

# USINAGEM



# Controle e Qualidade na Usinagem

## Metrologia Aplicada à Usinagem

### Introdução à Metrologia

A metrologia é a ciência da medição, fundamental para garantir a qualidade e a precisão na fabricação de peças usinadas. Na usinagem, a metrologia é aplicada para verificar dimensões, formas e acabamentos, assegurando que as peças atendam às especificações técnicas exigidas pelo projeto.

O uso de medições precisas é indispensável para manter a intercambiabilidade de componentes, a confiabilidade dos produtos e a eficiência nos processos produtivos. A metrologia não apenas avalia o resultado final da usinagem, mas também orienta ajustes e melhorias durante o processo.

### Instrumentos de Medição

Na usinagem, diversos instrumentos de medição são utilizados para verificar dimensões e garantir que as tolerâncias especificadas sejam respeitadas. Os principais instrumentos incluem:

#### 1. Paquímetro

- **Descrição:** Ferramenta versátil que mede dimensões externas, internas e profundidades.
- **Tipos:** Analógico, digital e de relógio.

- **Aplicação:** Usado para medições rápidas e precisas de peças pequenas e médias, como diâmetros de furos ou espessuras de materiais.

## 2. Micrômetro

- **Descrição:** Instrumento de alta precisão utilizado para medir espessuras e diâmetros externos ou internos.
- **Tipos:** Externo, interno e de profundidade.
- **Aplicação:** Ideal para medições que exigem tolerâncias estreitas, como peças de alta precisão.

## 3. Relógio Comparador

- **Descrição:** Instrumento que mede variações dimensionais com base em um padrão pré-estabelecido.
- **Tipos:** Relógio de alavanca e digital.
- **Aplicação:** Amplamente utilizado em inspeções, como verificar concentricidade, paralelismo ou alinhamento de peças.

Além desses, outros instrumentos como gabaritos, calibres e máquinas de medição por coordenadas (CMM) podem ser empregados, dependendo da complexidade e do nível de precisão exigido.

## Precisão e Tolerância em Usinagem

A precisão e a tolerância são conceitos fundamentais na metrologia aplicada à usinagem, influenciando diretamente a qualidade do produto final.

## 1. Precisão

- Refere-se à capacidade de um instrumento ou processo de obter medições próximas ao valor real.
- Na usinagem, uma alta precisão é essencial para garantir a funcionalidade das peças e evitar problemas como encaixes inadequados ou falhas estruturais.

## 2. Tolerância

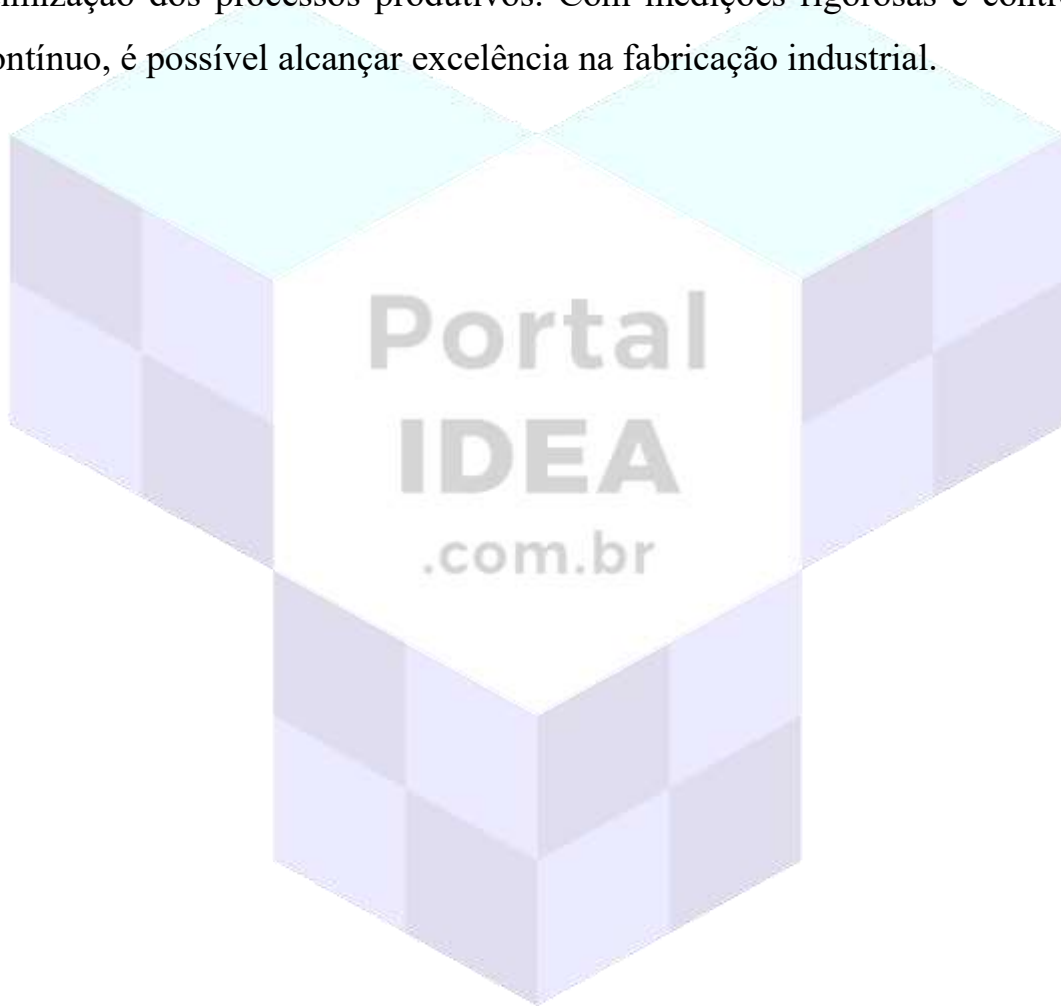
- Define os limites aceitáveis de variação nas dimensões de uma peça.
- Representada como **tolerância dimensional** ( $\pm$ ) ou **geométrica**, é especificada em projetos para assegurar a intercambiabilidade e a compatibilidade entre componentes.
- Exemplos de tolerância:
  - Tolerância apertada:  $\pm 0,01$  mm – usada em peças críticas.
  - Tolerância ampla:  $\pm 0,5$  mm – aplicada em peças menos exigentes.

## 3. Rugosidade e Acabamento Superficial

- Além das dimensões, a qualidade da superfície é avaliada por meio de parâmetros de rugosidade.
- Acabamentos suaves ou ásperos podem influenciar o desempenho funcional de componentes, como em vedação ou deslizamento.

## Considerações Finais

A metrologia aplicada à usinagem é essencial para assegurar que os componentes fabricados atendam aos padrões de qualidade e funcionalidade esperados. O domínio dos instrumentos de medição e a compreensão de conceitos como precisão e tolerância são fundamentais para operadores, engenheiros e técnicos, permitindo a fabricação de peças confiáveis e a otimização dos processos produtivos. Com medições rigorosas e controle contínuo, é possível alcançar excelência na fabricação industrial.



# Planejamento de Processos na Usinagem

## Planejamento de Operações e Sequência de Usinagem

O planejamento de processos é a etapa inicial e crucial em qualquer operação de usinagem. Ele envolve a análise do desenho técnico, a escolha da sequência ideal de operações e a definição de estratégias para garantir precisão e eficiência na fabricação.

### 1. Definição das Operações

- Identificar todas as operações necessárias para fabricar a peça, como torneamento, fresamento, furação ou retificação.
- Classificar as operações em ordem lógica: desbaste (remoção de material bruto), semiacabamento (aproximação às dimensões finais) e acabamento (precisão e qualidade superficial).

### 2. Sequência de Usinagem

- Determinar a ordem em que as operações serão realizadas para evitar retrabalho e maximizar a produtividade.
- Exemplo de sequência:
  - Operações iniciais: cortes rústicos e desbastes.
  - Operações intermediárias: fresamento ou torneamento de contornos e cavidades.
  - Operações finais: furos, rosqueamentos e acabamentos superficiais.

### 3. Análise de Viabilidade

- Avaliar a capacidade da máquina e a compatibilidade com as ferramentas disponíveis.
- Considerar a possibilidade de realizar múltiplas operações em uma única fixação para reduzir tempos de setup.

### Escolha de Ferramentas e Definição de Parâmetros

A escolha das ferramentas de corte e a definição dos parâmetros são aspectos essenciais do planejamento, pois impactam diretamente a eficiência do processo e a qualidade do produto.

#### 1. Escolha de Ferramentas

- Selecionar ferramentas de corte adequadas ao material da peça e ao tipo de operação.
- Levar em conta fatores como:
  - Geometria e revestimento da ferramenta.
  - Vida útil e custo de reposição.
  - Exemplo: fresas de metal duro para cortes precisos e brocas de aço rápido para operações básicas.

#### 2. Definição de Parâmetros

- **Velocidade de Corte ( $V_c$ ):** Determinada pelo material da peça e da ferramenta. Velocidades mais altas aumentam a remoção de material, mas exigem ferramentas resistentes ao calor.
- **Avanço ( $f$ ):** Ajustado para balancear produtividade e acabamento superficial.

- **Profundidade de Corte (ap):** Definida para maximizar a eficiência sem comprometer a estabilidade da máquina ou da peça.
- **Refrigeração:** Seleção de fluidos de corte para minimizar atrito e dissipar o calor.

### 3. Testes e Ajustes

- Realizar testes para validar as condições de corte e ajustar os parâmetros conforme necessário.

### Cálculo de Tempo de Máquina e Custos

O planejamento de processos também inclui a estimativa do tempo necessário para concluir cada operação e o cálculo dos custos envolvidos.

#### 1. Cálculo do Tempo de Máquina

- **Fórmula Básica:**
  - $\text{Tempo de Usinagem} = \text{Comprimento do Corte} \div (\text{Avanço} \times \text{Velocidade de Rotação}).$
- Considerar tempos adicionais, como troca de ferramentas e setup da máquina.
- Exemplo: Se o comprimento de corte é de 100 mm, o avanço é de 0,1 mm/rev e a velocidade é de 1000 rpm, o tempo será:
  - $100 \div (0,1 \times 1000) = 1 \text{ minuto}.$



## 2. Cálculo de Custos

- Custos fixos: Amortização de máquinas e ferramentas.
- Custos variáveis: Mão de obra, energia e consumo de ferramentas.
- Exemplo:
  - $\text{Custo total} = (\text{tempo de máquina} \times \text{taxa por hora}) + \text{custos de ferramentas} + \text{custos de setup}.$

## 3. Análise de Rentabilidade

- Avaliar a relação entre custo e produtividade para identificar melhorias no processo.

## Considerações Finais

Um planejamento eficiente de processos na usinagem é indispensável para garantir a qualidade, a eficiência e a competitividade no mercado. A correta definição das operações, a escolha adequada de ferramentas e parâmetros, além de uma estimativa precisa de tempos e custos, contribuem para otimizar os recursos e atender às demandas do cliente com excelência.

# Segurança no Ambiente de Usinagem

## Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) Necessários

O uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) é essencial para a segurança dos trabalhadores no ambiente de usinagem, protegendo contra riscos como partículas projetadas, ruídos, cortes, queimaduras e exposição a substâncias químicas. Os EPIs mais comuns incluem:

### 1. Óculos de Proteção

- Protegem os olhos contra partículas metálicas, cavacos e fagulhas geradas durante a usinagem.
- Devem ser resistentes a impactos e, em alguns casos, conter proteção lateral.

### 2. Protetores Auriculares

- Reduzem a exposição a ruídos gerados por máquinas-ferramenta, prevenindo danos auditivos.
- Exemplos: abafadores de ruído ou plugs auriculares.

### 3. Luvas de Proteção

- Utilizadas para proteger as mãos contra cortes, abrasões e produtos químicos.
- Importante: Não usar luvas próximas a partes rotativas da máquina para evitar enroscos.

### 4. Aventais e Mangas

- Protegem o corpo contra fagulhas, cavacos e fluidos de corte.
- Feitos de materiais resistentes ao calor e ao corte.

## **5. Calçados de Segurança**

- Evitam lesões nos pés causadas por queda de peças ou ferramentas.
- Devem possuir biqueira de aço e sola antiderrapante.

## **6. Máscaras Respiratórias**

- Utilizadas em operações que geram poeira ou vapores tóxicos, protegendo o sistema respiratório.

## **Boas Práticas de Segurança no Ambiente de Trabalho**

Manter um ambiente de trabalho seguro depende da adoção de práticas que promovam a proteção dos trabalhadores e a eficiência das operações.

Algumas boas práticas incluem:

### **1. Organização**

- Manter a área de trabalho limpa e organizada para evitar acidentes, como escorregões e tropeços.
- Armazenar ferramentas e peças de forma ordenada.

### **2. Treinamento**

- Oferecer treinamentos regulares para operadores, abordando o uso correto das máquinas, ferramentas e EPIs.
- Promover o conhecimento das normas de segurança aplicáveis.

### **3. Inspeções Regulares**

- Realizar inspeções frequentes nos EPIs e no maquinário para identificar possíveis problemas.
- Substituir equipamentos danificados imediatamente.

#### **4. Sinalização**

- Utilizar placas e avisos para indicar áreas de risco, como partes móveis das máquinas e superfícies quentes.
- Identificar claramente as saídas de emergência.

#### **5. Postura e Concentração**

- Adotar posturas corretas ao operar máquinas para evitar fadiga e lesões.
- Trabalhar com atenção total à tarefa, evitando distrações.

### **Prevenção de Acidentes e Manutenção do Maquinário**

A prevenção de acidentes é um dos principais objetivos no ambiente de usinagem. Para isso, a manutenção adequada do maquinário e medidas preventivas são indispensáveis:

#### **1. Inspeção de Máquinas**

- Verificar regularmente componentes como eixos, rolamentos e ferramentas de corte para identificar desgastes ou danos.
- Garantir que os sistemas de lubrificação e refrigeração estejam funcionando corretamente.

#### **2. Manutenção Preventiva**

- Realizar manutenções programadas para evitar falhas inesperadas.
- Limpar e ajustar as máquinas periodicamente para garantir seu bom funcionamento.

### **3. Proteções Mecânicas**

- Certificar-se de que as máquinas estejam equipadas com proteções adequadas para impedir o acesso a partes móveis durante a operação.

### **4. Procedimentos de Emergência**

- Estabelecer e treinar os trabalhadores em protocolos de emergência, como desligamento rápido de máquinas e evacuação.

### **5. Uso de Ferramentas Adequadas**

- Utilizar ferramentas em bom estado e adequadas ao tipo de operação.
- Nunca forçar o uso de ferramentas inadequadas, pois isso pode causar acidentes e danos ao equipamento.

### **Considerações Finais**

A segurança no ambiente de usinagem é uma responsabilidade coletiva, que envolve o uso correto de EPIs, a aplicação de boas práticas no local de trabalho e a manutenção constante dos equipamentos. Um ambiente seguro não só protege os trabalhadores, mas também aumenta a eficiência e a qualidade dos processos, promovendo um ambiente de trabalho mais produtivo e confiável.