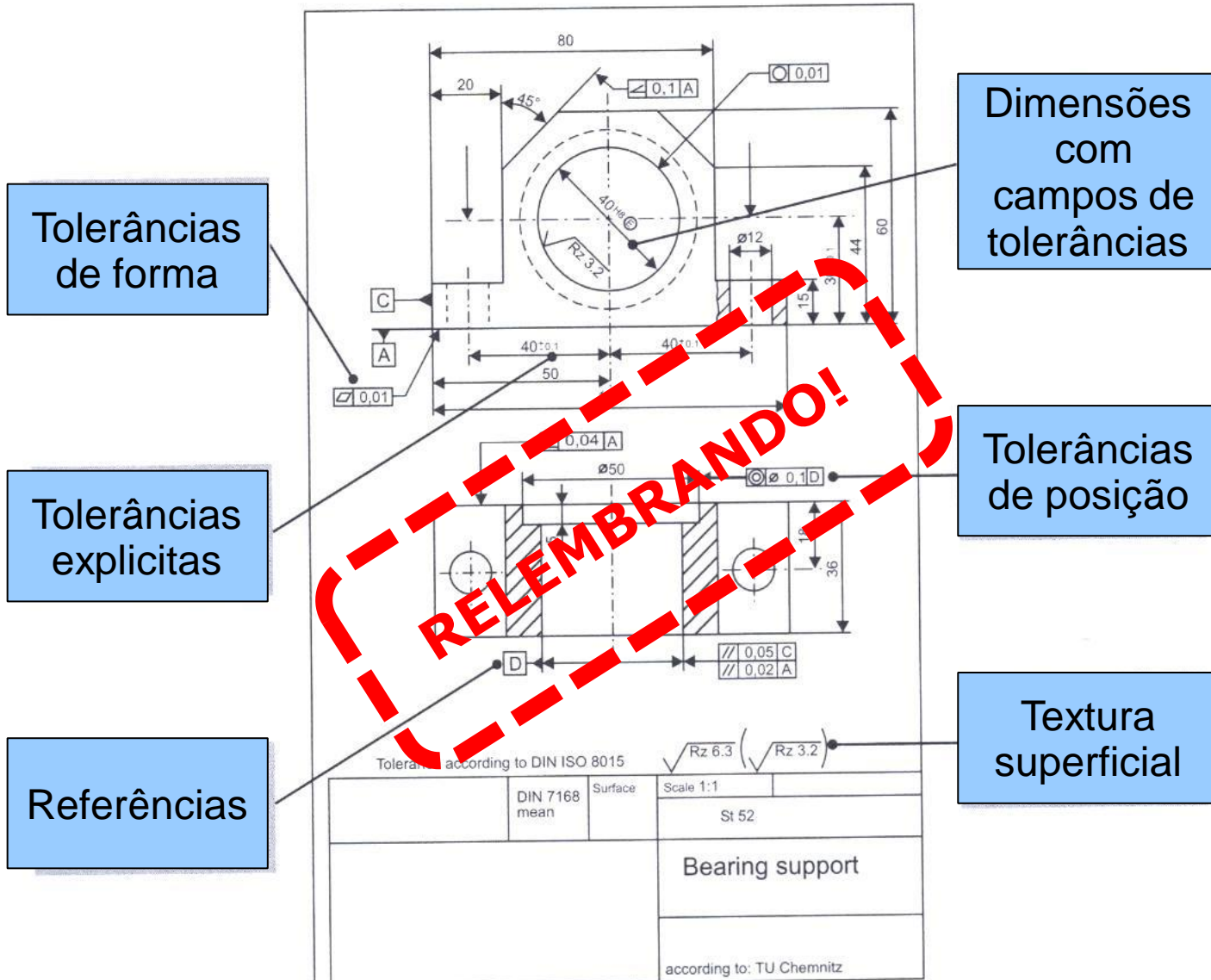


RELEMBRANDO!



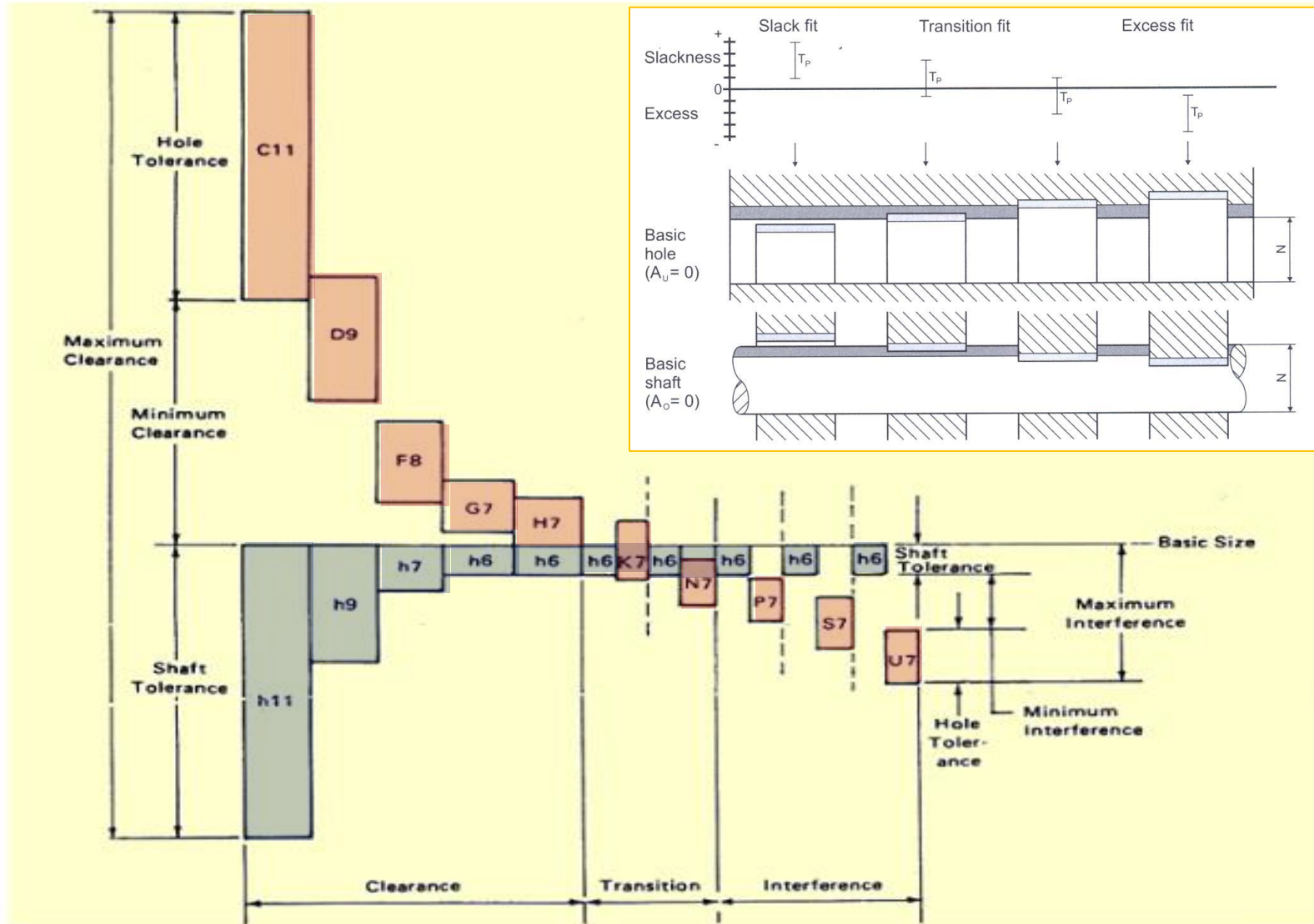


Informações constantes em um desenho de produção



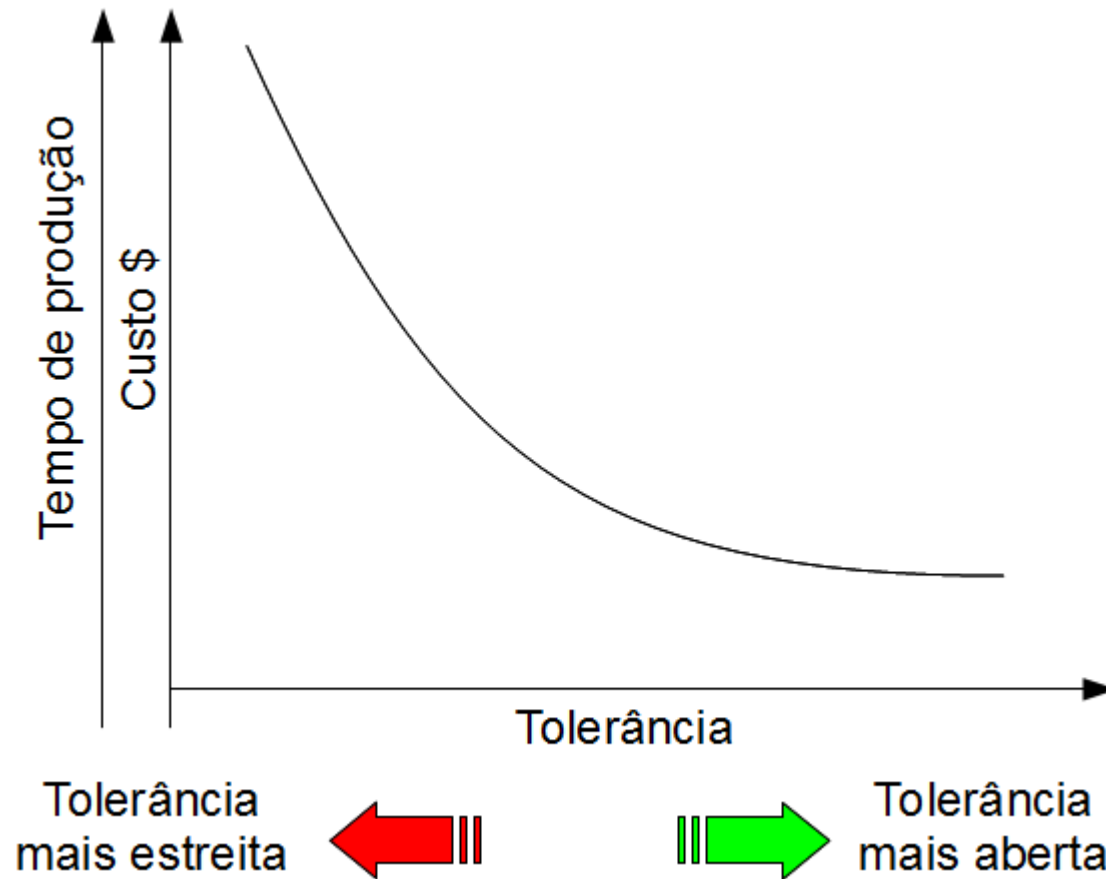


Seleção de tolerâncias



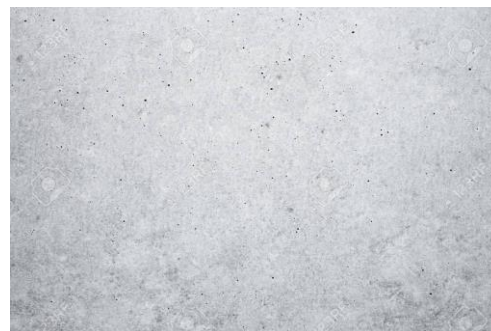
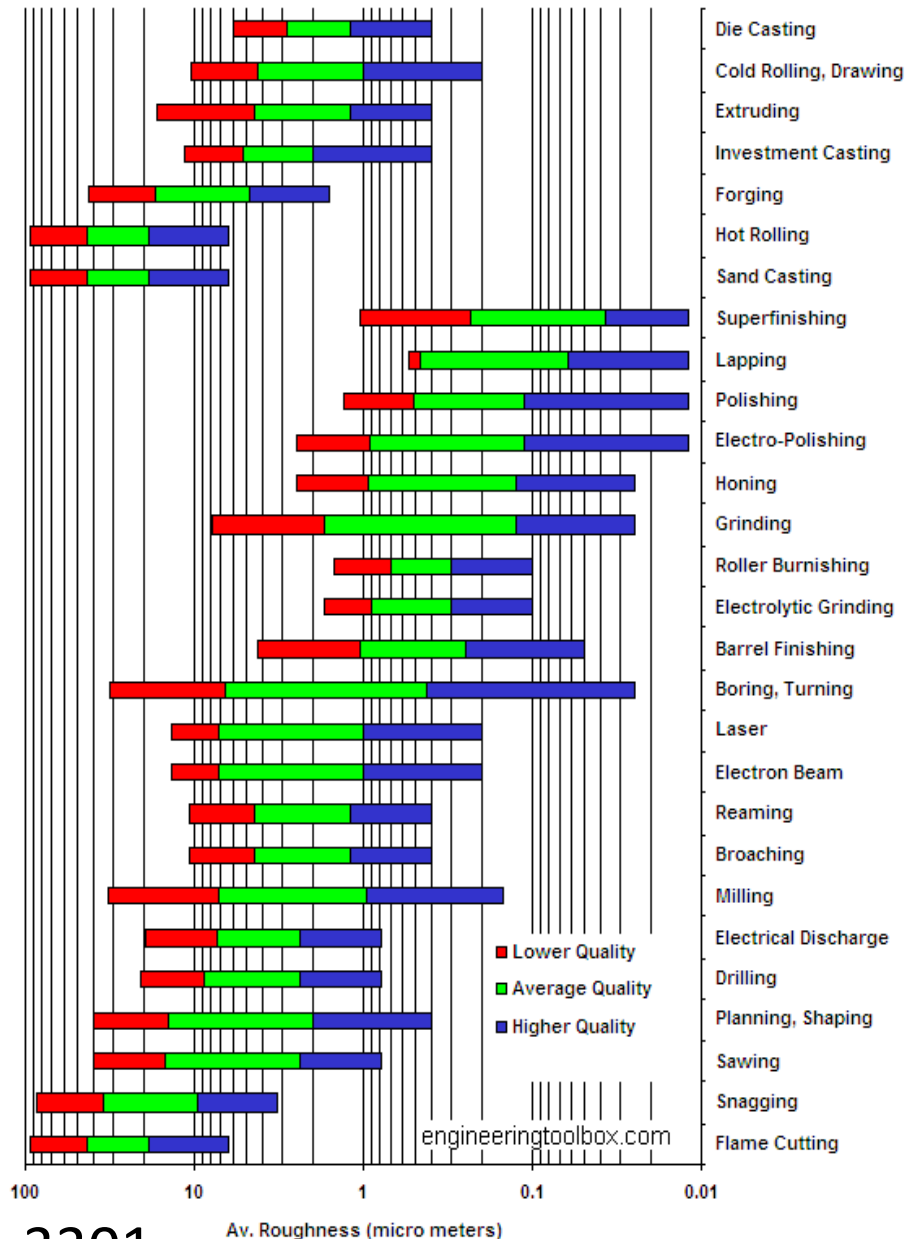


Relação entre custo de fabricação e tolerâncias





Seleção em função da textura superficial





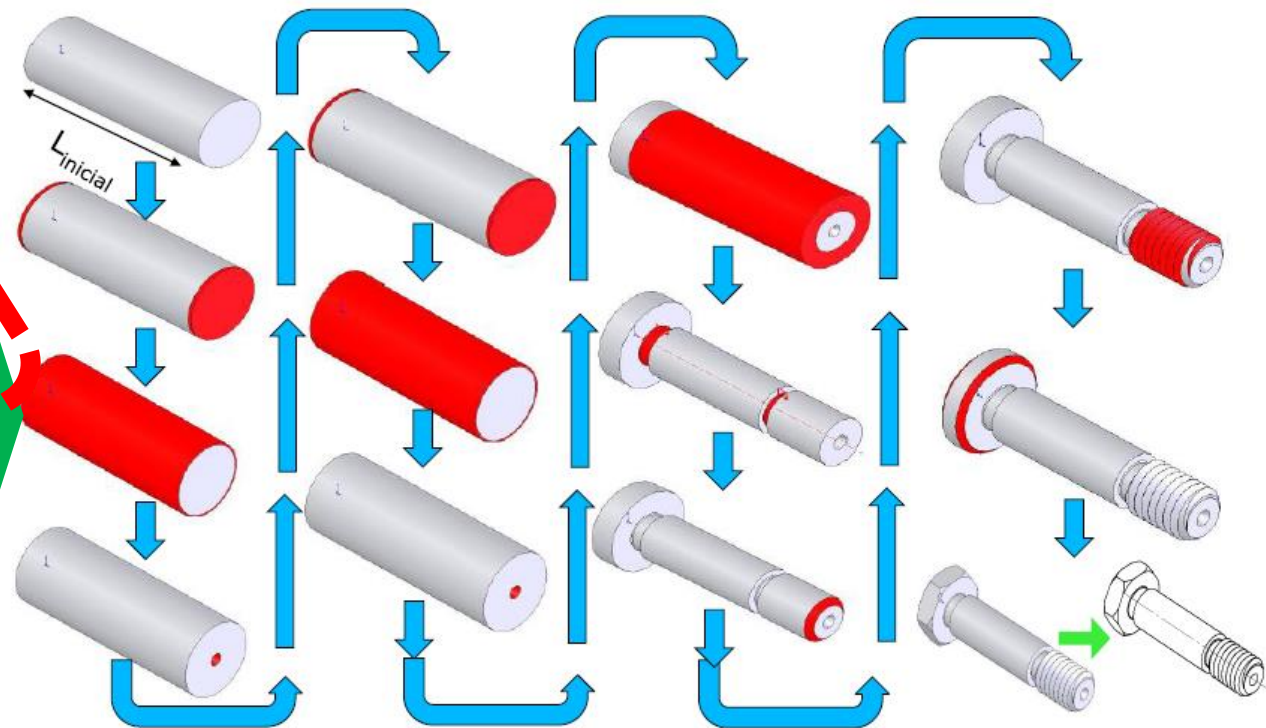
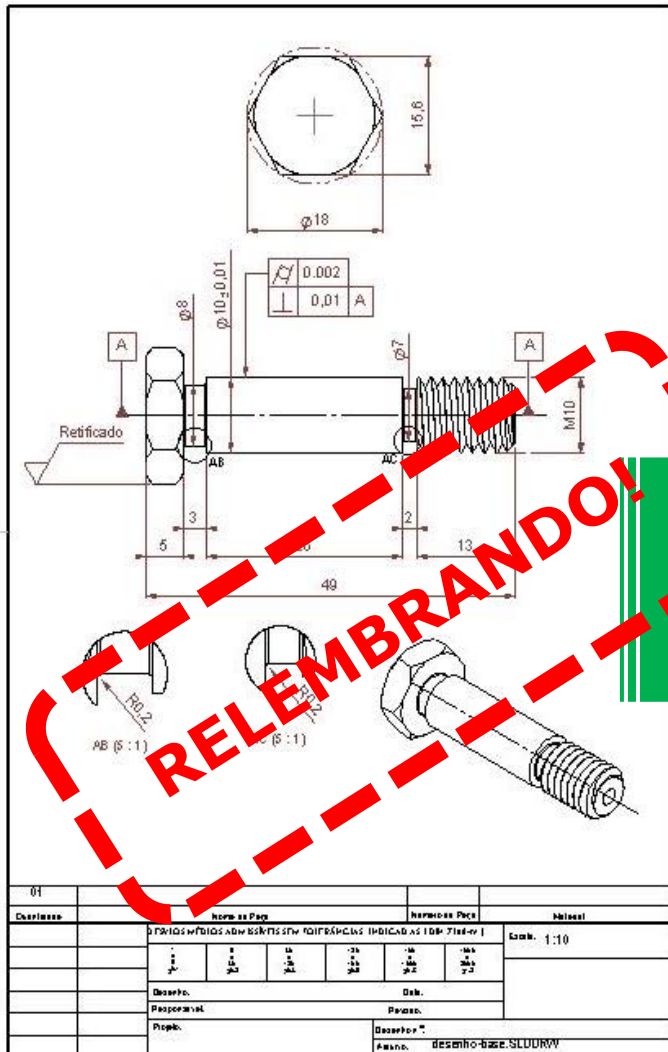
Otimização das condições de corte

- **Definição:** Procedimento cujo objetivo é definir da melhor maneira possível, o valor mais adequado à operação em curso, em função de valores que podem ser pré-determinados ou conhecidos





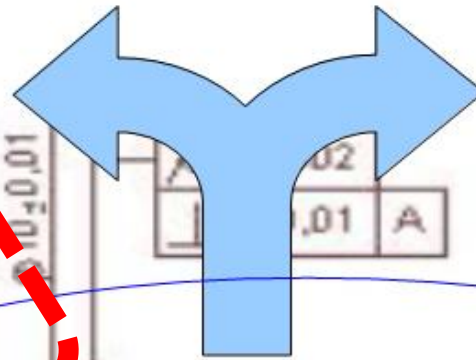
Análise dos desenhos de fabricação



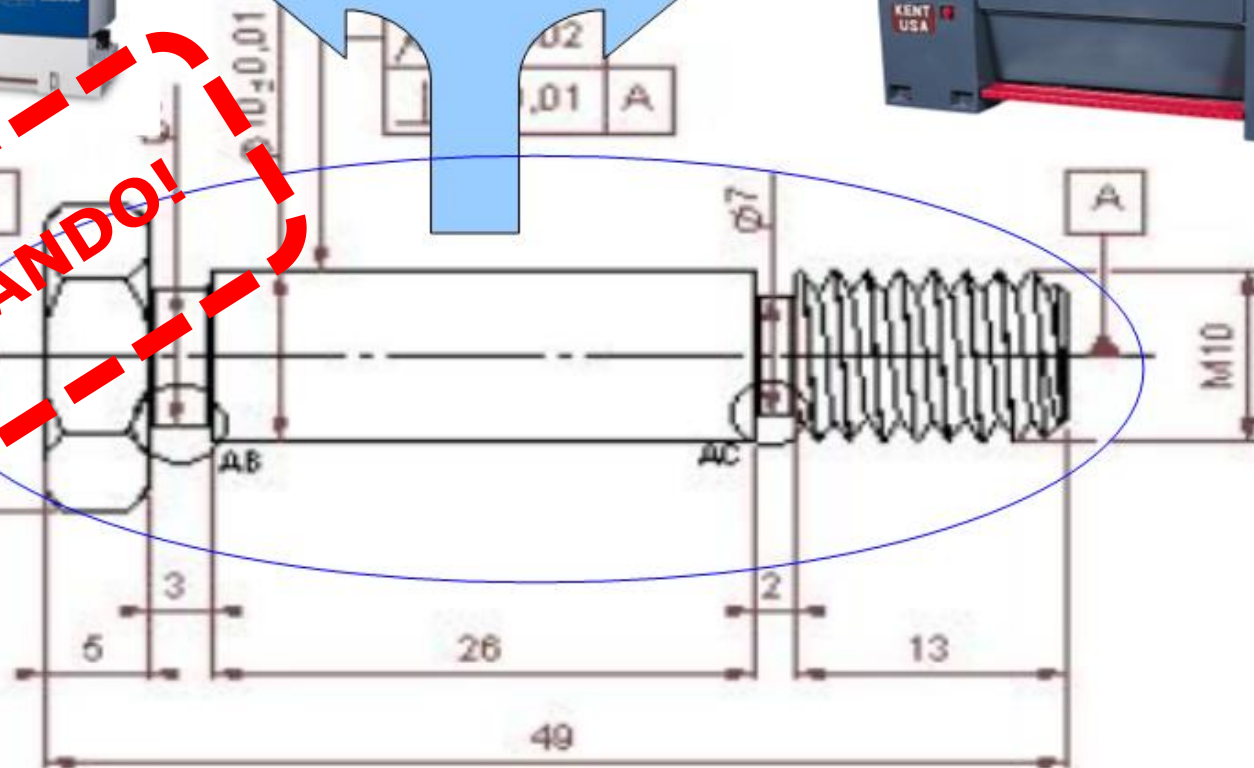


Análise dos desenhos de fabricação

- Tamanho do Lote -



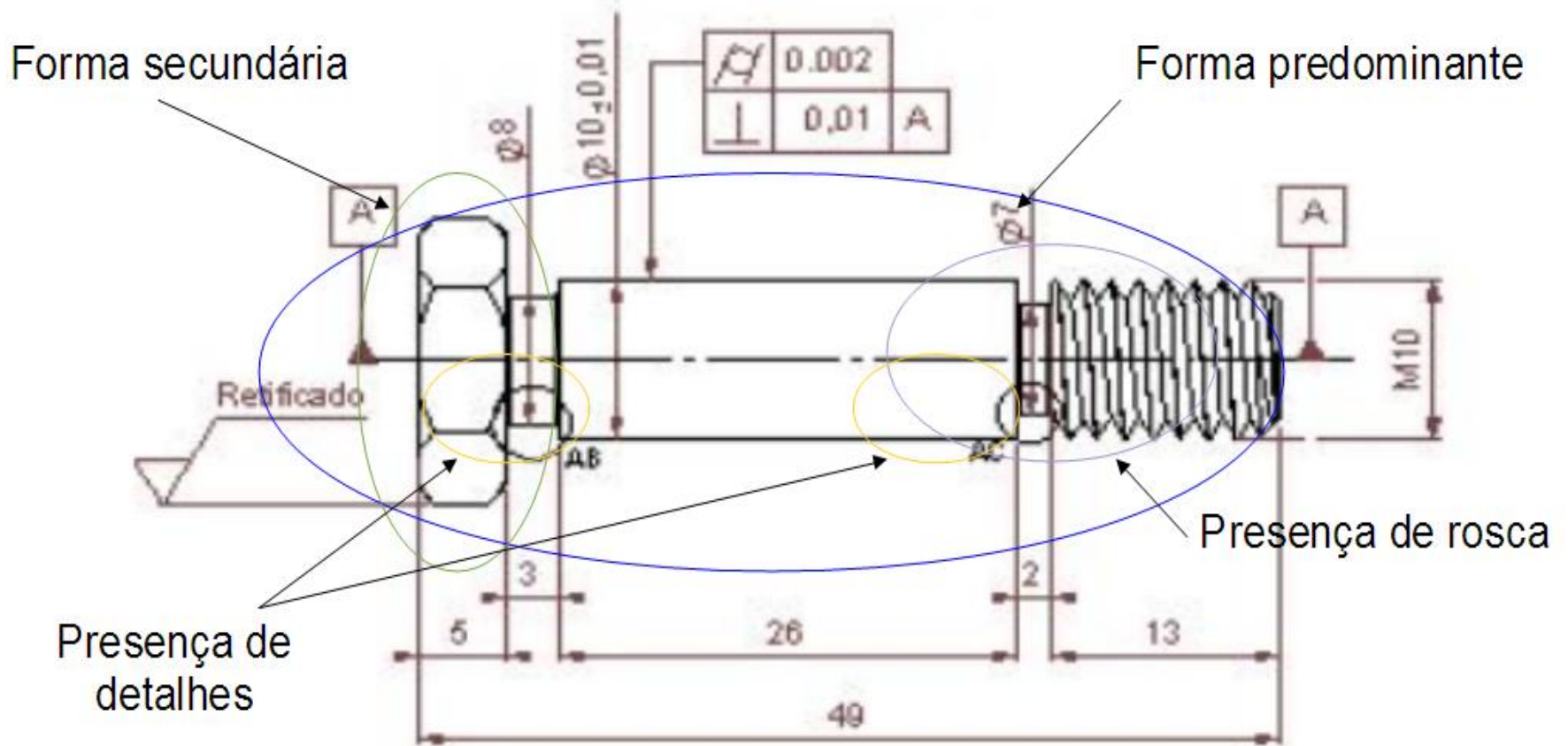
RELEMBRANDO!





Análise dos desenhos de fabricação

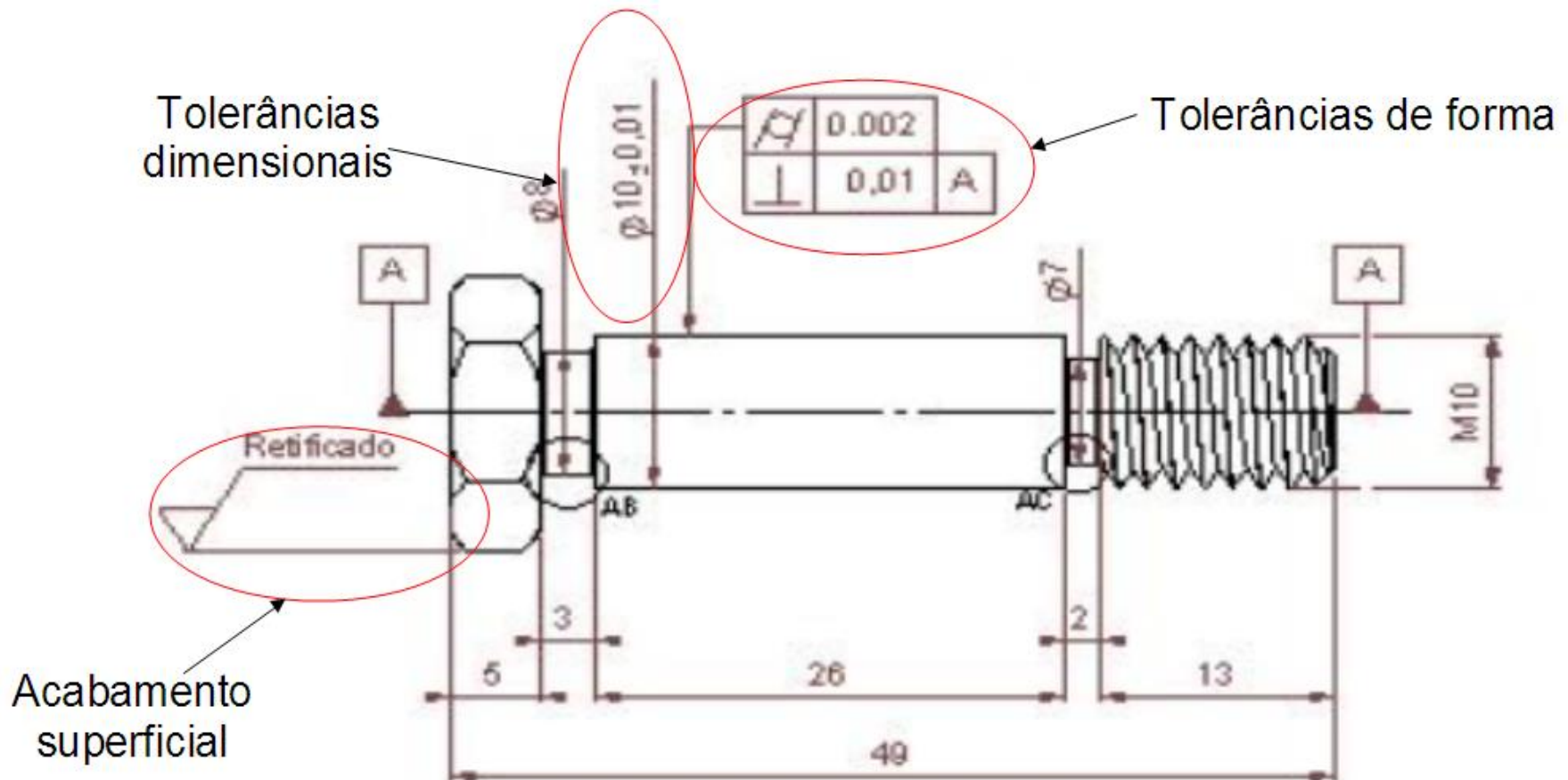
- Geometria -





Análise dos desenhos de fabricação

- Tolerâncias e acabamento -





Análise dos desenhos de fabricação

- Tolerâncias e acabamento -

Tolerâncias dimensionais conforme norma DIN 7168,
se não houver especificação vale a norma

DESVIOS MÉDIOS ADMISSÍVEIS SEM TOLERÂNCIAS INDICADAS (DIN 7168-m)					
1	6	30	120	400	1000
a	a	a	a	a	a
6	30	120	400	1000	2000
$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$



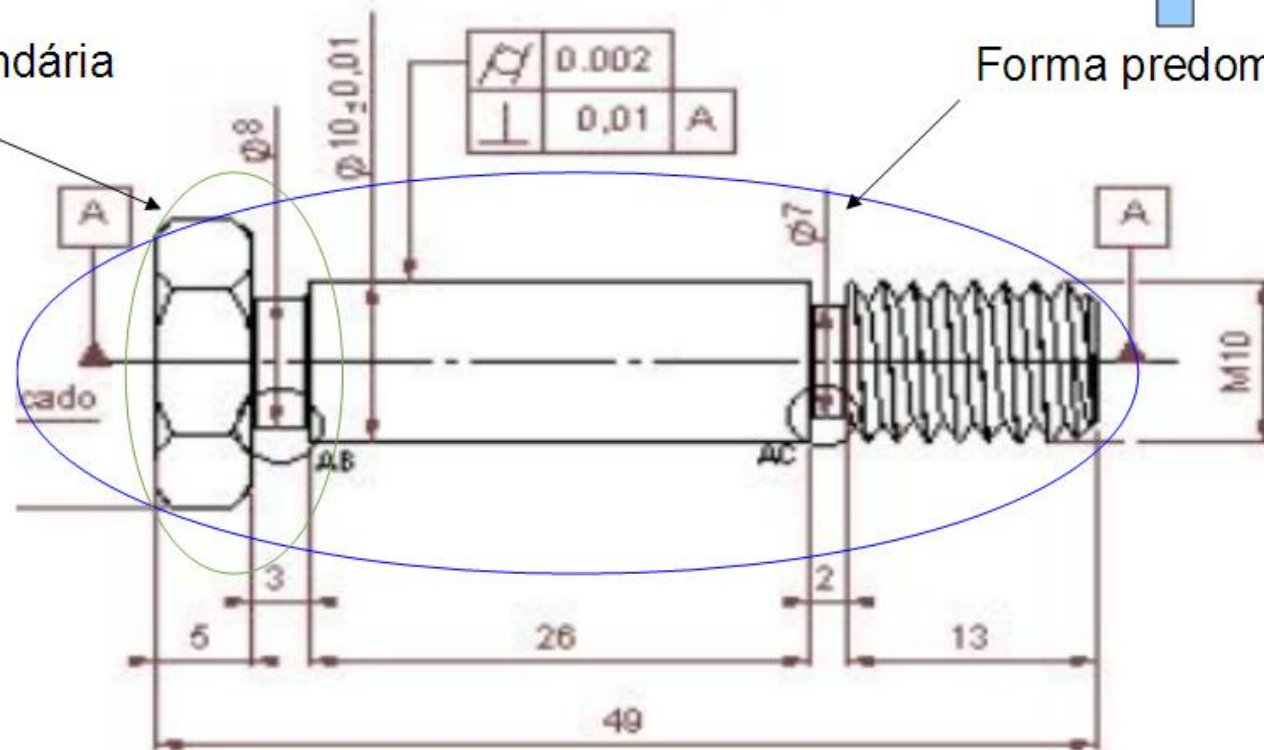
Análise dos desenhos de fabricação

- Geometria -



Forma predominante

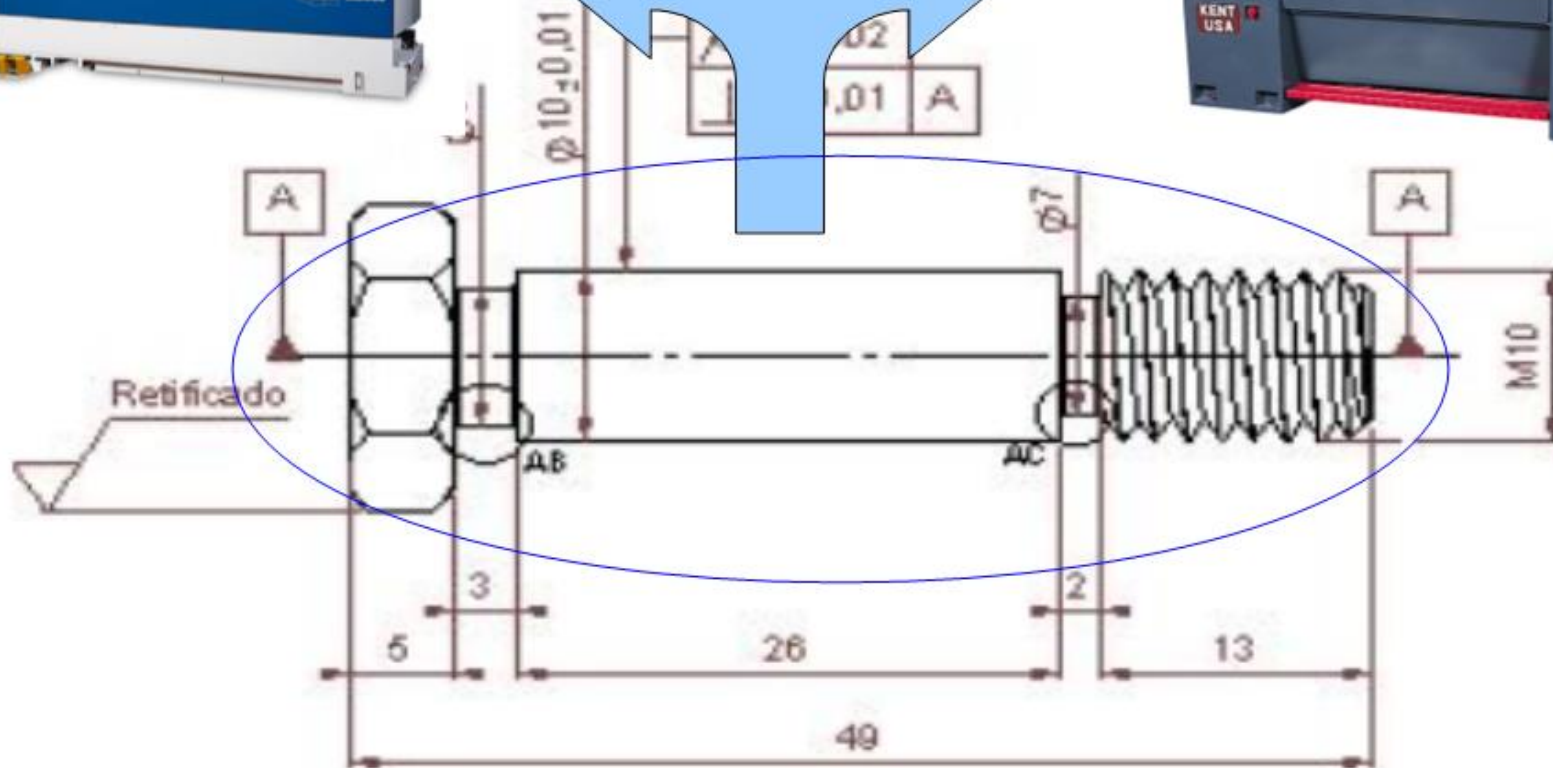
Forma secundária





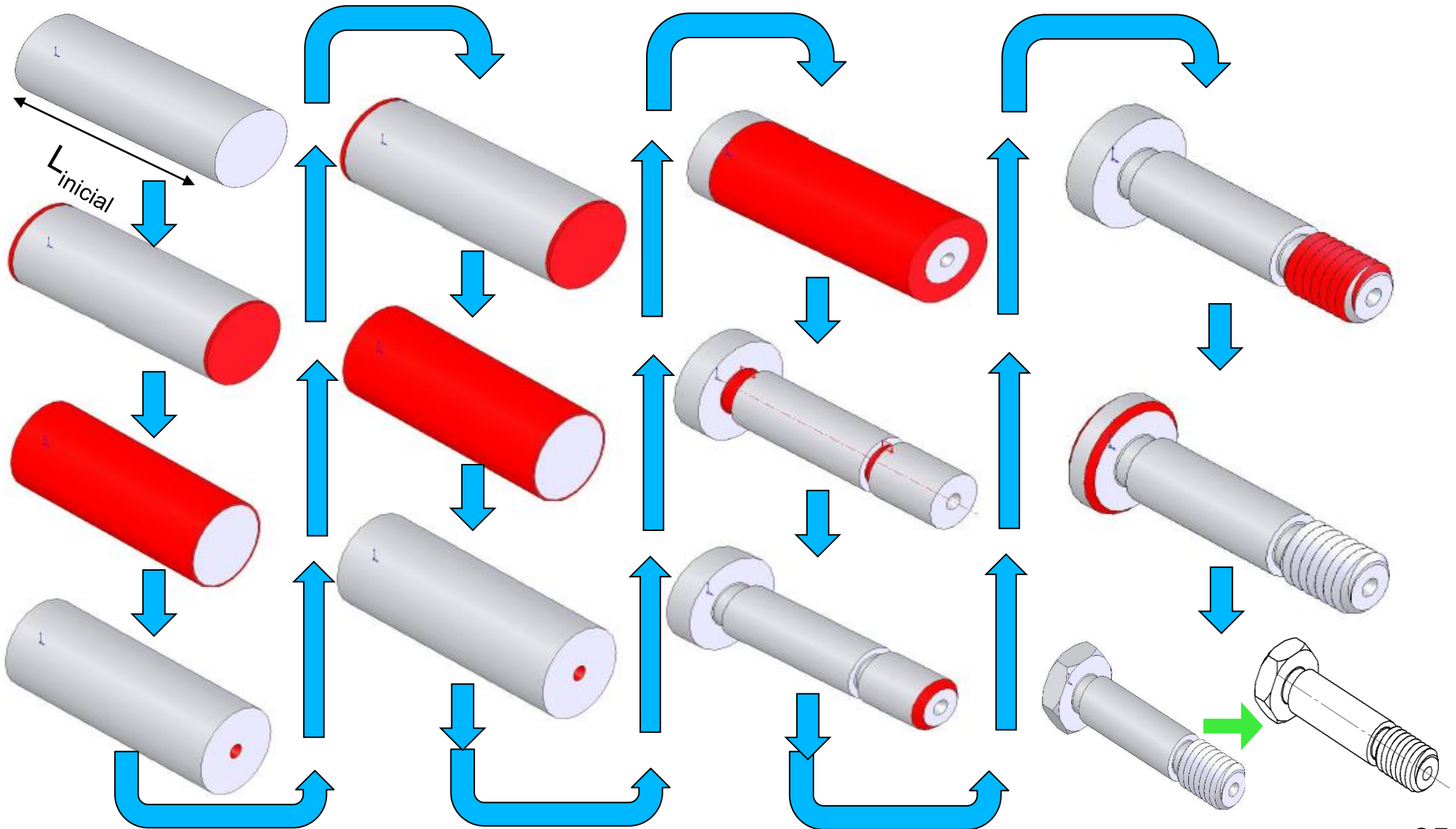
Análise dos desenhos de fabricação

- Tamanho do Lote -



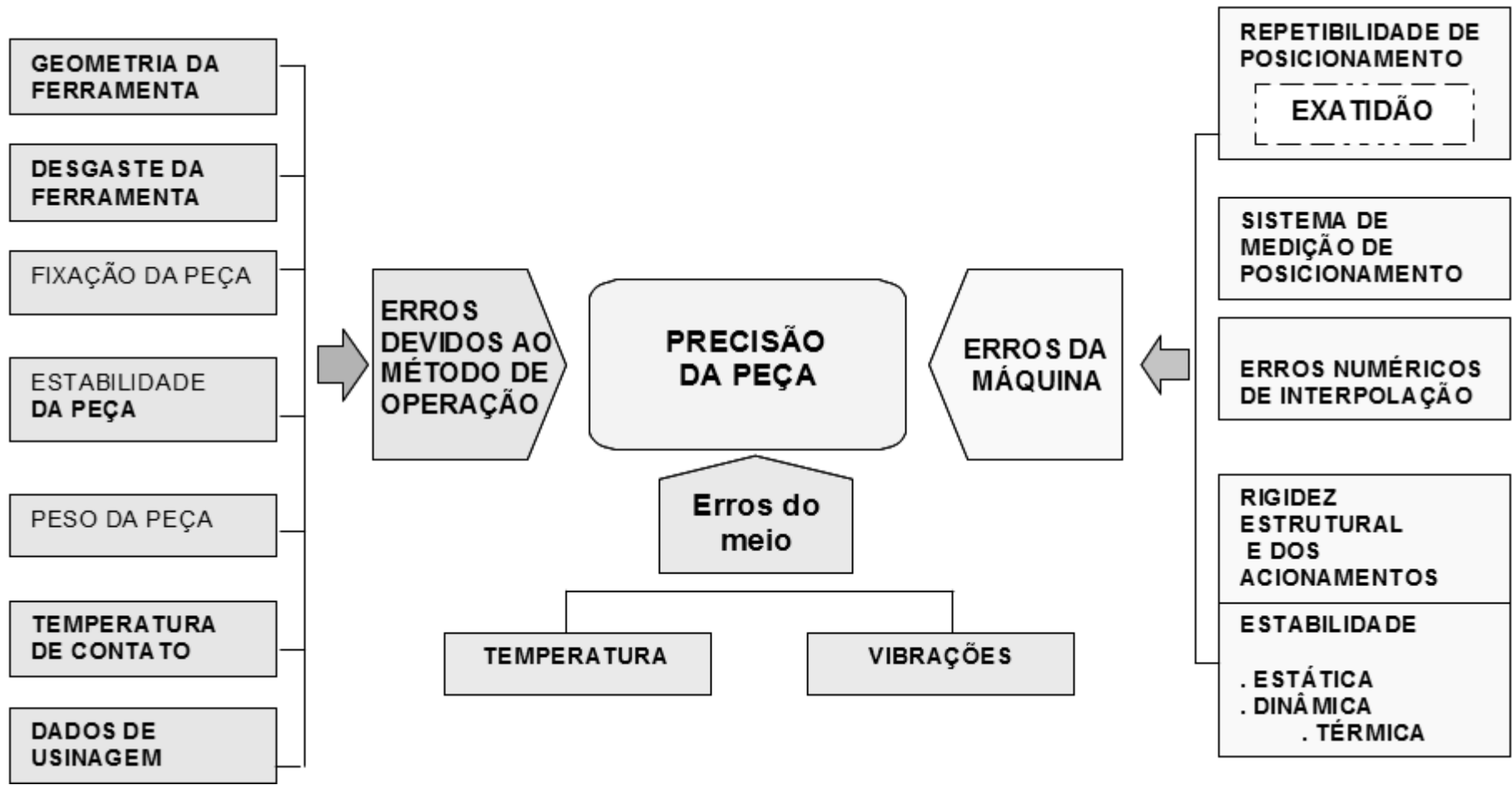


Sequencia de fabricação



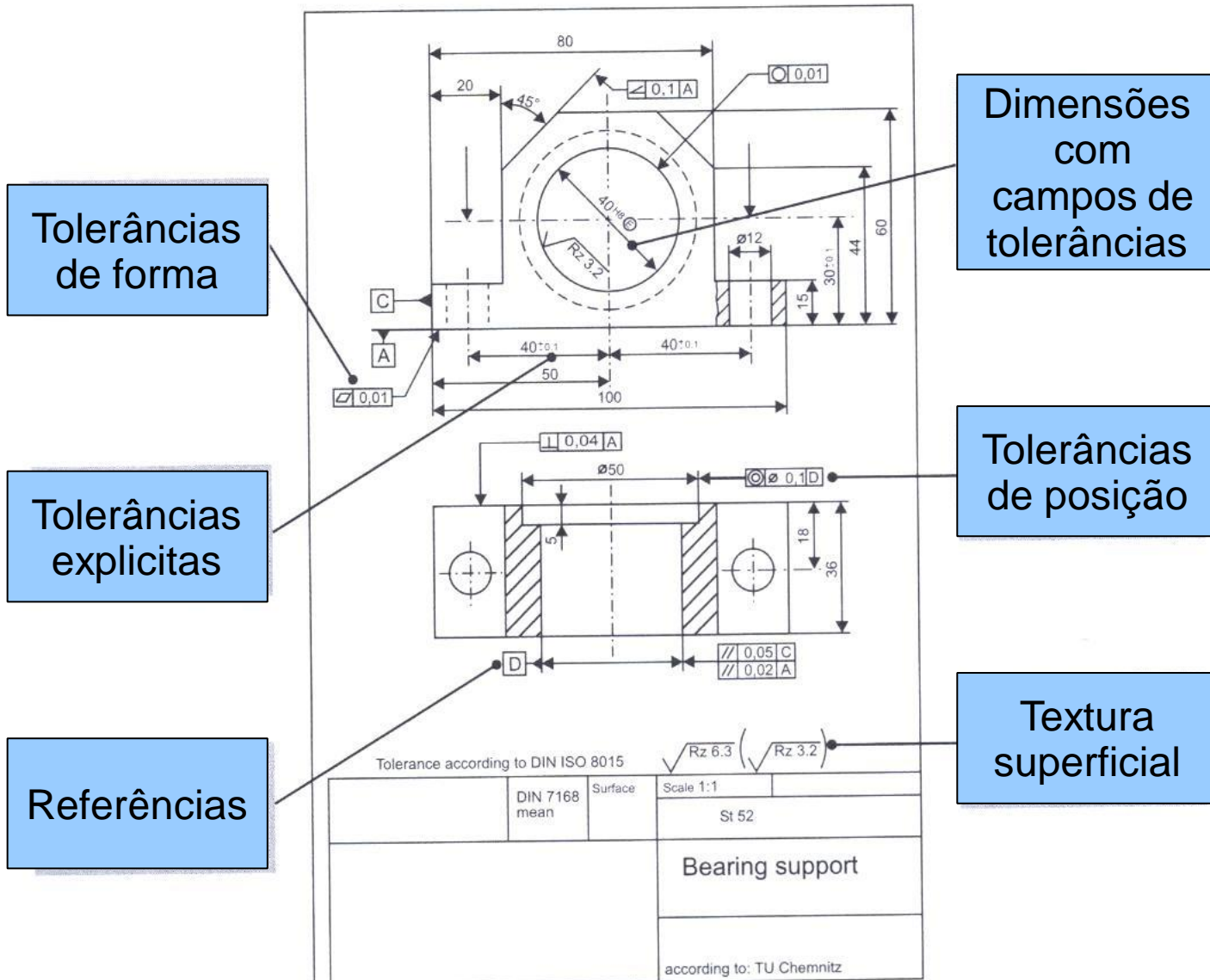


Relações que envolvem a qualidade de uma peça usinada





Informações constantes em um desenho de produção



Tolerâncias de forma

Tolerâncias explícitas

Referências

Dimensões com campos de tolerâncias

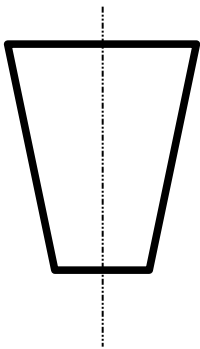
Tolerâncias de posição

Textura superficial

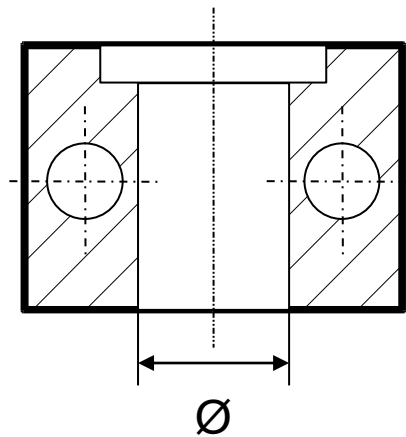


Análise Geométrica

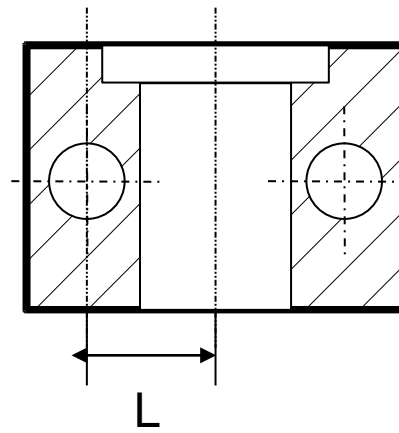
FORMA



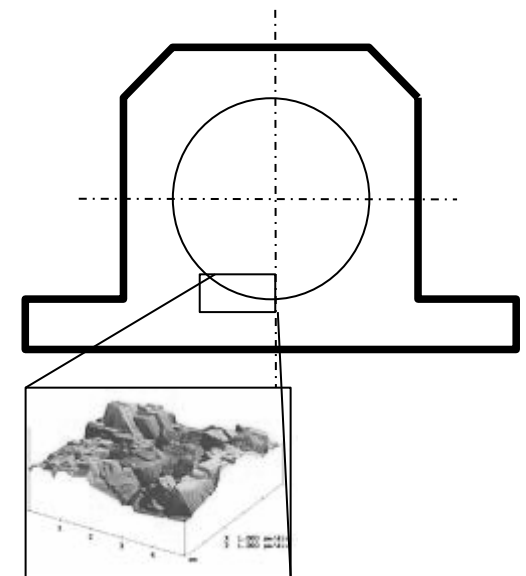
DIMENSÃO



POSIÇÃO



TEXTURA





Fundamentos de metrologia





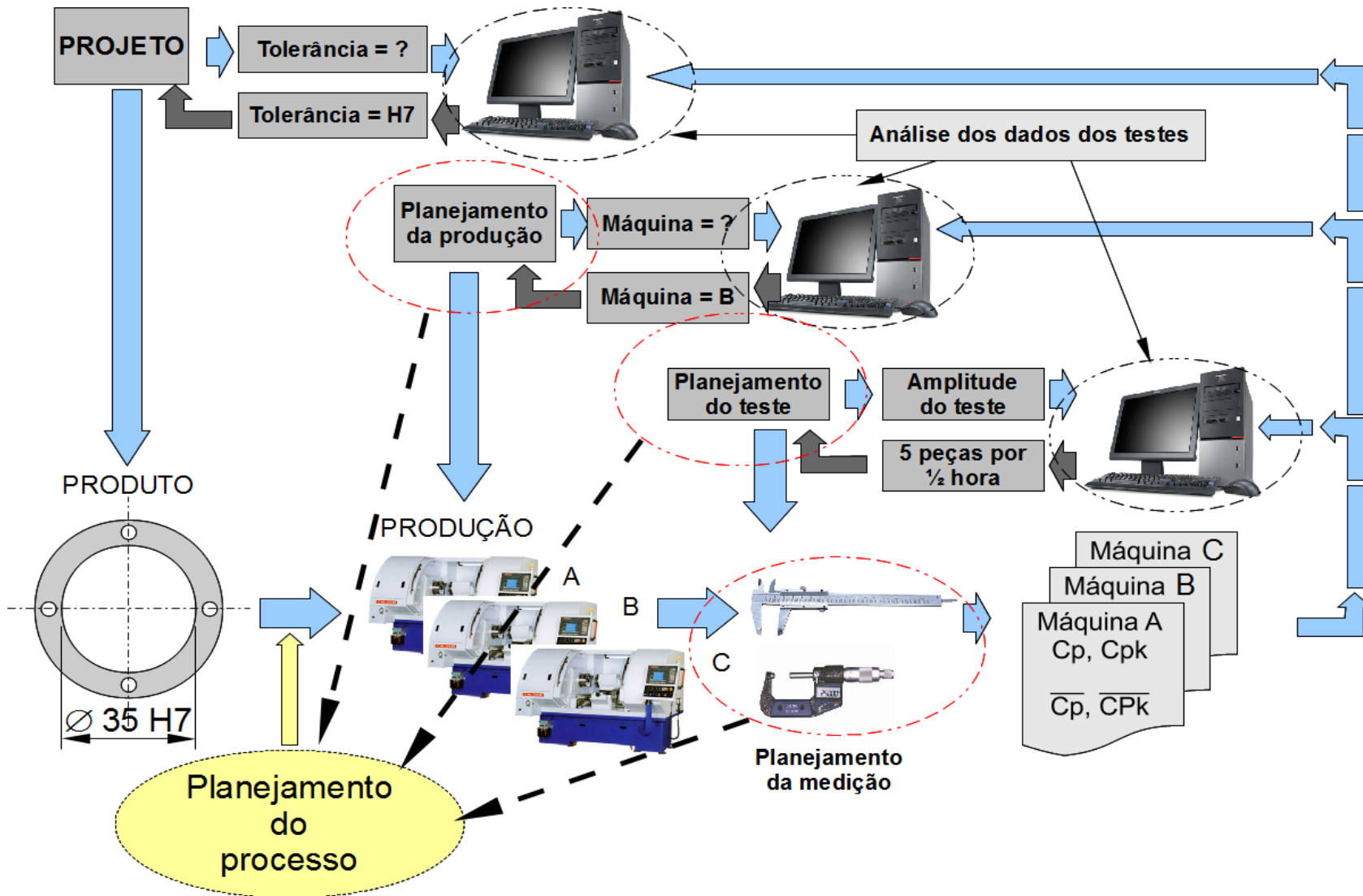
Testes e medições dentro da metrologia industrial



90% dos testes realizados dentro da Metrologia Industrial são Testes Geométricos

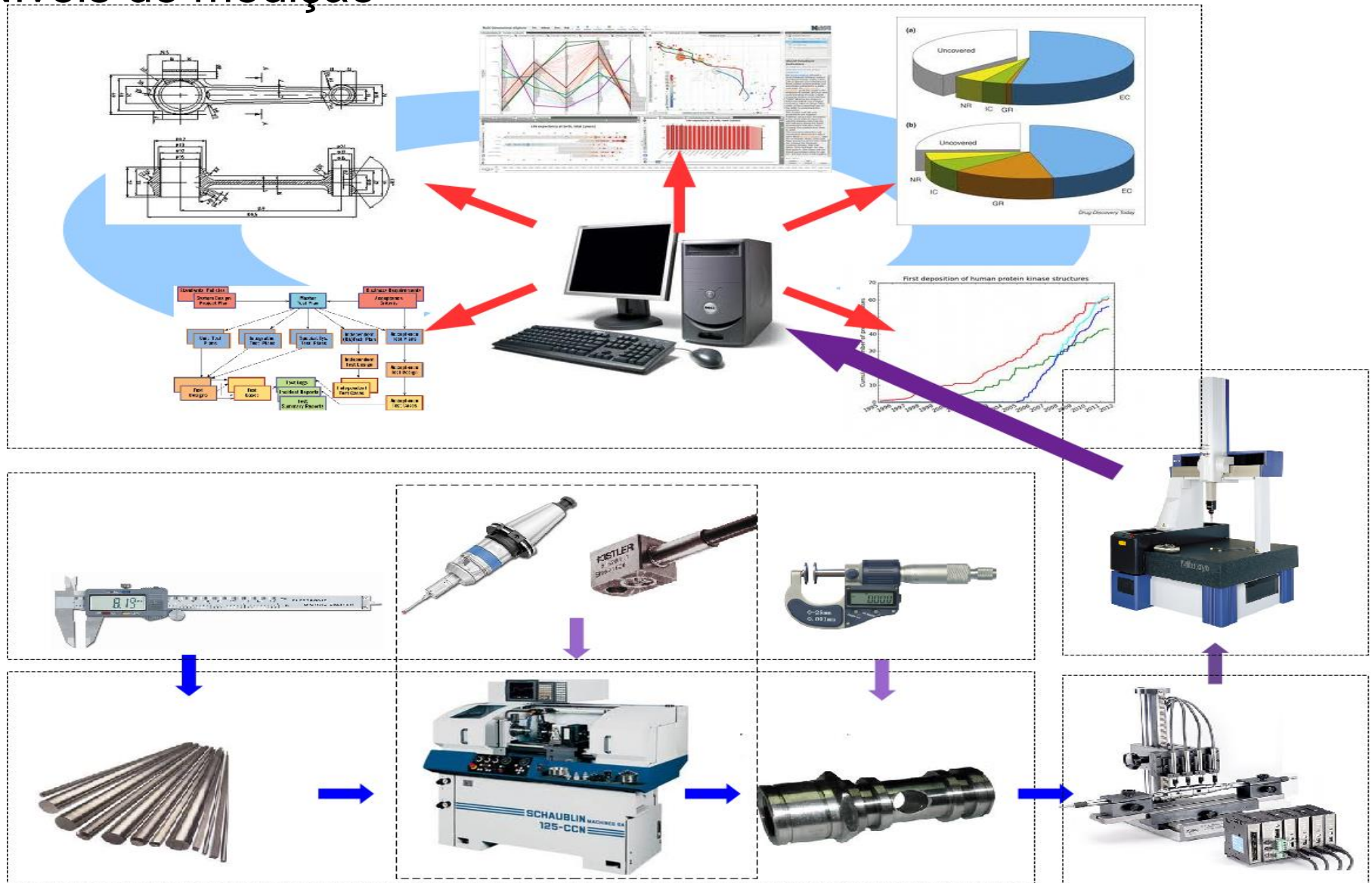


Controle do processo e medição no planejamento do processo



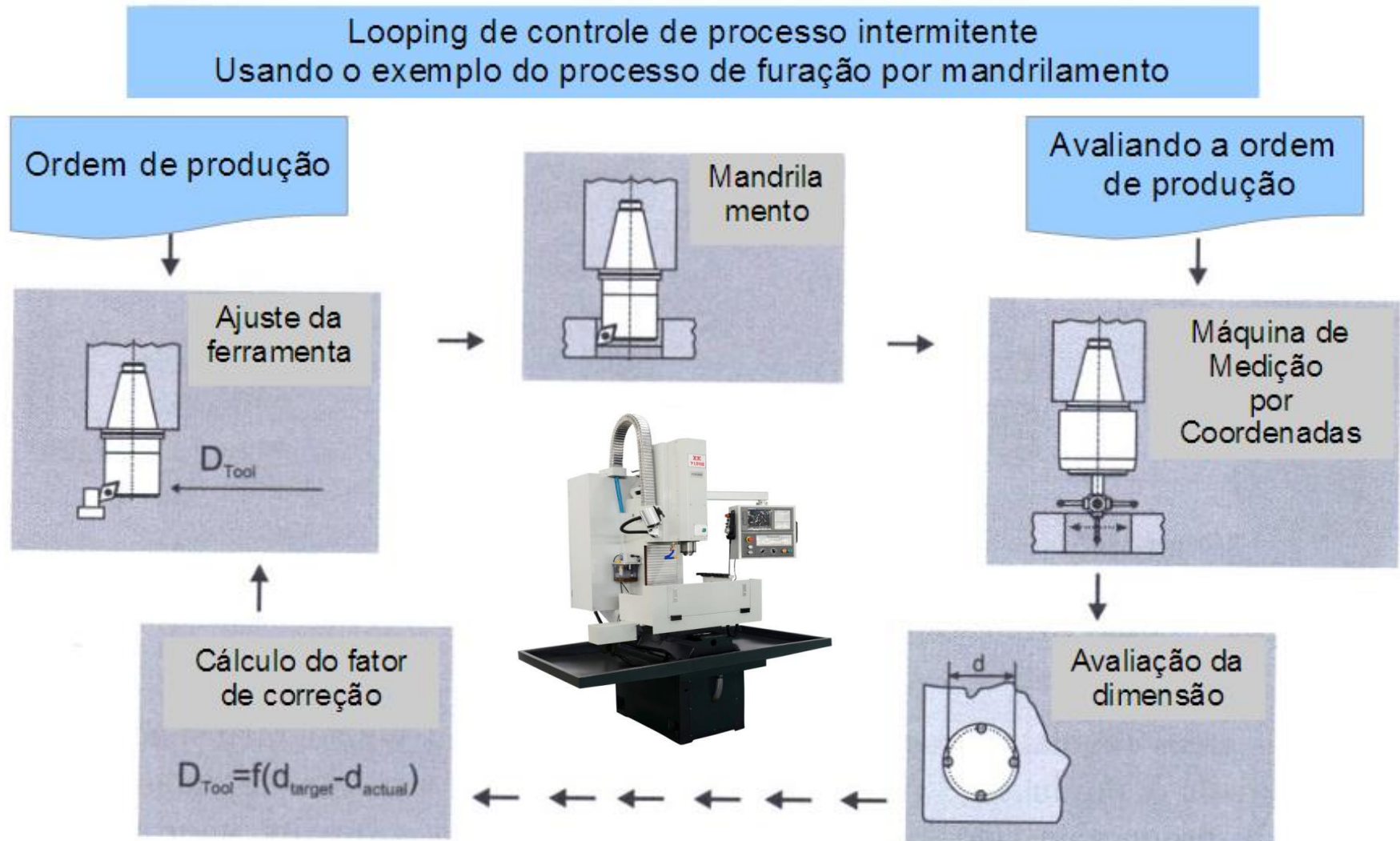


Níveis de medição





Medição em processo e o planejamento do processo



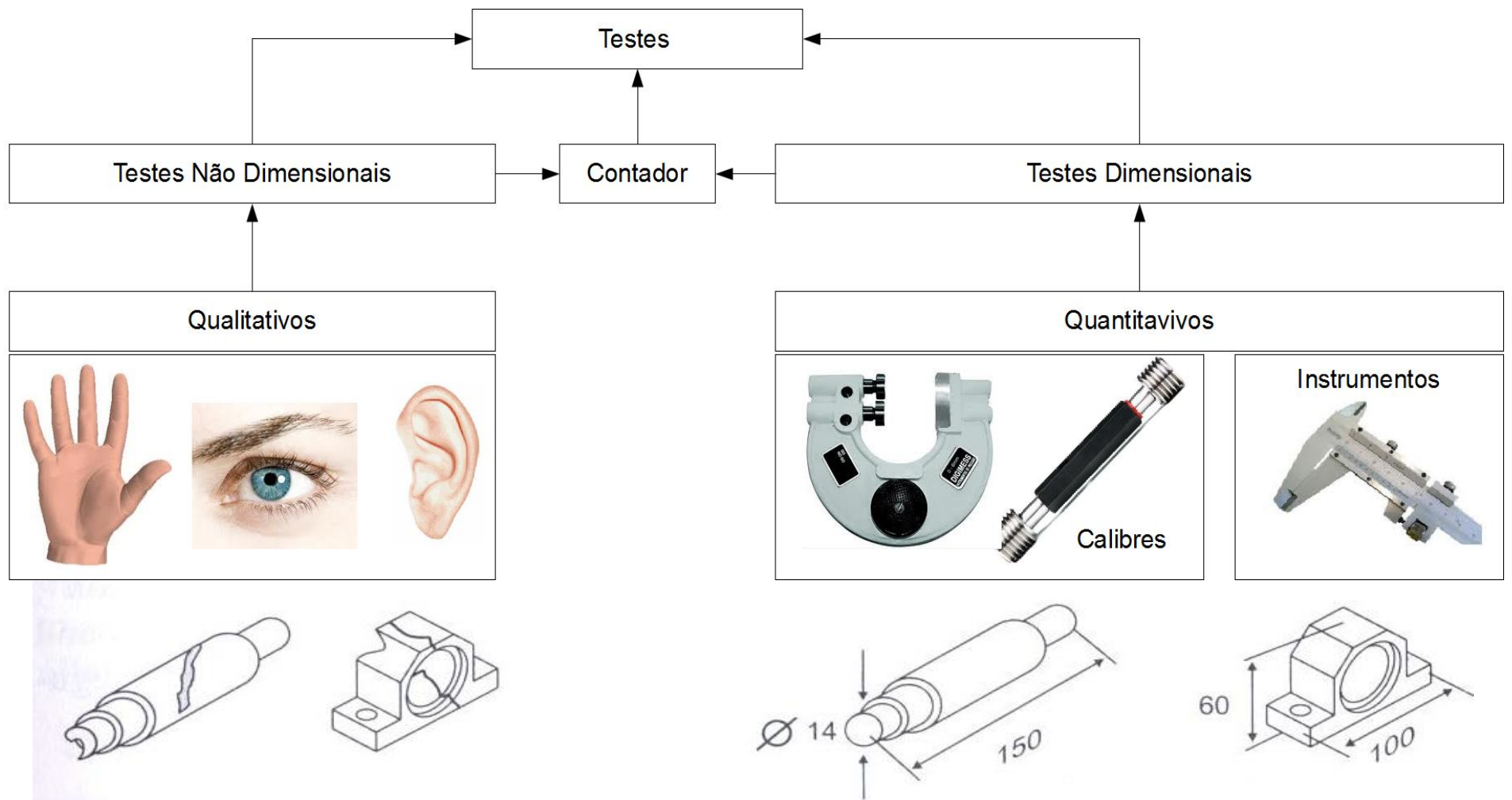


Controle do processo





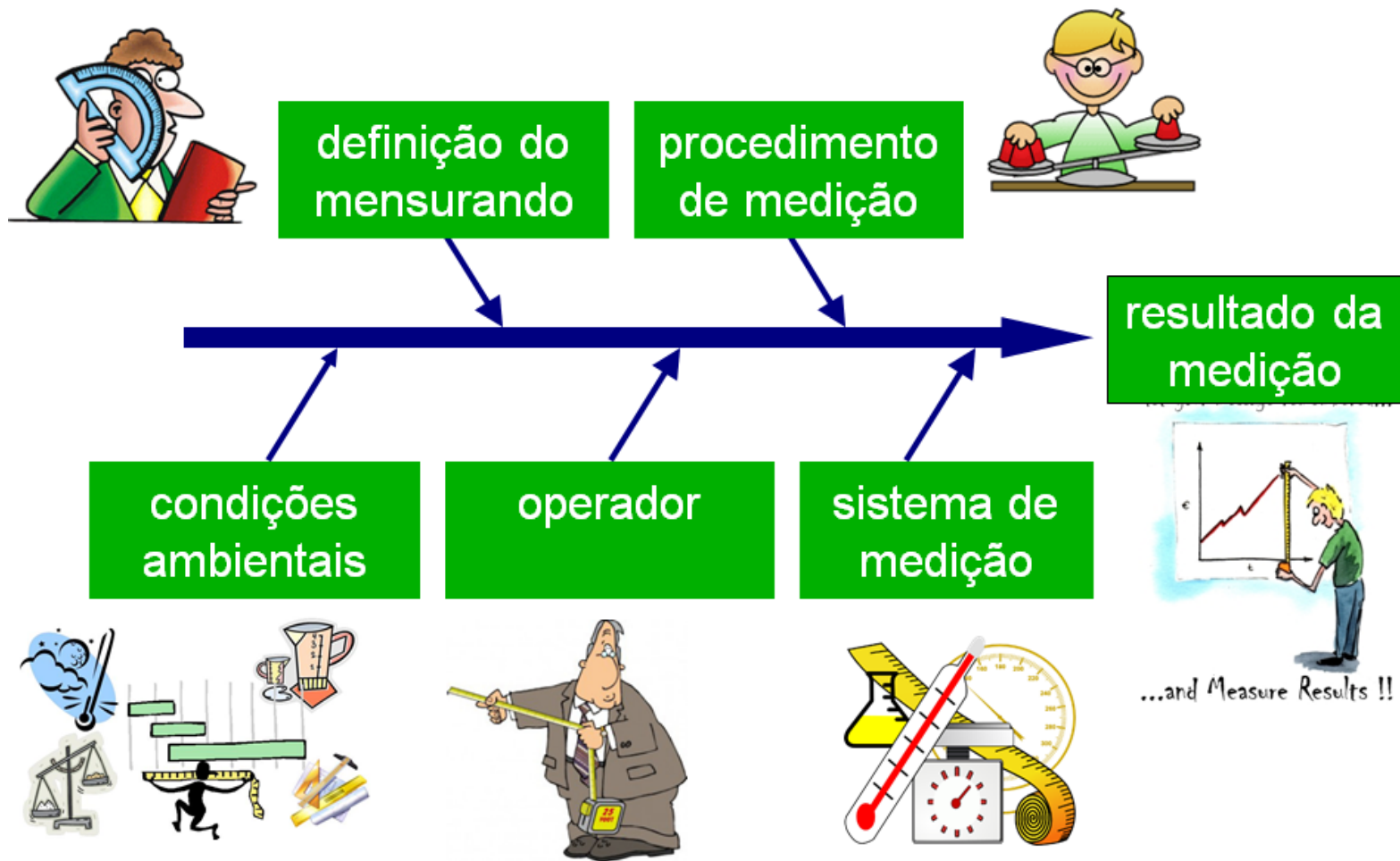
Formas do controle do processo



35

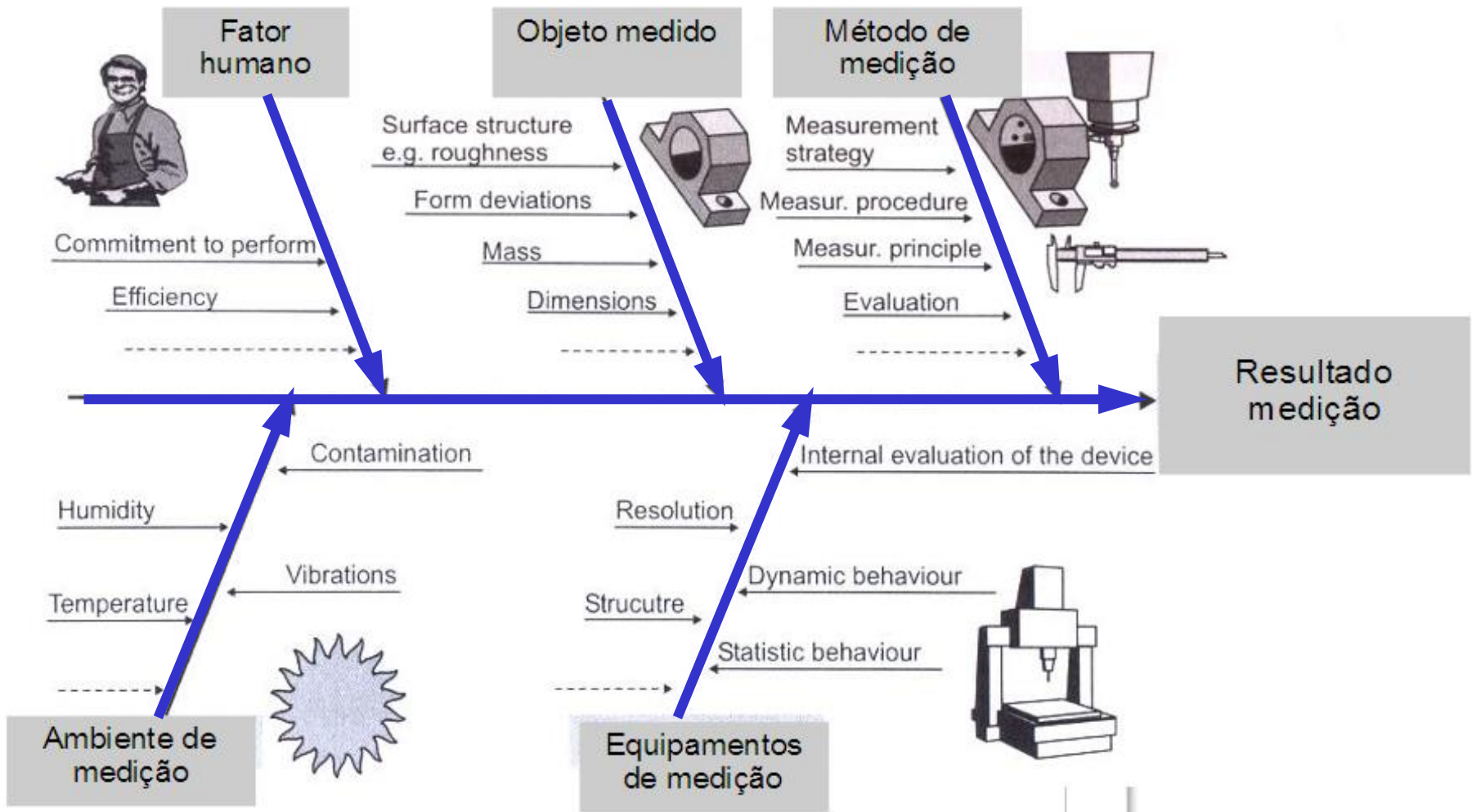


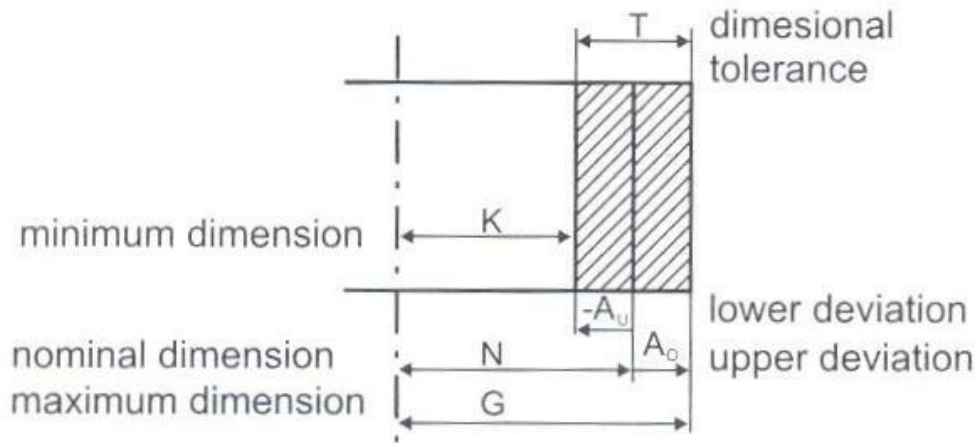
Relações que envolvem a qualidade de medição de uma peça



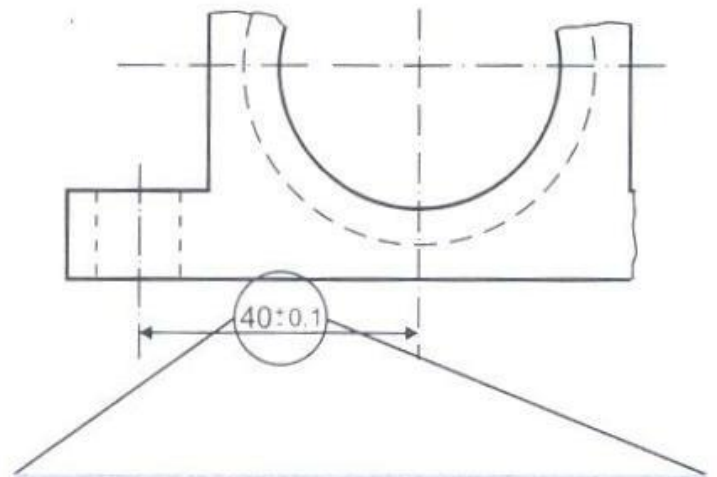


Influências no processo de medição processo





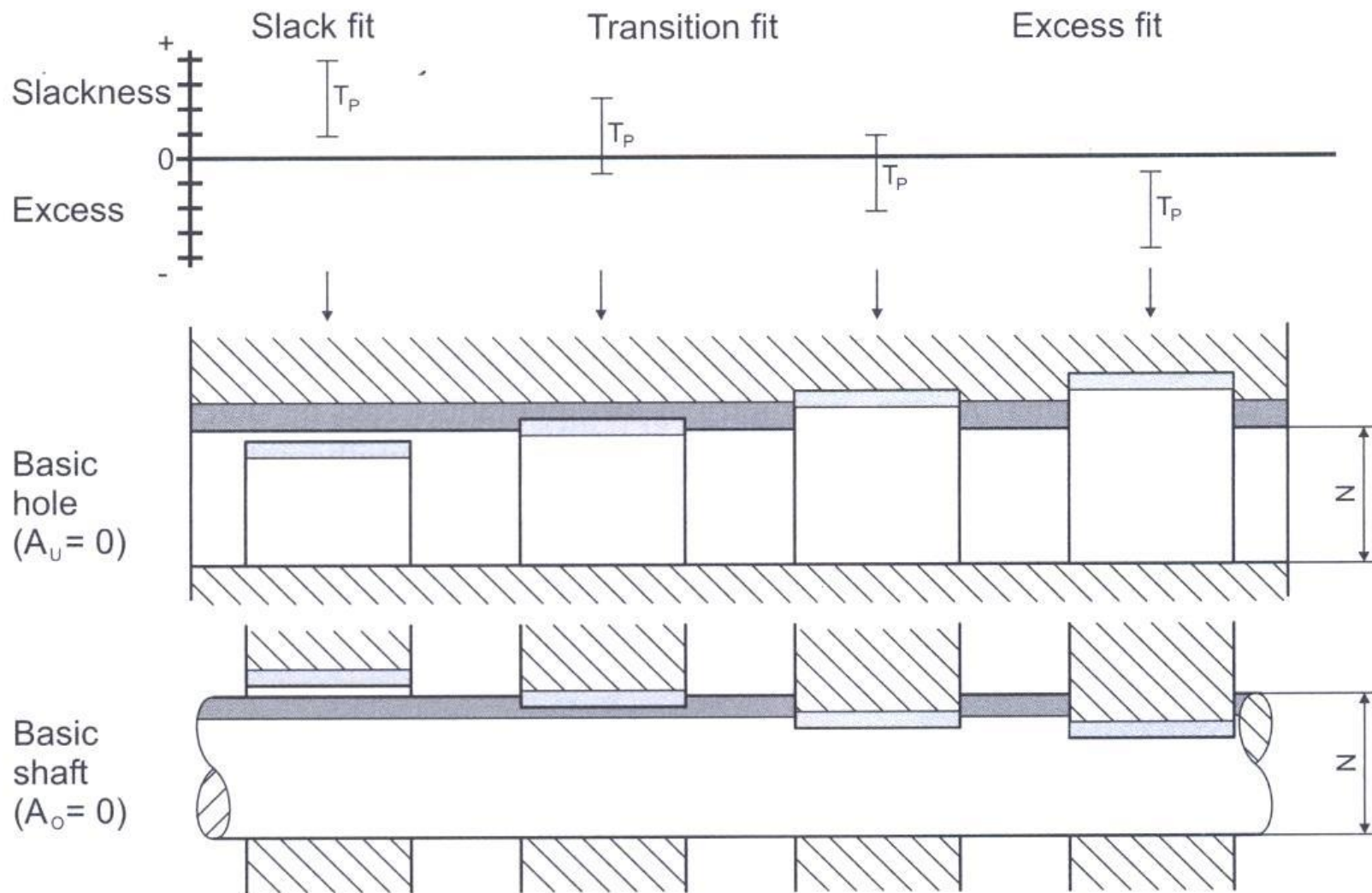
drawing specification:
 generally: $N \begin{matrix} A_o \\ -A_u \end{matrix}$
 special case:
 ($A_o = -A_u = A$) $N \pm A$



nominal dimension : $N = 40,0$
 upper deviation : $A_o = 0,1$
 lower deviation : $A_u = -0,1$
 minimum dimension : $K = N + A_u = 39,9$
 maximum dimension : $G = N + A_o = 40,1$
 dimensional tolerance: $T = G - K = 0,2$

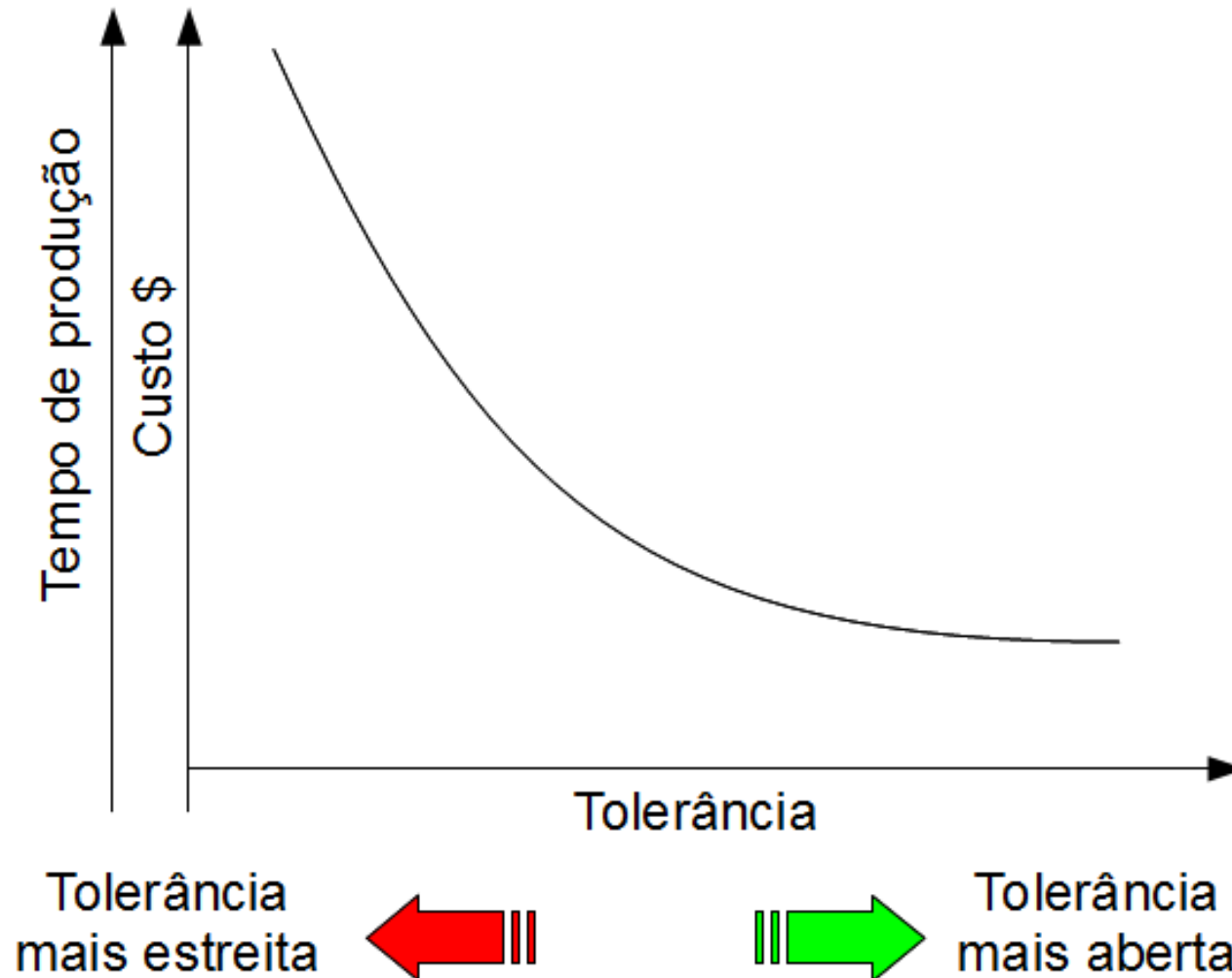


Tolerâncias dimensionais





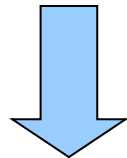
Relação entre custo de fabricação e tolerâncias





Origem do Controle do Processo

Bell Telephone e
Western Electric (~1930)



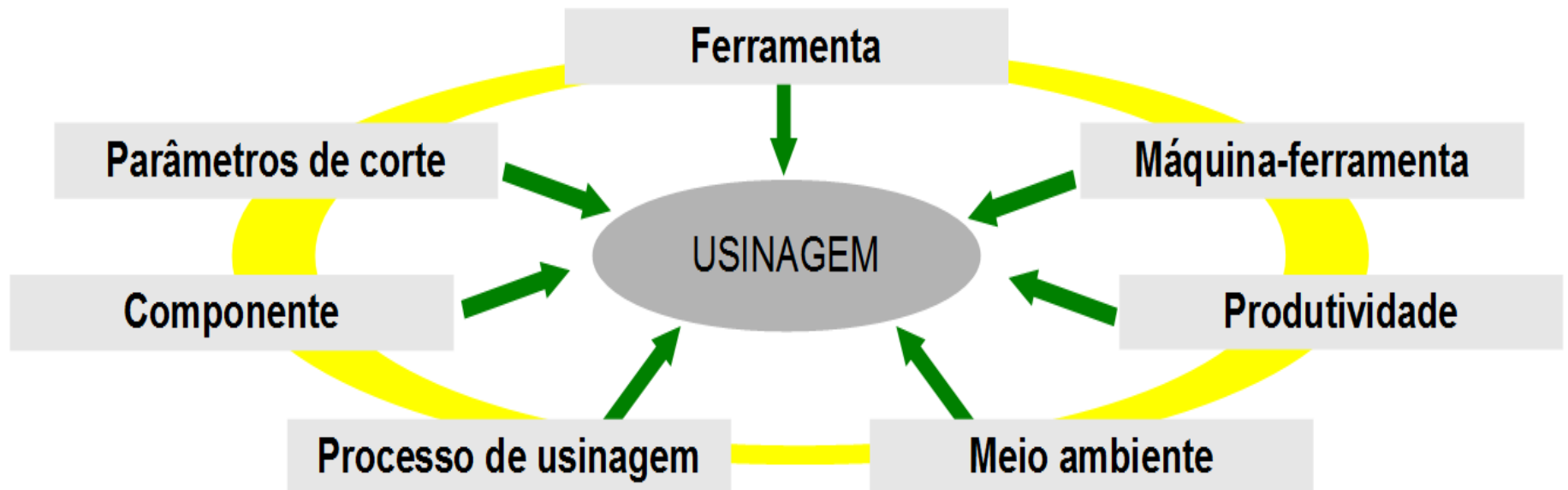
Necessidade de Aprimorar a
uniformidade de peças
manufaturadas em uma
linha de produção.



Walter Andrew Shewhart
Cartas de Controle



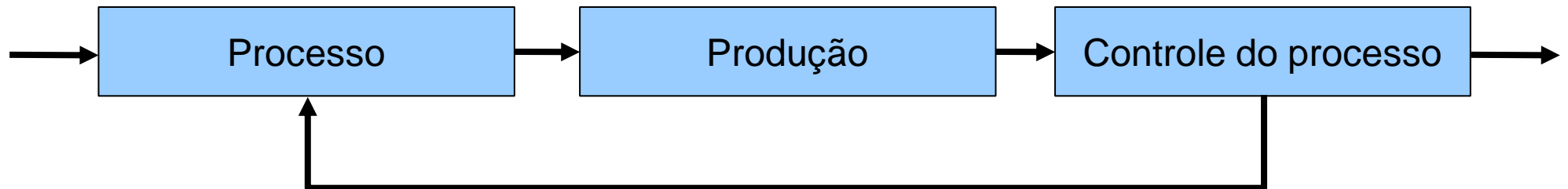
Fatores de influência na produção





Controle do Processo e CAPP

- O controle estatístico do processo ocorre após este estar em regime de produção, e serve para realimentar o processo estabelecido.
- Permite uma otimização do mesmo.





Controle do Processo

- São métodos estatísticos aplicados com o propósito de controlar a qualidade e melhoria do processo.
- É uma das áreas com maior aplicação da estatística



Controle do Processo

“In God we trust. ... all others must bring data.” -

Máxima estatística

- PCP é um dos métodos que permitem direcionar a tomada de decisões
- PCP é uma das chaves qualitativas que permite o auxílio dos esforços de melhoria



Porque controlar o processo?

- Para monitorar e melhorar o desempenho do processo no tempo e estudar suas variações e suas origens.
- Quais outras razões?



O que o controle faz?

- Foca a atenção na detecção e monitoramento das variações do processo no tempo.
- Distingue variações ocasionais das comuns, guiando ações pontuais de gerenciamento
- Serve de ferramenta no controle do processo
- Suporta a melhoria do desempenho do processo de forma consistente e previsivelmente para alta da qualidade, menor custo e melhor eficiência
- Provem uma base comum para discussão do desempenho do processo



Planilha de Controle do Processo

Existem muitos tipos de planilhas de controle de processo.

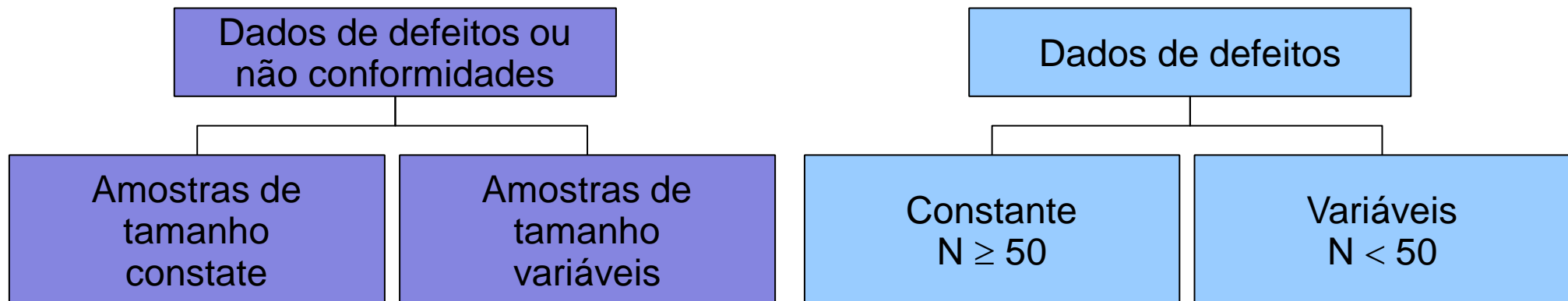
A escolha, definição e customização de uma planilha de controle do processo depende do tipo de dados que você tem.

Os diagramas podem ajudar na determinação do melhor caminho.



Seleção da planilha de controle

- Dados da variável medida e plotada em uma escala contínua, tais como tempo, temperatura, custom etc.
- Atributo dos dados são contados, registrados ou plotados como eventos discretos tais como erros de envio, desperdícios, retrabalhos, faltas, etc.





Construção da planilha de Controle do Processo

Seleção do processo a ser analisado

- Determine o método de amostragem e o plano
- Quanto grande a amostragem tem que ser?
- Balancear o tempo e o custo de selecionar a amostragem
- Determine quais informações são relevantes para serem levadas na amostragem
- Tente sempre obter a amostragem sob as mesmas condições
 - mesma máquina, operados, condições de processo, lote, etc.



Construção da planilha de Controle do Processo

Seleção do processo a ser analisado

- A frequência de amostragens dependerá de como você for capaz de discernir padrões nos dados
- Considere a periodicidade > a cada hora, diariamente, trocas, mensalmente, anualmente, lote, etc.
- Obtenha o máximo possível de amostras fabricadas nas mesmas condições técnicas
- Geralmente, colete 20-25 grupos de amostras antes iniciar os cálculos estatísticos e estabelecer os limites de controle
- Considere utilizar dados históricos para estabelecer a referência de desempenho



Construção da planilha de Controle do Processo

Coletando dados

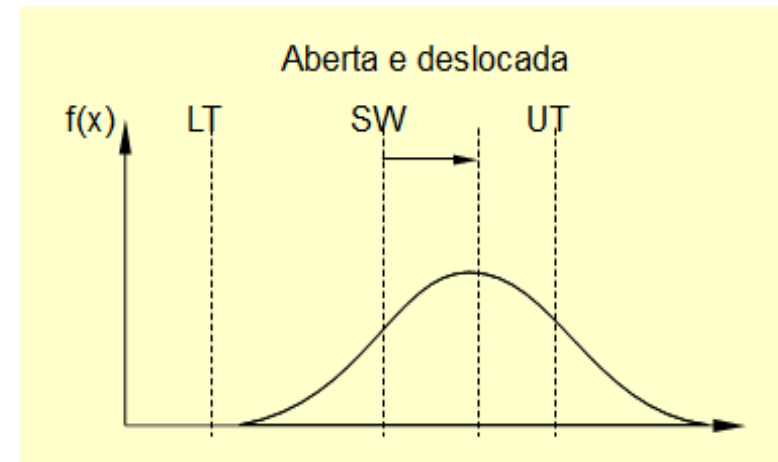
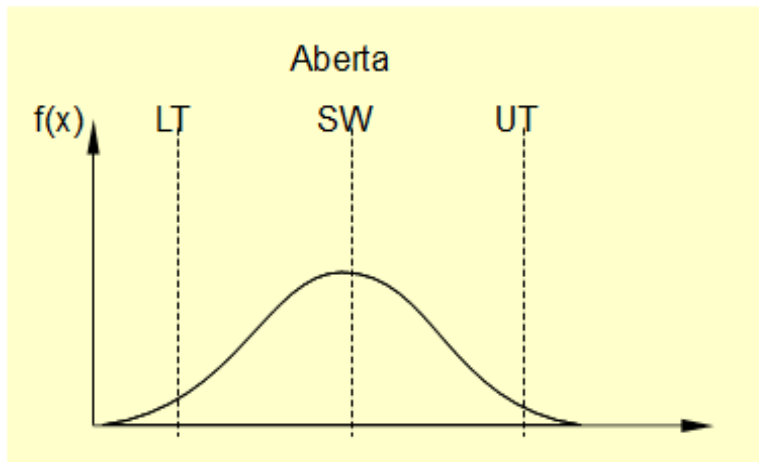
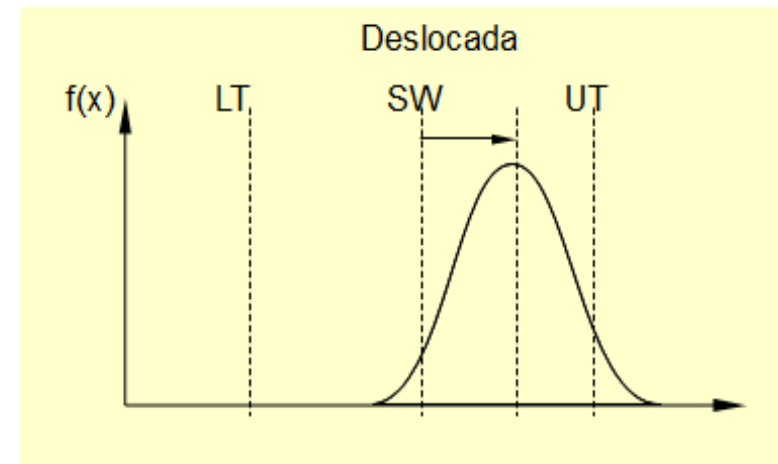
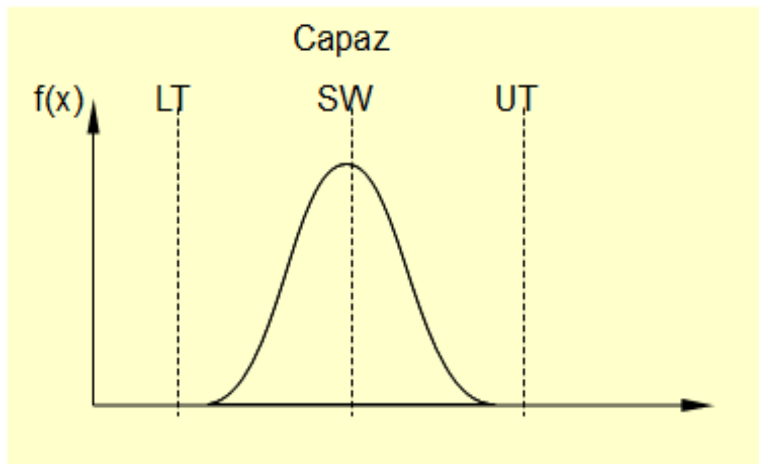
- Inicie o processo intocado, e extraia uma amostras
- Retire os dados de interesse das amostras
- Plote os dados em uma carta ou gráfico de controle
- Registre os eventos não normais que ocorrem
- Aplique estatística e defina os limites de controle (use as fórmulas apropriadas)
- Construa os gráficos de controle e plote os dados



Capabilidade do Processo



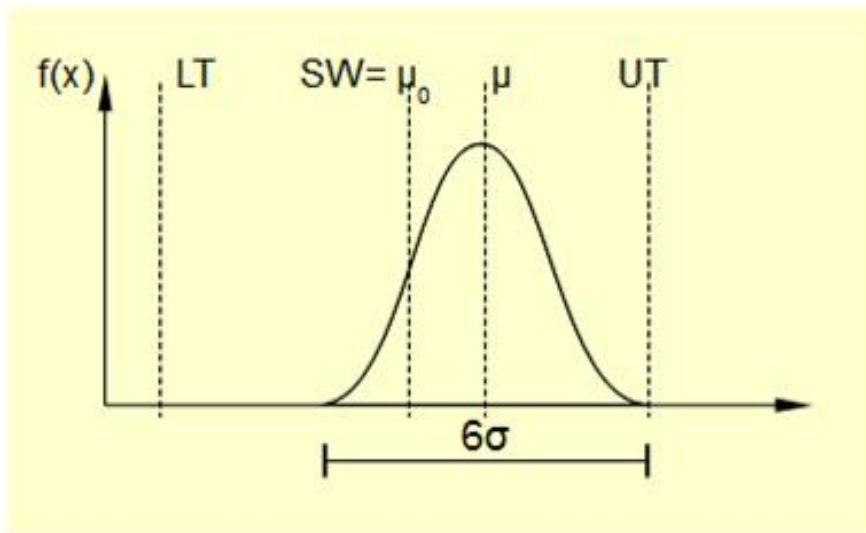
Capabilidades do processo





Capabilidades do processo

Potencial do processo e capacidade de máquina



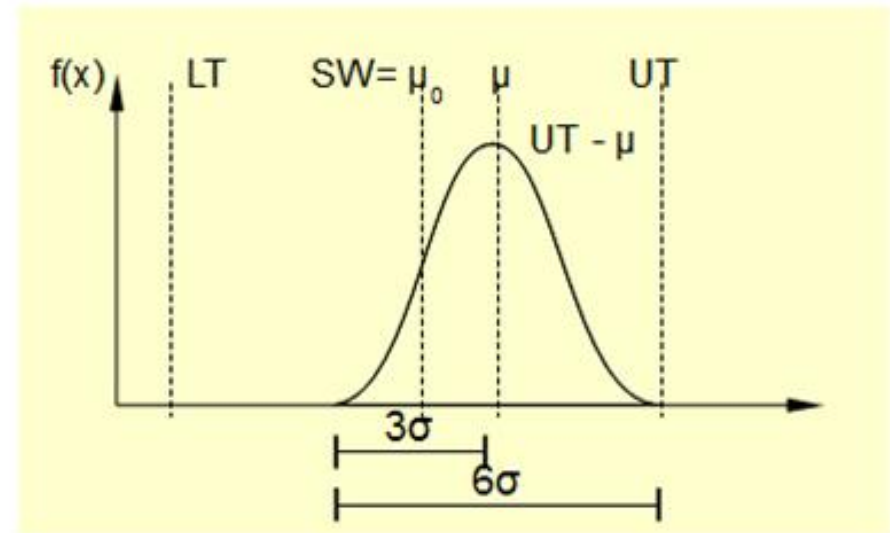
Capabilidade de máquina C_m

Capabilidade preliminar do processo P_p

Capabilidade do processo C_p

$$C_m = \frac{UT - \bar{x}}{6\sigma} \approx \frac{UT - \bar{x}}{6S}$$

Potencial do processo e capacidade de máquina



Capabilidade de máquina C_m

Capabilidade preliminar do processo P_p

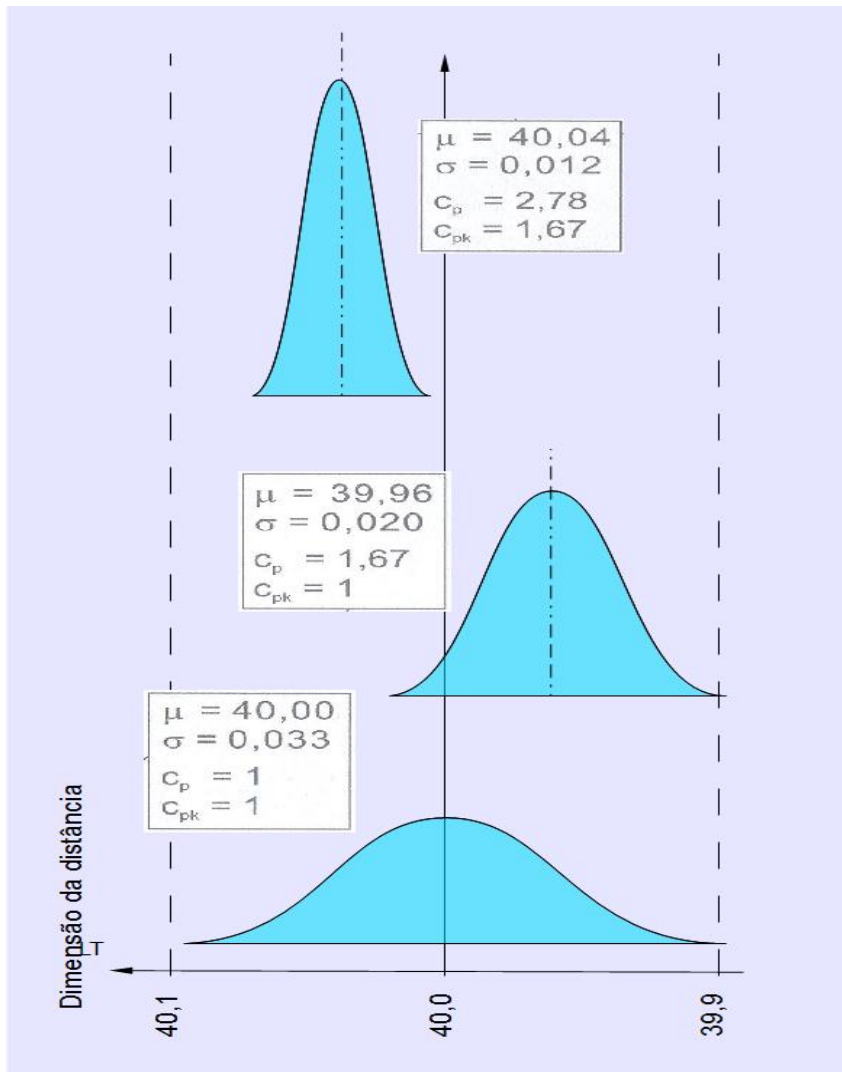
Capabilidade do processo C_p

$$C_m = \frac{1}{3\sigma} \min.(UT - \mu \text{ ou } \mu - \bar{x})$$

$$C_m \approx \frac{1}{3S} \min.(UT - \mu \text{ ou } \mu - \bar{x})$$



Significancia dos valores de Capabilidade



$C_{pk} = 1$ processo capaz

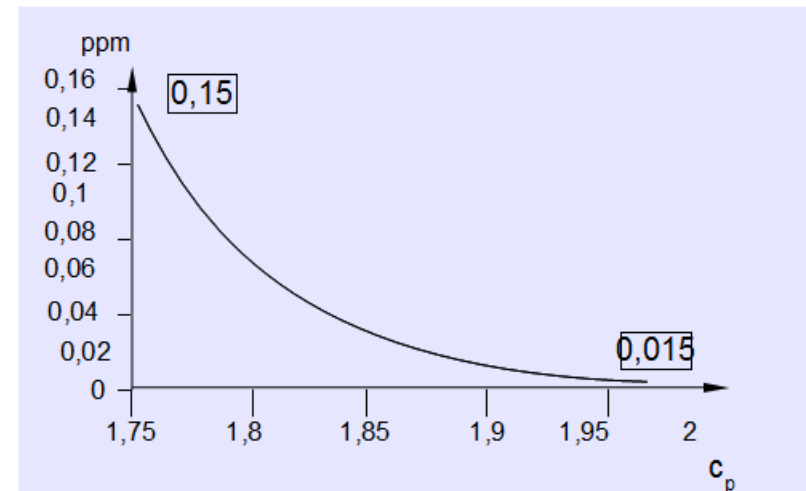
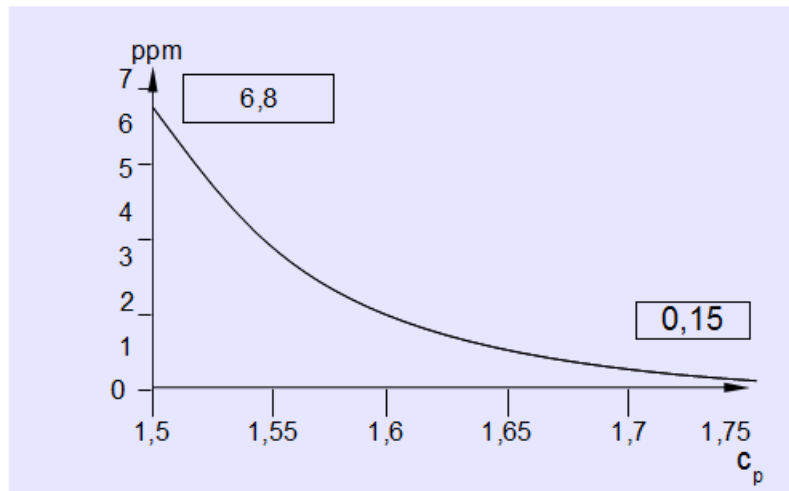
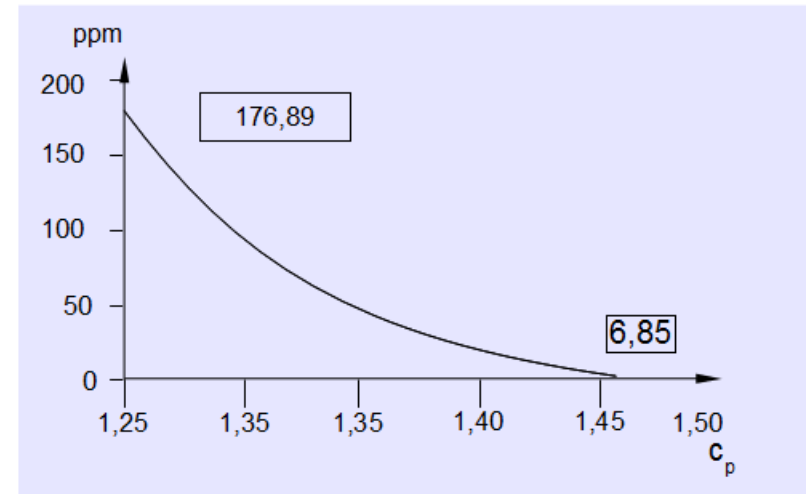
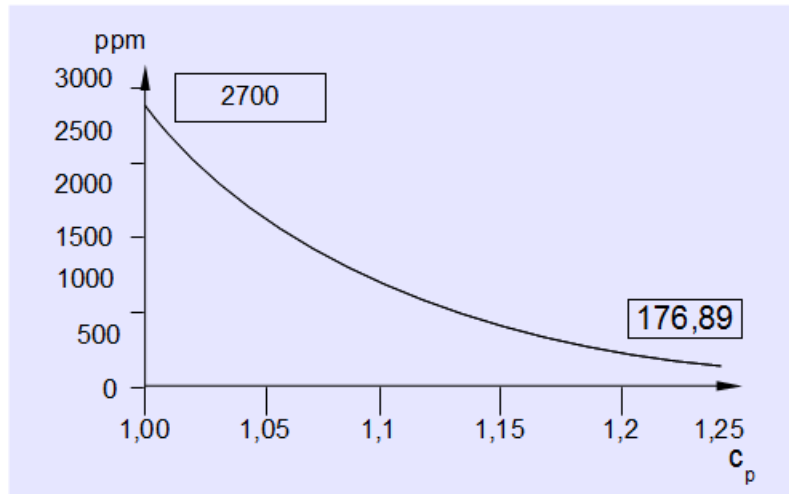
$C_{pk} = 1,33 : 2$ processo

necessita de algumas garantias

$C_{pk} > 1,6$ processo sem
garantia



Relação entre capacidade e volume de produção





DISCUSSÕES

- Qual a importância da capacidade para o planejamento do processo?
- O planejamento deve ser orientado a capacidade, ou a capacidade deve ser orientada ao planejamento?
- A capacidade do processo pode ser um elemento de realimentação do planejamento do processo? Como?



- Fim da Aula -



Tolerâncias geométricas

GD&T GUIDE PER ASME Y14.5M - 1994 IIGDT

Feature Categories	Tolerance Types	ASME Symbol	Drawing Callout Example	Drawing Callout Meaning	Manual or Functional Gaging Method	Pictorial View	Tolerance Zone Definition (for Example)	Zone Modifiers Allowed	Datums Used	Additional Comments	
For Individual Features	Form	Straightness (6.4.1)					Parallel lines, within which the surface element must lie	No (Surface)	No	<ul style="list-style-type: none"> Refinement of size. Tolerance value must be less than the size tolerance. 	
							Cylindrical boundary, within which the axis of the feature must lie (derived median line)	Yes (Axis)	No	<ul style="list-style-type: none"> Not a refinement of size. Rule #1 of ANSI (2.7.1) only applies to each circular element. MNC or RFS only. Where necessary the geometric tolerance may be greater than the size tolerance. 	
		Circularity (6.4.3)	Cylindricity (6.4.4)					Concentric circles, within which each circular element of the surface must lie	No	No	<ul style="list-style-type: none"> Refinement of size. Does not control straightness or taper. Tolerance value must be less than the size tolerance.
								Concentric cylinders, within which all surface elements must lie	No	No	<ul style="list-style-type: none"> Refinement of size. Tolerance value must be less than the size tolerance. Cylindricity is a composite control of Form which includes circularity, straightness and taper of a cylindrical feature.
For Individual or Related Features	Profile	Profile of a Surface (6.5.2 a)					A uniform boundary equally disposed along the true (theoretically exact) profile within which the elements of the surface must lie	No	Yes	<ul style="list-style-type: none"> Used to control form or combinations of size, form, orientation, and location. Tolerance zone can be bilateral or unilateral. Basic dimensions must be used to establish the true profile. 	
							Parallel planes, within which the elements of both surfaces must lie simultaneously	No	No (in this example)	<ul style="list-style-type: none"> Used as a refinement of size, the profile tolerance must be contained within the size limits. Also controls flatness of each ind. surface. If a datum was used with a linear dimension it would also control parallelism. Datum with a basic dimension would control the tolerance around the true profile. 	
						A uniform boundary equally disposed along the true (theoretically exact) profile, within which the surface elements of each cross-section must lie	No	No (in this example)	<ul style="list-style-type: none"> Used to control form, or combination of size, form, orientation, and location. Tolerance zone can be bilateral or unilateral. Can be used as refinement of size. Datums can be used where necessary to define design intent differently (in other examples). 		



Tolerâncias geométricas

Orientation	Geometric Feature	Feature Control Frame	Tolerance Zone	Gage	Description	Permissible	Control	Notes
Orientation	Perpendicularity (6.6.2)				Parallel planes, at a specified basic angle (from a datum plane(s) within which all surface elements must lie	No (Surface)	Yes	<ul style="list-style-type: none"> Also controls surface flatness. A basic angle must be used from the tolerance feature to the datum referenced. MNC can be used when angularity is applied to an axis or centerplane of a feature.
					Parallel planes, at 90 degrees basic (perpendicular) to a datum plane(s) within which the elements of a surface must lie	No (Surface)	Yes	<ul style="list-style-type: none"> A refinement of size. Also controls surface flatness.
					Cylindrical boundary, at 90 degrees basic (perpendicular) to a datum plane within which the axis of the feature must lie	Yes (Axis)	Yes	<ul style="list-style-type: none"> Not a refinement of size. Hole must also be within size limits. Calculation $\sqrt{x^2 + y^2}$
Orientation	Parallelism (6.6.3)				Parallel planes, parallel to a datum plane (or axis) within which the elements of a surface must lie	No (Surface)	Yes	<ul style="list-style-type: none"> Refinement of size. Also controls surface flatness. Can be applied to an axis of a feature in which the zone could be parallel planes or a cylindrical tolerance zone. MNC can be used when parallelism is applied to an axis or centerplane of a feature.
					Cylindrical boundary, within which the center axis of a cylindrical feature of size is permitted to vary from the true (theoretically exact) position	Yes	Yes	<ul style="list-style-type: none"> Primary control for features of size. Tol. zone also defines the limits of variation in attitude (perpendicularity) of the axis of a cylinder or slot in relationship to a datum(s) Where feature control frames contain the same datums in the same order of precedence with the same modifying symbols, they are considered a single composite pattern. If not required, it must state "SEPARATE REQUIREMENT".
					Parallel planes, within which the center plane of a slot is permitted to vary from the true (theoretically exact) position	Yes	Yes	<ul style="list-style-type: none"> Calculation $2\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$ Note: For non-diametral tolerance zone, you will only have either a ΔX or ΔY, not both.
Orientation	Position (5.2)				Cylindrical boundary, within which the axis of all cross-sectional elements of a surface of revolution are common to the axis of the datum feature	No	Yes	<ul style="list-style-type: none"> Median points to axis control. The specified tol. and the datum reference apply only on an RFS basis. Used primarily for asymmetrically balanced comp. Involves complex analysis of the surface to determine axis location. Consider using position or profile before specifying concentricity.
					Parallel planes, within which the center plane of a slot is permitted to vary from the true (theoretically exact) position	Yes	Yes	<ul style="list-style-type: none"> Calculation $2\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$ Note: For non-diametral tolerance zone, you will only have either a ΔX or ΔY, not both.
					Cylindrical boundary, within which the axis of all cross-sectional elements of a surface of revolution are common to the axis of the datum feature	No	Yes	<ul style="list-style-type: none"> Median points to axis control. The specified tol. and the datum reference apply only on an RFS basis. Used primarily for asymmetrically balanced comp. Involves complex analysis of the surface to determine axis location. Consider using position or profile before specifying concentricity.
Orientation	Symmetry (5.14)				Parallel planes, within which the median points of all opposed or correspondingly located elements of a surface(s) are common to the center plane of the datum feature	No	Yes	<ul style="list-style-type: none"> The specified tol. and the datum reference apply only on an RFS basis. Involves complex analysis of the surface to determine location. Consider using position or profile before specifying symmetry.
					Parallel planes, within which the center plane of a slot is permitted to vary from the true (theoretically exact) position	Yes	Yes	<ul style="list-style-type: none"> Calculation $2\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$ Note: For non-diametral tolerance zone, you will only have either a ΔX or ΔY, not both.
					Cylindrical boundary, within which the axis of all cross-sectional elements of a surface of revolution are common to the axis of the datum feature	No	Yes	<ul style="list-style-type: none"> Median points to axis control. The specified tol. and the datum reference apply only on an RFS basis. Used primarily for asymmetrically balanced comp. Involves complex analysis of the surface to determine location. Consider using position or profile before specifying concentricity.
Circular Runout (6.7.1.2)	Circular Runout (6.7.1.2)				Two concentric circles, within which each circular element must lie in relationship to the datum axis	No	Yes	<ul style="list-style-type: none"> An axis to surface control. A composite control which includes roundness and axis offset. Applies to each circular element independently. Datum applied on an RFS basis only.
					Two concentric circles, within which each circular element must lie in relationship to the datum axis	No	Yes	<ul style="list-style-type: none"> An axis to surface control. A composite control which includes roundness and axis offset. Applies to each circular element independently. Datum applied on an RFS basis only.
Circular Runout (6.7.1.2)	Total Runout (6.7.1.2)				Two concentric cylinders, within which all circular elements must lie (simultaneously) in relationship to the datum axis	No	Yes	<ul style="list-style-type: none"> An axis to surface control. Provides composite control of all surface elements. Used to control cumulative variations of circularity, straightness, taper, and axis offset. Datum applied on an RFS basis only.
					Two concentric cylinders, within which all circular elements must lie (simultaneously) in relationship to the datum axis	No	Yes	<ul style="list-style-type: none"> An axis to surface control. Provides composite control of all surface elements. Used to control cumulative variations of circularity, straightness, taper, and axis offset. Datum applied on an RFS basis only.