
EM335 - Tecnologia Mecânica

Resumo Teórico

10 de junho de 2021

Guilherme Nunes Trofino
217276

Conteúdo

1	Introdução	3
1.1	Conceitos Básicos	3
1.2	Planejamento e Controle da Produção	3
1.3	Histórico de Sistemas Produtivos	3
1.4	Atualidade de Sistemas Produtivos	3
2	Normas	5
2.1	Sistemas de Tolerâncias e Ajustes	5
2.2	Cálculos de Tolerâncias	5
3	Campos de Tolerância	7
3.1	Afastamento Fundamental	7
3.2	Posição dos Campos de Tolerância	7
4	Seleção de Ajustes	9
4.1	Sistemas de Ajustes	9
4.2	Seleção de Ajustes	9
5	Transferência de Cotas	11
5.1	Cotas	11
5.2	Referências	11
5.3	Ajustagem de Compensadores	11
5.4	Intercambialidade Estatística	11
6	Tolerância Geométrica	13
6.1	Tolerâncias de Forma	14
6.2	Tolerância de Perfil	14
6.3	Tolerâncias de Orientação	14
6.4	Tolerâncias de Localização	14
6.5	Tolerâncias de Batimento	14
6.6	Tolerâncias de Rugosidade	14
7	Rugosidade	15
7.1	Sistema M	15
8	Controle Estatístico de Processo	18
8.1	Análise de Dados	18
8.2	Limites Estatísticos	19
8.3	Capacidade de Produção	19
9	Engenharia de Fabricação	21
9.1	Organograma Industrial	21
9.2	Layouts Produtivos	22
10	Processos de Fabricação	23
10.1	Processos de Fundição	23
10.2	Processo de Conformação Plástica	24
10.3	Processo de Usinagem	24
10.4	Sobremetal	26
10.5	Processos Metalúrgicos	27
10.6	Tratamentos Térmicos	27
11	Planejamento do Processo	29

1. Introdução

1.1. Conceitos Básicos

1. **Produção:** Conjunto de processos que agrega valor a um produto;
2. **Produto:** Resultado final de um processo produtivo;
3. **Processo:** Atividade que agrega valor a um produto;

1.2. Planejamento e Controle da Produção

Definição Sistema auxiliar para conciliar o fornecimento com a demanda entre recursos e insumos para planejar a produção e entrega do produto dentro de uma quantidade, qualidade e data adequada.

1.3. Histórico de Sistemas Produtivos

Definição Diferentes organizações produtivas existiram ao longo do tempo dentro da indústria, adequando-se as necessidades da sociedade entre os quais os listados abaixo:

1. **Produção Artesanal:** Taylor Made Production, produtos altamente personalizados e únicos;
 - (a) **Custo:** Alto;
 - (b) **Despesa:** Alta;
 - (c) **Ferramenta:** Generalista;
 - (d) **Mão de Obra:** Especializada;
 - (e) **Volume:** Baixo;
2. **Produção em Massa:** Mass Production, resultado do mercado consumidor em massa;
 - (a) **Custo:** Baixo;
 - (b) **Despesa:** Média;
 - (c) **Ferramenta:** Média;
 - (d) **Mão de Obra:** Generalista;
 - (e) **Volume:** Alta;
3. **Produção Enxuta:** Lean Production, redução de desperdícios do sistema através do planejamento;
 - (a) **Custo:** Alta;
 - (b) **Despesa:** Alta;
 - (c) **Ferramenta:** Especializada;
 - (d) **Mão de Obra:** Especializada;
 - (e) **Volume:** Baixo;
4. **Produção 4.0:** Smart Production, baseado em informações para maximizar a eficiência;
 - (a) **Custo:** Médio;
 - (b) **Despesa:** Médio;
 - (c) **Ferramenta:** Média;
 - (d) **Mão de Obra:** Generalista;
 - (e) **Volume:** Alto;

Atualmente o consumo de produtos e bens de serviço, visam conforto para os consumidores. Isso demanda fabricação seriada; quantidades elevadas com custos reduzidos, produção do operário; velocidade da linha de montagem, e sem ajustes suplementares; manter a programação da linha.

1.4. Atualidade de Sistemas Produtivos

Definição Produtos são compostos por peças separadamente produzidas e unificadas sem ajustes locais em virtude de desvio de processos, equipamentos ou medições ao longo da cadeia produtiva. Assim, projetos não

necessariamente corresponderam ao resultado final esperado, sendo necessário desenvolver alternativas para minimizar os riscos de incompatibilidades como as listadas.

1. **Intercambiabilidade:** Possibilidade de montar peças sem necessidade de retrabalhos posteriores, podendo ser alcançada através dos seguintes métodos:

- (a) **Medida Nominal:** Garantir peças mais próximas das dimensões de projeto, implicando em elevado gasto de tempo, baixa produtividade e alto custo;
- (b) **Desvio Nominal:** Faixa de tolerância dimensional aceitável pelo projeto, possibilitando substituição e ajustes adequados;
- (c) **Tolerância:** Diferença entre os limites máximos e mínimos das dimensões do projeto;

2. Normas

2.1. Sistemas de Tolerâncias e Ajustes

Definição Normas são criadas para padronização de produtos dentro de um mesmo país ou mercado. No Brasil a Agência de Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, regulam como os sistemas de tolerância são aplicados no território nacional como descritos pelas seguintes normas:

1. **Dimensões entre [0, 500] mm:** Designadas pelas IT01, IT0, IT1 a IT16;
2. **Dimensões entre]500, 3150] mm:** Designadas pelas IT1 a IT16;

Os graus de tolerância padrão são classificados de acordo com a aplicação e a peça como descrito abaixo:

1. Calibradores

- (a) Eixo: IT1 a IT3;
- (b) Furo: IT01 à IT4;

2. Peças em Conjuntos

- (a) Eixo: IT4 à IT11;
- (b) Furo: IT5 à IT11;

3. Peças em Avulsas

- (a) Eixo: IT11 à IT16;
- (b) Furo: IT11 à IT16;

2.2. Cálculos de Tolerâncias

Definição Primeiramente será necessário identificar qual a faixa da dimensão avaliada de acordo com a seguinte tabela:

d_i [mm]	d_s [mm]	d_i [mm]	d_s [mm]
0	1	50	80
1	3	80	120
3	6	120	180
6	10	180	250
10	18	250	315
18	30	315	400
30	50	400	500

Tabela 2.1: Quadro de Dimensões

Onde:

1. d_i , Distância Inferior: Exclusiva;
2. d_s , Distância Superior: Inclusiva;

Em seguida será necessário identificar qual a tolerância-padrão empregada e realizar, a partir dos ajustes mais exigentes, as seguintes operações:

$$\begin{cases} IT01 = 0,3 + 0,001 \cdot D, [\mu\text{m}]; \\ IT0 = 0,5 + 0,012 \cdot D, [\mu\text{m}]; \\ IT1 = 0,8 + 0,020 \cdot D, [\mu\text{m}]; \end{cases}$$

Onde:

1. **D: Média Geométrica**, em milímetros, dos valores extremos da faixa de dimensão avaliada em 2.1:

$$D = \sqrt{d_i \cdot d_s} \quad (2.2.1)$$

Note que as tolerâncias-padrões entre IT2 e IT4 são obtidos como termos de uma progressão geométrica formada pelos termos IT1 e IT5, mostradas nas seguintes equações:

$$\begin{cases} IT1 = 0,8 + 0,020 \cdot D, & [\mu\text{m}]; \\ IT2 = IT1 \cdot q^1, & [\mu\text{m}]; \\ IT3 = IT1 \cdot q^2, & [\mu\text{m}]; \\ IT4 = IT1 \cdot q^3, & [\mu\text{m}]; \\ IT5 = 7i, & [\mu\text{m}]; \end{cases} \quad q = \sqrt[n-1]{\frac{a_n}{a_1}} = \sqrt[4]{\frac{a_5}{a_1}}$$

Note que as tolerâncias-padrões entre IT5 e IT18 são obtidos de acordo com a seguinte tabela:

IT	Função	IT	Função	IT	Função
IT5	7i				
IT6	10i	IT11	100i	IT17	1000i
IT7	16i	IT12	160i	IT18	1600i
IT8	25i	IT13	250i		
IT9	40i	IT14	400i		
IT10	64i	IT15	640i		

Tabela 2.2: Quadro de Tolerância Padrão IT5 à IT18

Onde:

1. *i*: **Fator de Tolerância-Padrão**, dos valores extremos da faixa de dimensão avaliada em 2.2:

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D \quad (2.2.2)$$

3. Campos de Tolerância

3.1. Afastamento Fundamental

Definição Posição relativa a partir da qual referencia-se o **Campo de Tolerância**, região entre a medição máxima e mínima aceitável pelo ajuste, com relação a linha mais próxima, superior ou inferior, do afastamento zero. Estes afastamentos são representados por letras como descritos a seguir:

1. **Furos:** A, B, C, ..., X, Y, Z, ZA, ZB, ZC;
2. **Eixos:** a, b, c, ..., x, y, z, za, zb, zc;

3.2. Posição dos Campos de Tolerância

Definição Divisão de Campos de Tolerância ao longo da linha de afastamento zero dividida entre eixos e furos com afastamentos superiores e inferiores, apresentando Afastamentos Fundamentais distintos como descritos a seguir:

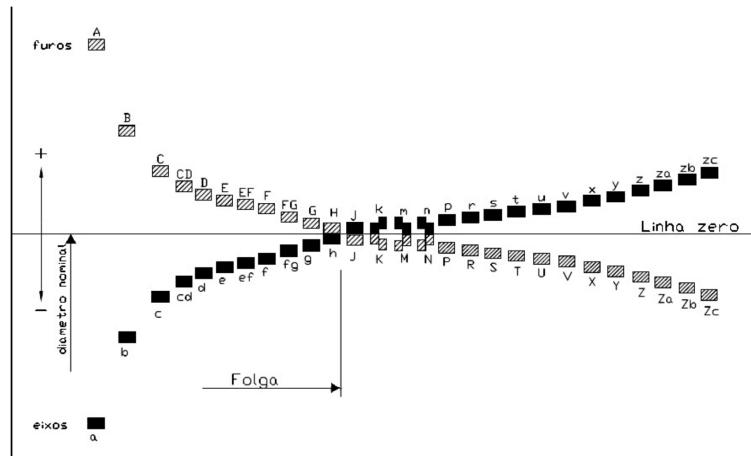


Figura 3.1: Posição dos Campos de Tolerância

Onde:

1. **Furos:** Ajustes Fundamentais serão obtidos através da seguinte tabela.

	A	...	H	J	...	Zc
Superior	As	...	Hs	Js	...	Zcs
Inferior	Ai	...	Hi	Ji	...	Zci
Fundamental	Ai	...	Hi	Js	...	Zcs

Tabela 3.1: Ajuste Fundamental para Furos

2. **Eixos:** Ajustes Fundamentais serão obtidos através da seguinte tabela.

	a	...	h	j	...	zc
Superior	as	...	hs	js	...	zcs
Inferior	ai	...	hi	ji	...	zci
Fundamental	as	...	hs	ji	...	zci

Tabela 3.2: Ajuste Fundamental para Eixos

Apesar das tabelas representarem os ajustes mostrados na figura 3.1 há exceções, sendo as mais relevantes demonstradas a seguir:

1. **Eixos:** Utilizada quando o afastamento js terá seu afastamento fundamental dado por $\pm 0,5 \cdot t$ onde t será a Tolerância dada por:

$$t = As - Ai \quad t = as - ai \quad (3.2.1)$$

2. **Rolamentos:** Utilizada nestas peças que possuiram $As = 0$ para N9 à N16;
3. **Regra Especial:** Utilizada para furos com dimensões superiores a 3 mm sobre as seguintes condições, onde n é a Qualidade de Trabalho:

$$As_{(n)} = -ai_{(n)} + [IT(n) - IT(n-1)] \quad (3.2.2)$$

- (a) Campos tolerâncias de K à N com Tolerância Padrão até IT8 inclusive;
 (b) Campos tolerâncias de P à Zc com Tolerância Padrão até IT7 inclusive;
4. **Simetria:** Utilizada quando o acoplamento possuir a mesma letra, sobre as seguintes condições:

$$Ai = -as \quad (3.2.3)$$

- (a) Furos de A à H;
- (b) Furos fora da Regra Especial de M à Zc com dimensões superiores a 3mm;

4. Seleção de Ajustes

4.1. Sistemas de Ajustes

Definição Configuração do acoplamento entre um eixo e um furo, analisando o comportamento dos Campos de Tolerância das peças como descritos a seguir:

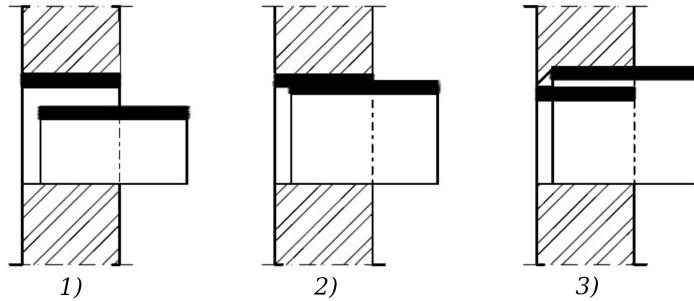


Figura 4.1: Posição dos Sistemas de Ajustes

1. Ajustes com Folga:

- (a) Furo-Base: H acoplados com Eixos de a à h;
- (b) Eixo-Base: h acoplados com Furos de A à H;

2. Ajustes Incertos:

- (a) Furo-Base: H acoplados com Eixos de j à n;
- (b) Eixo-Base: h acoplados com Furos de J à N;

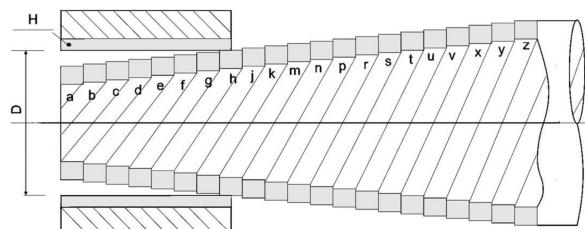
3. Ajustes com Interferência:

- (a) Furo-Base: H acoplados com Eixos de p à zc;
- (b) Eixo-Base: h acoplados com Furos de P à Zc;

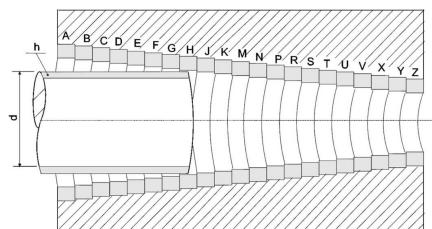
Onde:

1. **Furo-Base:** Associação de várias classes de tolerâncias de eixos com uma única classe de tolerância de furo: $A_i = 0$;
2. **Eixo-Base:** Associação de várias classes de tolerâncias de furos com uma única classe de tolerância de eixo: $a_s = 0$;

Como descritos nas figuras a seguir:



(a) Sistema Furo Base



(b) Sistema Eixo Base

Figura 4.2: Sistemas de Acoplamento

4.2. Seleção de Ajustes

Definição Diferentes configurações de ajustes podem ser combinados de acordo com a qualidade de trabalho necessária para aplicação desejada como descrito a seguir:

1. Qualidade de Trabalho:

- (a) Ajustes Mecânica Muita Precisão;
- (b) Ajustes Mecânica Precisão;
- (c) Ajustes Mecânica Precisão Média;
- (d) Ajustes Mecânica Comum;

2. Ajustes:

- (a) **Interferência Forte:** Peças solidamente acopladas, mediante a pressão;
- (b) **Interferência Leve:** Peças de acoplamento fixo, golpe de martelo pesado;
- (c) **Incerto Forte:** Peças de acoplamento fixo, montagem e desmontagem não tão frequente;
- (d) **Incerto Leve:** Peças que devem acoplar-se e desacoplar-se, mão ou martelo de borracha;
- (e) **Folga Leve:** Peças que, quando bem lubrificadas, pode-se montá-las e desmontá-las a mão;
- (f) **Folga Rotativo:** Peças que devem ter folga bastante mínima;
- (g) **Folga Rotativo Livre:** Peças que devem ter folga bastante perceptível;
- (h) **Folga Rotativo Semi-Rotativo:** Peças que necessitam de folga perceptível;
- (i) **Folga Rotativo Rotativo Forte:** Peças que devem ter ampla folga;
- (j) **Folga Rotativo Rotativo Livre:** Peças que devem ter folga bastante perceptível;
- (k) **Mecânica Comum:** Peças que devem ter ampla folga e grande tolerância de fabricação;

5. Transferência de Cotas

5.1. Cotas

Definição Medidas representadas em desenho técnicos para identificar quais as dimensões e tolerâncias esperadas para uma peça ou conjunto mecânico, sendo classificadas de acordo com sua origem como demonstrado a seguir:

1. **Cota de Projeto ou Funcional:** Definida pelo projetista;
2. **Cota de Fabricação:** Resultante do somatório das demais cotas;
 - (a) **Processo:** Quando uma dimensão não é fornecida em um desenho técnico está será obtido pela subtração entre o máximo superior e mínimo inferior e mínimo superior e máximo superior;

5.2. Referências

Definição Superfície ou linha de uma peça a partir da qual as medições serão representadas, podendo utilizar cotas definidas a partir das seguintes partes do mecanismo que, idealmente, seriam equivalentes:

1. **Referência de Projeto:** Face ou linha do projeto será referência;
2. **Referência de Fabricação:** Face ou linha do equipamento de manufatura utilizado;
3. **Referência de Medição:** Face ou linha do equipamento de medição utilizado;

Sempre que possível o processo de fabricação deve utilizar as cotas de projeto como referência, entretanto limitações físicas podem inviabilizar esta abordagem. Assim as cotas devem ser determinadas respeitando os procedimentos de produção necessários cujos afastamentos podem ser determinados por:

$$\boxed{a_{sR} = \sum \text{AS} - \sum \text{AI}} \quad \boxed{a_{iR} = \sum \text{AI} - \sum \text{AS}} \quad (5.2.1)$$

Onde:

1. **AS:** Afastamento Superior;
2. **AI:** Afastamento Inferior;

5.3. Ajustagem de Compensadores

Definição Neste método a precisão necessária final de uma peça será determinada alterando as dimensões de um componente de compensação, menos relevante a montagem e facilmente ajustável para que as especificações do projeto sejam atendidas.

5.4. Intercambialidade Estatística

Definição Peças devem possuir dimensões dentro das tolerâncias definidas pelo projeto, gerando uma distribuição normal, ao longo de uma gaussiana. Desta maneira, quando três desvios padrões forem considerados, a probabilidade de uma peça individual ser rejeitada é de aproximadamente 0,27%, obtendo as seguintes equações:

$$\boxed{t_t = \sqrt{\sum_{i=1}^n (t_i)^2}} \quad (5.4.1)$$

Onde:

1. **σ , Variância;**

2. ***k*, Distribuição de Frequência das Tolerâncias:** Obtido pela seguinte relação:

$$k = \frac{t}{\sigma}$$

Onde:

- (a) $k^2 = 3$: Distribuição Retangular;
- (b) $k^2 = 6$: Distribuição Triangular;
- (c) $k^2 = 9$: Distribuição Normal;

6. Tolerância Geométrica

Definição Especificação da forma necessária para uma peça, impedindo que distorções dentro das cotas dimensões especificadas sejam causadas pelo equipamento.

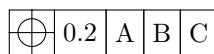
1. **Aplicação:** Deve-se indicar tolerâncias geométricas nos seguintes cenários:

- (a) **Exatidão de Forma:** Não garantida pela fabricação;
- (b) **Coincidência, ou aproximada, de Superfícies:** Montagens de precisão;

2. **Classificação:** Define-se diferentes faixas admissíveis para diferentes relações geométricas, como indicado abaixo:

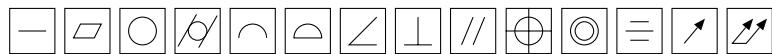
- (a) Forma;
- (b) Orientação;
- (c) Localização;
- (d) Batimento;
- (e) Rugosidade;

3. **Representação:** Utiliza-se a seguinte organização para representar como será utilizada a tolerância:



Onde, os compartimentos são numerados da esquerda para direita:

- (a) 1º Compartimento: Símbolo de Tolerância;



- (b) 2º Compartimento: Valor de Tolerância [mm];

- (c) 3º, 4º e 5º Compartimentos: Informações sobre as Referências;

4. **Referências:** Quando necessárias um ponto, plano ou eixo recebem a denominação de primária, secundária ou terciária dependendo de suas características indicadas abaixo:

- (a) A: Base do símbolo à uma linha de extensão da superfície;
- (b) B, C e D: Base do símbolo conectado à superfície;
- (c) E, F e G: Base do símbolo à um quadro de controle;

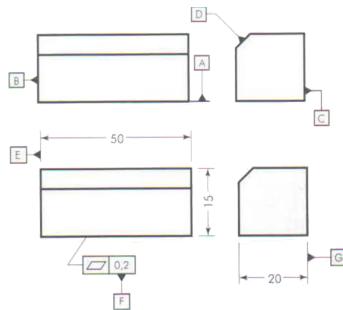


Figura 6.1: Posição Referências

Condição de Máximo Material Cenário onde a peça possuirá sua massa máxima dentro das tolerâncias especificadas no projeto.

6.1. Tolerâncias de Forma

Definição Tolerâncias admitidas aos elementos em relação à sua forma geométrica teórica, classificadas como demonstrado na sequência:

1.  **Retitude:** Variação entorno de uma linha reta;
2.  **Planeza:** Variação entre dois planos coplanares;
3.  **Circularidade:** Variação entre dois círculos concêntricos;
4.  **Cilindricidade:** Variação entre dois cilindros coaxiais;

6.2. Tolerância de Perfil

Definição Tolerâncias admitidas aos elementos em relação à sua forma superficial geométrica teórica, classificadas como demonstrado na sequência:

1.  **Perfil de Curva:** Variação entorno de círculos concêntricos;
2.  **Perfil de uma Superfície:** Variação entre esferas concêntricas;

6.3. Tolerâncias de Orientação

Definição Tolerâncias admitidas dos elementos em relação aos demais, partindo de uma referência, classificadas como demonstrado na sequência:

1.  **Inclinação:** Superfície indicada à um ângulo fixo da referência;
2.  **Perpendicularidade:** Superfície indicada à 90° da referência;
3.  **Paralelismo:** Superfície indicada paralela a referência;

6.4. Tolerâncias de Localização

Definição Tolerâncias admitidas aos elementos em relação a si próprio, classificadas como demonstrado na sequência:

1.  **Posição:** Localização teórica do elemento;
2.  **Concentricidade:** Diâmetros com centros coincidentes;
3.  **Simetria:** Plano médio dos elementos é concidente;

6.5. Tolerâncias de Batimento

Definição Tolerâncias admitidas aos elementos em relação a revolução do sistema, classificadas como demonstrado na sequência:

1.  **Batimento:** Tolerância para o giro de uma peça;
2.  **Batimento Total:** Tolerância para o giro de uma peça rotacionada;

6.6. Tolerâncias de Rugosidade

Definição Tolerâncias admitidas aos elementos em relação a seu acabamento, classificadas como demonstrado na sequência:

7. Rugosidade

Definição Desvios micro geométricos presentes nas superfícies das peças causadas tanto por desvios de produção e quanto pelas tolerâncias empregadas, considerando a qualidade desejada para o projeto e o tempo necessário para que tais demandas sejam atendidas.

1. Classificação: Diferencia-se as imperfeições presentes nas peças de acordo com sua característica:

- (a) **Ondulação:** Grandes variações no perfil, baixa frequência de imperfeições;
- (b) **Rugosidade:** Pequenas variações no perfil, alta frequência de imperfeições;

2. Medição: Diferentes métodos são empregados, utilizando menos ou mais tempo. Atualmente o mais usado é o Sistema M;

3. Representação: Desenhos técnicos utilizaram a seguinte notação para representar rugosidade:

Símbolo	Significados
	Símbolo básico. Só pode ser usado quando seu significado for complementado por uma indicação. Isoladamente (sem indicação de valor), nada significa.
	Caracterização de uma superfície usinada sem maiores detalhes
	Caracteriza uma superfície na qual a remoção de material não é permitida e indica que a superfície deve permanecer no estado resultante do processo de fabricação anterior

Símbolo			Significado
A remoção de material é:			
facultativa	exigida	não-permitida	
			Superfície com rugosidade máxima de $R_a = 3,2$
			Superfície com rugosidade máxima de $R_a = 6,3$ e mínima de $R_a = 1,6$

(a) Descrição Símbolos

SÍMBOLOS CONVENCIONAIS	PERSPECTIVA ESQUEMÁTICA	INDICAÇÃO NO DESENHO	ORIENTAÇÃO DOS SULCOS	DIREÇÃO DA MEDIDA DA RUGOSIDADE OU DO PLANO DO PERFIL
			Os sulcos devem ser orientados paralelamente ao traço da superfície sobre o qual o símbolo se apoia no desenho	Perpendicular à direção dos sulcos
			Os sulcos devem ser orientados em direção normal ao traço da superfície sobre o qual o símbolo se apoia no desenho	Perpendicular à direção dos sulcos
			Os sulcos devem ser orientados segundo duas direções cruzadas	Segundo a bissexta dos ângulos formados pelas direções dos sulcos
			Os sulcos devem ser orientados segundo várias direções (sulcos multidirecionais)	Em qualquer direção
			Os sulcos devem ser aproximadamente concêntricos com o centro da superfície à qual o símbolo se refere	Radial
			Os sulcos devem ser orientados segundo direções aproximadamente radiais em relação ao centro da superfície à qual o símbolo se refere	Normal a um raio

(b) Direções

Figura 7.1: Complementos Rugosidade

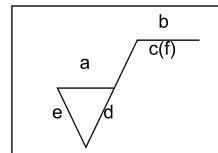


Figura 7.2: Representação Rugosidade

Onde:

- (a) **Rugosidade:** N1 até N12;
- (b) **Fabricação:**
- (c) **Comprimento de Amostra:**
- (d) **Direção Estrias:**
- (e) **Sobrematerial:** Medida em [mm];
- (f) **Complemento:**

7.1. Sistema M

Definição Disposição de uma linha horizontal em que as áreas superiores e inferiores seja iguais, como ilustrado a seguinte figura:

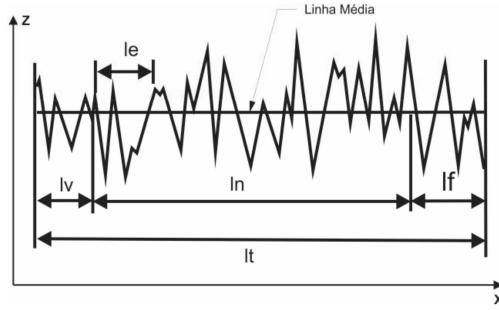


Figura 7.3: Posição Referências

Onde:

1. I_V , **Percorso Inicial**: Medição inicial do equipamento, descartada pelo transiente inicial do sistema;
2. I_N , **Percorso de Avaliação**: Extensão útil do perfil de rugosidade utilizada na avaliação;
3. I_F , **Percorso Final**: Medição final do equipamento, descartada pelo transiente final do sistema;
4. I_T , **Percorso Total**: Somatório da extensão analisada pelo equipamento, incluindo trechos descartados:

$$I_T = I_V + I_N + I_F \quad (7.1.1)$$

5. I_E , **Comprimento Amostral**: Amostra parcial do percurso de avaliação necessária para análise, considerando apenas a rugosidade;

$$I_E = \frac{I_N}{5} \quad (7.1.2)$$

Determinado o comprimento de amostragem, define-se outros parâmetros necessários para análise estatística representados na seguinte figura:

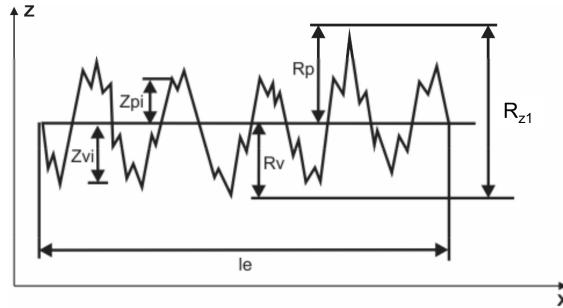


Figura 7.4: Comprimento Amostral

Onde:

1. R_{Pi} , **Máximo Pico**: Máxima altura de pico no comprimento amostra entre os Z_{Pi} picos;
2. R_{Vi} , **Mínimo Vale**: Mínima altura de vale no comprimento amostra entre os Z_{Vi} vales;
3. R_{Z_i} , **Máxima Variação**: Somatório entre os valores absolutos de R_{Pi} e R_{Vi} :

$$R_{Z_i} = R_{Pi} + R_{Vi} \quad (7.1.3)$$

4. R_T , **Altura Total do Perfil**: Máximo entre os R_{Z_i} :

$$R_T = \max(R_{Z_1}, \dots, R_{Z_i}) \quad (7.1.4)$$

Este procedimento deverá ser reproduzido nos demais comprimentos amostrais obtidos da divisão do percurso de avaliação para que os valores absolutos para amostra possam ser obtidos através da seguinte equação:

$$R_Z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 R_{Z_i} \quad (7.1.5)$$

Desvio Médio Aritmético Representa a média aritmética dos valores absolutos das alturas com relação a linha média ao longo do comprimento de avaliação, obtido pela seguinte figura e equação:

$$R_A = \frac{1}{I_N} \int_0^{I_N} |y| dx = \frac{A}{I_N} \approx \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n |y_i| \quad (7.1.6)$$

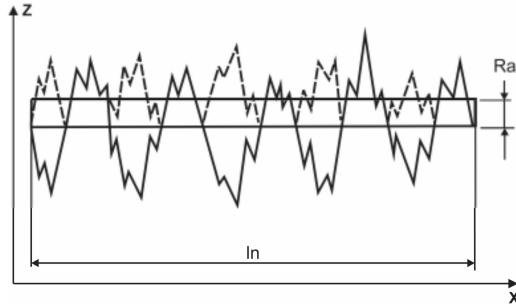


Figura 7.5: Desvio Aritmético

Os perfis de amostragem são padronizados de acordo com a periodicidade, ou não, do processo produtivo. Processos como torneamento são periódicos, considera-se a distância aproximada entre os sulcos, enquanto processos como retificação não são periódicos, considera-se R_A e R_Z . Assim pode-se determinar comprimentos de análise através da seguinte tabela:

Dist. Sulco [mm]	I_E	I_M	Rug. R_A [μm]	I_E	I_M	Rug. R_Z [μm]	I_E	I_M
(0.01, 0.032]	0.08	0.40	(0, 0.1]	0.25	1.25	(0, 0.5]	0.25	1.25
(0.032, 0.1]	0.25	1.25	(0.1, 2]	0.80	4.00	(0.5, 10]	0.80	4.00
(0.1, 0.32]	0.80	4.00	(2, 10]	2.50	12.50	(10, 50]	2.50	12.50
(0.32, 1]	2.50	12.50	(10,]	8.00	40.00	(50,]	8.00	40.00
(1, 3.2]	8.00	40.00						

Tabela 7.1: Determinação do Comprimento de Amostragem

Classificação Utiliza-se o desvio médio aritmético como referência para as diferentes classes possíveis de rugosidade, sendo representadas pela seguinte tabela:

Classe Rugosidade	R_A [μm]
N12	50.00
N11	25.00
N10	12.50
N9	6.30
N8	3.20
N7	1.60
N6	0.80
N5	0.40
N4	0.20
N3	0.10
N2	0.05
N1	0.03

Tabela 7.2: Classificação de Rugosidade

8. Controle Estatístico de Processo

Definição Análise estatística dos processos produtivos através do feedback tanto do processo e quanto do cliente para dimensionamento e gestão de recursos de entrada, transformações e serviços. Nesta abordagem será necessário estudar o processo através dos seguintes tópicos:

1. **Causas:** Analisa-se os dados, procurando compreender como problemas na produção possam afetar os resultados, diferenciados de acordo quanto sua regularidade:
 - (a) **Comuns:** Interferências aleatórias de pequena magnitude afetando a maioria das medições, se não todas;
 - (b) **Especiais:** Interferências pontuais de pequena ou grande magnitude em uma parcela reduzida das medições;
2. **Ações:** Soluções que visam solucionar os problemas de maneira pontual ou sistemática de acordo com as causa identificadas:
 - (a) **Sistemáticas:** Ações que afetam todo o processo, visando corrigir causas comuns do sistema, resultados mais expressivos;
 - (b) **Locais:** Ações que afetam poucas amostras do processo, visando corrigir causas especiais do sistema, resultados menos expressivos;

8.1. Análise de Dados

Definição Nesta abordagem dados serão coletados e analisado através de diferentes métodos estatísticos para que decisões seja **Data Driven**, possibilitando soluções planejadas e direcionadas. Utilizam-se as seguinte métrica nesta análise:

1. **Média Amostral:** Cada amostra possuirá cerca de 5 observações;

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (8.1.1)$$

3. **Média Global:** Cada conjunto possuirá cerca de 25 amostras;

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{x}_i \quad (8.1.3)$$

2. **Amplitude Amostral:** Diferença entre máximos e mínimos do conjunto amostral;

$$R_i = x_{\max} - x_{\min} \quad (8.1.2)$$

4. **Amplitude Média:** Média entre as Amplitudes Amostrais;

$$\bar{R} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m R_i \quad (8.1.4)$$

Nesta análise também utiliza-se a seguinte definição de **Desvio Padrão**:

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (8.1.5)$$

Onde d_2 é uma constante tabelada com relação ao número de amostras utilizadas no conjunto de dados. Essa e diversas constantes necessárias para os demais cálculos podem ser encontrados através da seguinte tabela:

Amostras	A2	D3	D4	d2
2	1,880	0	3,267	1,128
3	1,023	0	2,575	1,693
4	0,729	0	2,282	2,059
5	0,577	0	2,115	2,326
6	0,483	0	2,004	2,534
7	0,419	0,076	1,924	2,704
8	0,373	0,136	1,864	2,847
9	0,337	0,184	1,816	2,970
10	0,308	0,223	1,777	3,078
11	0,285	0,256	1,744	3,173
12	0,266	0,283	1,717	3,258
13	0,249	0,307	1,693	3,336
14	0,235	0,328	1,672	3,407
15	0,223	0,347	1,653	3,472
20	0,180	0,415	1,585	3,735

Tabela 8.1: Constantes de Análise

8.2. Limites Estatísticos

Definição Dados são normalmente analisados através de ferramentas visuais como gráficos, tanto para as médias quanto para as amplitudes. Estes limites estabelecem um intervalo em que os dados possam estar contidos e identificar outliers como descritos abaixo:

1. **Limits Superiores de Controle:** Estabelece o valor máximo aceitável para as medições;

$$LSC = \bar{x} + \frac{3 \cdot \bar{R}}{d_2 \cdot \sqrt{n}} = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R} \quad LSC = \bar{R} + \frac{3 \cdot d_3 \cdot \bar{R}}{d_2} = D_4 \cdot \bar{R} \quad (8.2.1)$$

2. **Limits Inferiores de Controle:** Estabelece o valor mínimo aceitável para as medições;

$$LIC = \bar{x} - \frac{3 \cdot \bar{R}}{d_2 \cdot \sqrt{n}} = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R} \quad LIC = \bar{R} - \frac{3 \cdot d_3 \cdot \bar{R}}{d_2} = D_3 \cdot \bar{R} \quad (8.2.2)$$

8.3. Capacidade de Produção

Definição Além dos dados estatísticos serão necessários determinar se o processo será possível dentro das exigências impostas tanto pela produção quanto pelo cliente. Assim estabelecem os seguintes parâmetros:

1. **Capacidade de Processo:** Possibilidade do processo produzir 99,73% das peças dentro da tolerância estabelecida;

$$CP = \frac{t}{6\sigma} \quad \begin{cases} CP > 1.33, & \text{Processo Capaz} \\ 1.0 \leq CP \leq 1.33, & \text{Processo Razoável} \\ CP \leq 1.0, & \text{Processo Incapaz} \end{cases} \quad (8.3.1)$$

2. **Capabilidade de Processo:** Possibilidade do processo produzir peças sem ajustes a média ou ao desvio padrão;

$$CPK = \min \left(\frac{\bar{x} - LIE}{3\sigma}; \frac{LSE - \bar{x}}{3\sigma} \right) \quad \begin{cases} CPK > 1.33, & \text{Capabilidade Boa} \\ 1.0 \leq CPK \leq 1.33, & \text{Capabilidade Razoável} \\ CPK \leq 1.0, & \text{Capabilidade Ruim} \end{cases} \quad (8.3.2)$$

Onde:

- (a) t , Tolerância Dimensional do Processo;
- (b) σ , Desvio Padrão: 8.1.5;
- (c) $\bar{\bar{x}}$, Média Global: 8.1.3;
- (d) LSE , Tolerância Superior;
- (e) LIE , Tolerância Inferior;

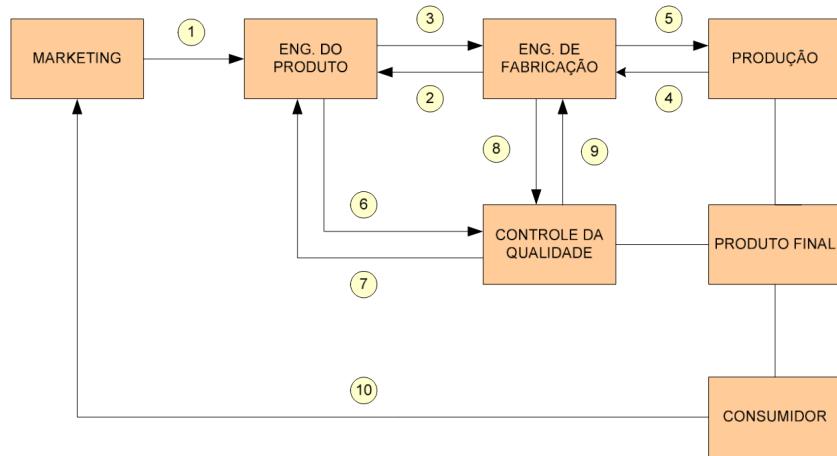
9. Engenharia de Fabricação

Definição Planejamento e criação dos processos para o desenvolvimento de um produto de sucesso de uma empresa que seja capaz de atender aos seguintes resultados:

1. Alta Intercambialidade;
2. Alta Qualidade;
3. Alto Custo Benefício;

9.1. Organograma Industrial

Definição Toda planta industrial possui uma organização dos setores que serão responsáveis pelo desenvolvimento de um produto, cada qual seu processo específico em comunicação com os demais. Entre os principais divisões estão:



Onde:

1. **Marketing:** Responsável pelo levantamento das necessidades do cliente através de pesquisas de mercado relacionadas à aceitação ou não de determinado produto;
2. **Engenharia do Produto:** Responsável pela definição das dimensões, tolerâncias e outras características necessárias para o produto, realizando protótipos para valiar as normas e requisitos legais;
3. **Produção:** Responsável pela manufatura do produto nas quantidades desejadas nos prazos determinados, elaborando um PCP, Planejamento e Controle da Produção;
4. **Controle de Qualidade:** Responsável pelo feedback do produto final as demais etapas que o desenvolveram, considerando diferentes métricas do controle estatístico de processo:
 - (a) **Controle:** Criação de um plano para controlar o processo de fabricação ao longo do tempo;
 - (b) **Feedback:** Avaliar se os produtos finais atendem as especificações de projeto estabelecidas, julgando sua capacidade produtiva;
 - (c) **Segurança:** Estabelecer protocolos que garantam a segurança para as operações nas máquinas utilizadas no processo de fabricação;
 - (d) **Tolerâncias:** Determinar as tolerâncias funcionais realmente necessárias para o produto e especificá-las;
5. **Engenharia de Fabricação:** Responsável por conciliar o projeto, o processo produtivo e a qualidade desejada para o produto desenvolvido;

9.2. Layouts Produtivos

Definição Toda planta industrial possui uma organização de sua produção que agrupará ferramentas e demais dispositivos utilizados para fabricação do produto. Entre os principais organizações estão:

1. **Funcional:** Agrupamento das máquinas por sua funcionalidade;
 - (a) **Vantagens:** Flexibilidade, pois quebras de equipamentos não paralisam a produção além de facilitar a capacitação dos funcionários;
 - (b) **Desvantagens:** Controle de produção será mais complexo, pois deverá considerar os deslocamentos entre regiões;
2. **Linha:** Agrupamento das máquinas na sequência dos processos;
 - (a) **Vantagens:** Redução do **Lead Time**, tempo de entrega, controle de produção simplificado e mão de obra menos qualificada;
 - (b) **Desvantagens:** Baixa flexibilidade, alto investimento inicial, quebra de máquinas ou mudanças no processo paralizam a produção;
3. **Celular:** Agrupamento das máquinas, maximizando a eficiência das atividades;
 - (a) **Vantagens:** Redução dos custos de montagem, aumento da capacidade de utilização das máquinas e unificação e multifuncionalidade do operador;
 - (b) **Desvantagens:** Baixa flexibilidade de produção, alto tempo de implementação da célula e baixa mobilidade das máquinas;

10. Processos de Fabricação

Definição Realização de atividades que modifiquem, pela aplicação de tensões externas, o produto com a finalidade de incrementar o valor pago pelo cliente. Procedimentos como estes dependeram do material utilizado, da qualidade desejada e da quantidade necessária para atender as demandas produtivas.

10.1. Processos de Fundição

Definição Criação de corpos através da solidificação do material no interior de um molde, sendo classificados da seguinte maneira:

1. **MA, Molde de Areia:** Utilização de areia para criação do molde, usando a gravidade para vazamento do metal líquido;
2. **MC, Molde de Casca:** Utilização de uma resina fenólica para criação do molde, semelhante ao molde de areia;
3. **MP, Molde Permanente:** Utilização de metal ou grafite para criação do molde, usando a gravidade para vazamento do líquido;
4. **CO, Coquilha:** Utilização de metal para criação do molde onde o metal é vazado sob pressão;
5. **CP, Cera Perdida:** Utilização de cera para criação do molde que se desintegra após confecção com as seguintes características:

Cada processo possuirá diferentes vantagens e desvantagens de acordo com as necessidades produtivas do projeto como descrito pela seguinte tabela:

Característica	MA	MC	MP	CO	CP
Acabamento	Baixo	Alto	Alto	Alto	Alto
Custo	Baixo	Baixo	Alto	Alto	Baixo
Forma	Simples	Simples	Complexa	Complexa	Complexa
Precisão	Baixa	Baixa	Alta	Alta	Alta
Molde	Areia	Resina	Metal	Metal	Plástico
Reciclagem	Sim	Sim	Não	Não	Não
Volume	Baixo	Baixo	Alto	Alto	Alto
T_f	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Baixa

Tabela 10.1: Vantagens e Desvantagens por Processo de Fundição

Baseado nessas características pode-se estabelecer a seguinte árvore de decisão para selecionar o processo mais adequado:

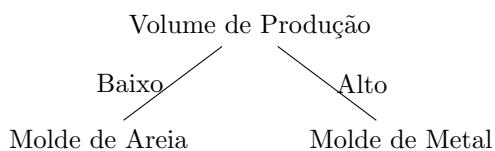


Figura 10.1: Árvore de Decisão para Processo

Note que isto não inclui todas as características dos sistemas, assim deve-se considerá-la juntamente com a tabela acima descrita durante a decisão.

10.2. Processo de Conformação Plástica

Definição Aplicação de forças sem remoção de material do corpo, não superando a tensão de ruptura σ_r , agindo na região plástica do material, ou seja, causando deformações permanentes como descritos nos processos abaixo:

1. **Estampagem:** Corte ou dobra de chapas metálicas, com as seguintes características:
 - (a) **Exemplo:** Arruelas;
 - (b) **Qualidade:** ;
 - (c) **Temperatura:** Frio;
2. **Extrusão:** Compressão do material por embolo, direta se a pressão e a saída possuem o mesmo sentido e indireta caso contrário, com as seguintes características:
 - (a) **Exemplo:** Perfil de Alumínio;
 - (b) **Qualidade:** Dependerá do maquinário, há criação de chevrons;
 - (c) **Temperatura:** Direta normalmente a Quente e Indireta normalmente a Frio;
3. **Forjamento:** Compressão do material, com as seguintes características:
 - (a) **Exemplo:** Virabrazim;
 - (b) **Qualidade:** ;
 - (c) **Temperatura:** Quente, requer mais etapas, Frio, requer menos etapas;
4. **Trefilação:** Tração do material contra uma matriz, com as seguintes características:
 - (a) **Exemplo:** Fios;
 - (b) **Qualidade:** Dependerá do maquinário, geralmente excelente qualidade superficial;
 - (c) **Temperatura:** Frio;
5. **Laminação:** Compressão do material por cilindros laminadores, cuja rigidez garante melhores resultados, com as seguintes características:
 - (a) **Exemplo:** Chapas;
 - (b) **Qualidade:** Dependerá do maquinário e processo, menor redução maior qualidade;
 - (c) **Temperatura:** Frio e Quente;

Há diferenças entre estar acima da linha de recristalização, a Quente, ou abaixo, a Frio, em realizar os procedimentos acima descritos, desta maneira deve-se considerar as seguintes características:

1. **Trabalho a Quente:** Suporta mais deformação, terá pior acabamento;
2. **Trabalho a Frio:** Suporta menos deformação, terá melhor acabamento;

10.3. Processo de Usinagem

Definição Aplicação de forças com remoção de material do corpo, superando a tensão de ruptura σ_r com grande flexibilidade produtiva com qualidade superficial. Nestes procedimentos, aplicados em grande e pequena escala, empregam os seguintes conceitos:

1. **Movimento de Corte:** Movimento em direção à peça para remoção única de material;
2. **Movimento de Avanço:** Movimento ao longo da peça para remoção contínua de material;
3. **Direção de Corte:** Vetor da direção de corte instantânea;
4. **Direção de Avanço:** Vetor da direção de avanço instantânea;
5. **Velocidade Corte:** Velocidade instantânea na aresta de corte, descrita pela seguinte equação:

$$V_C = \frac{\pi d n}{1000} \quad \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right] \quad (10.3.1)$$

Onde:

- (a) **d,** Diâmetro da Peça em mm;

- (b) n , Rotação em RPM;
- 6. **Avanço:** Distância percorrida na direção de avanço em $\frac{\text{mm}}{\text{rotação}}$.
- 7. **Profundidade de Corte:** Distância de penetração da aresta de corte;

Neste processos haverão diferentes maquinários que podem atingir formas distintas que devem ser selecionadas de acordo com as demais de projeto. Entre os principais pode-se listar os que seguem:

1. **Aplainamento** Processo para obtenção de superfícies planas, ferramenta ou peça realizam movimentos retilíneos alternativos;

- (a) **Exemplo:** Peças Planas;
- (b) **Tolerância:** IT7 à IT11;
- (c) **Rugosidade:** Não Apresentada;

2. **Alargamento** Processo para aumento de furos, ferramenta tracionada contra a peça geralmente após furação;

- (a) **Exemplo:** Furos Redondos;
- (b) **Tolerância:** IT7 à IT11;
- (c) **Rugosidade:** Não Apresentada;

Procedimento viável para pequenos lotes de pequenos furos, opta-se por Brochamento em grandes lotes de pequenos furos e por Mandrilamento para furos grandes, independente da quantidade.

3. **Brochamento** Processo para obtenção de furos passantes, ferramenta tracionada contra a peça;

- (a) **Exemplo:** Engrenagens, Furos não Redondos;
- (b) **Tolerância:** IT5 à IT8;
- (c) **Rugosidade:** N8 à N10;

4. **Furação:** Processo para obtenção de furos, ferramenta rotaciona enquanto a peça permanece estática;

- (a) **Exemplo:** Furos Redondos;
- (b) **Tolerância:** IT10 à IT11;
- (c) **Rugosidade:** N8 à N9;

5. **Fresamento:** Processo para remoção de material, ferramenta multi-cortante rotaciona enquanto a peça permanece estática;

- (a) **Exemplo:** Peças Gerais;
- (b) **Tolerância:** IT9 à IT11;
- (c) **Rugosidade:** N7 à N9;

6. **Mandrilamento:** Processo para obtenção de superfícies cilíndricas ou cônicas internas, ferramenta rotaciona enquanto a peça permanece estática;

- (a) **Exemplo:** Interiores Cilíndricos e Cônicos;
- (b) **Tolerância:** IT9 à IT11;
- (c) **Rugosidade:** N7 à N9;

7. **Retificação:** Processo para obtenção de superfícies acabadas, ferramenta rotaciona enquanto a peça permanece estática retirando pouco material;

- (a) **Exemplo:** Acabamentos;
- (b) **Tolerância:** IT4 à IT5;
- (c) **Rugosidade:** N3 à N6;

8. **Torneamento:** Processo para obtenção de superfícies de revolução, ferramenta translada enquanto a peça rotacional em seu próprio eixo;

- (a) **Exemplo:** Peças de Revolução;
- (b) **Tolerância:** IT6 à IT11;
- (c) **Rugosidade:** N6 à N9;

10.4. Sobremetal

Definição Quantidade de material extra necessário para um processo seja aplicado em uma peça, este será **Ótimo** se assegura a qualidade a um custo acessível. Desta maneira, pode-se estimar o sobremetal ideal, S_T , através das seguintes equações:

$$S_T = \underbrace{d_{\text{peça bruta}} - d_{\text{peça final}}}_{\text{Superfície Externa}} \quad S_T = \underbrace{d_{\text{peça final}} - d_{\text{peça bruta}}}_{\text{Superfície Interna}} \quad (10.4.1)$$

Nota-se que para realização de qualquer procedimento será necessário reservar uma quantidade de material mínima, S_{\min} , de acordo com as características desejadas de tolerâncias, rugosidade e qualidade, sendo expressa pela seguinte equação:

$$S_{\min} = R_{\max_{i-1}} + t_{i-1} + \rho_{i-1} + \epsilon_i \quad (10.4.2)$$

Onde:

1. $R_{\max_{i-1}}$, **Altura Máxima**: Representa a altura máxima da rugosidade obtida na operação anterior;
2. t_{i-1} , **Profundidade Danificada**: Representa a profundidade danificada na operação anterior. Note que na prática pode-se analisar o parâmetro $R_{\max_{i-1}} + t_{i-1}$ conjuntamente, realizando as seguintes aproximações:

$$R_{\max_{i-1}} + t_{i-1} = \begin{cases} 0.3 \text{ mm}, & \text{Barras Laminadas;} \\ 0.8 \text{ a } 1.5 \text{ mm}, & \text{Fundidos Comprimento Menores } 100 \text{ mm;} \\ 2 \text{ a } 6 \text{ mm,} & \text{Fundidos Comprimento Maiores } 100 \text{ mm;} \end{cases} \quad (10.4.3)$$

Caso trate-se de um tratamento térmico, busca-se endurecer a superfície sem danificá-la, logo $t_{i-1} = 0$.

3. ρ_{i-1} , **Desvios de Posições**: Representa desvios de posição ou alteração de referência durante a montagem;
4. ϵ_i , **Erros de Montagem**: Valores tabelados de erros de montagem, caso trate-se de uma retificação sem centros, $\epsilon_i = 0$;

Apesar dos cálculos serem realizados igualmente será necessário considerar as dimensões máximas e mínimas possíveis pelas tolerâncias das peças, portanto define-se a seguinte figura:

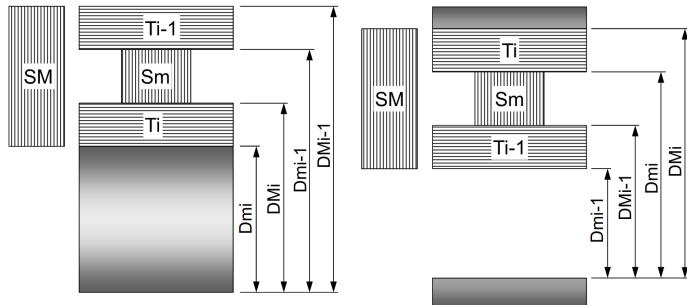


Figura 10.2: Regiões de Sobremetal

Onde:

1. Dm_{i-1} , Máxima Dimensão Operação Anterior;
2. Dm_i , Mínima Dimensão Operação Anterior;
3. DM_i , Máxima Dimensão Operação Atual;
4. Dm_i , Mínima Dimensão Operação Atual;
5. T_{i-1} , Tolerância Operação Anterior;
6. T_i , Tolerância Operação Atual;
7. S_{\max} , Sobremetal Máximo;

8. S_{\min} , Sobremetal Mínimo;

Apesar das definições apresentadas há valores usuais aplicados para diferentes operações e grupos de peças. Desta maneira deve-se considerar as seguintes sugestões:

- Faceamento:** Considera-se uma qualidade de trabalho de IT8;

Diâmetro [mm]	Sobremetal Mínimo [mm]
0 a 30	1.5
30 a 80	2.0
80 a 150	3.0

Tabela 10.2: Sobremetal Faceamento

- Torneamento:** Considera-se uma qualidade de trabalho de IT6;

Diâmetro [mm]	Sobremetal Mínimo [mm]
0 a 50	0.8
50 a 100	1.0
100 a 180	1.2

Tabela 10.3: Sobremetal Torneamento $L/D < 6$

- Retificação:** Considera-se uma qualidade de trabalho de IT4;

Diâmetro [mm]	Sobremetal Mínimo [mm]
0 a 100	0.1
100 a 200	0.11
200 a 300	0.14
300 a 500	0.2

Tabela 10.4: Sobremetal Retificação

Engrenagens Curvas envolventes são extremamente importantes para que não ocorram problemas que gerem desgastes prematuros das peças. Desta maneira o sobremetal deve ser retirado em operações de acabamento da cabeça do dente até o diâmetro interno.

10.5. Processos Metalúrgicos

Definição Modificações relacionadas a altas temperaturas sobre os corpos, sendo classificados da seguinte maneira:

- Metalurgia do Pó:** Processo de transformação de pó em peças resistentes, empregando-se apenas pressão e calor não ultrapassando a temperatura de fusão;
 - Exemplo:** Molibdênio e Tungstênio;
- Soldagem:** Processo de junção de peças por meio ou não da adição de metais a depender das características desejadas e dos materiais empregados;
 - Exemplo:** Chips Computacionais;

10.6. Tratamentos Térmicos

Definição Processos Metalúrgicos de transformação da estrutura dos materiais para melhoria das propriedades físicas dos materiais através do rearranjo de sua estrutura cristalina, entre os principais estão:

1. **Amolecimento:** Processo para redução da dureza, remoção de tensões residuais, melhoria da tenacidade e restauração da ductilidade;
 - (a) **Procedimento:** Recozimento de recristalização ou normalização;
2. **Coalescimento:** Processo para aumentar a ductilidade de aços com alto teor de carbono;
 - (a) **Procedimento:** Aquecimento e Resfriamento acima e abaixo da zona crítica respectivamente durante longo tempo;
3. **Endurecimento:** Processo para aumentar a resistência mecânica ao desgaste e a fadiga, sendo altamente dependente do teor de carbono do aço;
 - (a) **Procedimento:** Têmpera ou Martêmpera;
4. **Normalização:** Processo para homogeneização da estrutura após forjamento antes da Têmpera ou Revenimento;
 - (a) **Procedimento:** Austenitização;
5. **Recozimento:** Processo para reduzir a dureza do aço, aumentando a usinabilidade e facilidade de trabalho a frio;
 - (a) **Procedimento:** Não Informado;
6. **Revenimento:** Processo para incrementar a relação entre dureza e ductilidade da peça;
 - (a) **Procedimento:** Aquecimento e manutenção por tempo suficiente baixo da zona crítica para equalização;
7. **Têmpera:** Processo para obtenção de estrutura de dureza elevada através da formação de martensita;
 - (a) **Procedimento:** Aquecimento por tempo suficiente acima da zona crítica e resfriamento rápido;

11. Planejamento do Processo

Definição Decidir qual será a sequência necessária, até mesmo ideal, de processos de fabricação necessários para criação de um produto comercializável a partir de ideias. Incluiu-se neste procedimento as seguintes etapas:

1. **Interpretação do Desenho:** Visualização e compreensão das formas envolvidas no projeto, procurando definir quais seriam os procedimentos mais adequados para a peça;
2. **Seleção dos Materiais:** Procura de matéria prima que redução a massa perdida durante o processo e atenda as demais mecânicas do projeto e de aplicação da peça;
3. **Seleção dos Processos:** Define-se procedimentos que sejam comuns entre famílias de peças, ordenando a produção para otimizar a utilização de maquinário;
4. **Seleção das Tolerâncias:** Consideram-se os equipamentos aplicados para que as tolerâncias, e consequentemente, as dimensões das peças sejam apropriadas;
5. **Seleção das Referências:** Define-se superfícies ou partes das peças para referenciar os diferentes procedimentos para que estes sejam atendam as tolerâncias geométricas;
6. **Seleção dos Maquinários:** Escolhem-se quais equipamentos são necessários para realização dos procedimentos desejados;

Não há metodologias formais para descrever a realização destas tarefas, assim seu aprendizado dependerá de experiência, habilidade e intuição. Realizam-se estes planejamentos a fim de reduzir custos, minimizar erros e padronizar processos, todos buscando otimizar os investimentos realizados nos procedimentos.

12. Roteiros de Fabricação

Definição Seleção, organização e planejamento das etapas necessárias para realização de um produto ou pedido, considerando todos os processos, equipamentos e necessidades do projeto de acordo com suas operações.

1. **Operações Fundamentais:** Procedimentos dos quais são essenciais e sua fabricação dependerá necessariamente de seu cumprimento;
2. **Operações Complementares:** Procedimentos dos quais são consequências dos procedimentos fundamentais;
3. **Operações Auxiliares:** Procedimentos dos quais corrigem erros introduzidos nos demais procedimentos;
4. **Operações de Inspeção:** Procedimentos dos quais analisando qualidade das peças obtidas ao longo dos procedimentos realizados;