

TÉCNICO EM MECÂNICA



MÓDULO III
USINAGEM



2025 - INEPROTEC

Diretor Pedagógico	EDILVO DE SOUSA SANTOS
Diagramação	MICHEL MARTINS NOGUEIRA
Capa	MICHEL MARTINS NOGUEIRA
Elaboração	INEPROTEC

Direitos Autorais: É proibida a reprodução parcial ou total desta publicação, por qualquer forma ou meio, sem a prévia autorização do INEPROTEC, com exceção do teor das questões de concursos públicos que, por serem atos oficiais, não são protegidas como Direitos Autorais, na forma do Artigo 8º, IV, da Lei 9.610/1998. Referida vedação se estende às características gráficas da obra e sua editoração. A punição para a violação dos Direitos Autorais é crime previsto no Artigo 184 do Código Penal e as sanções civis às violações dos Direitos Autorais estão previstas nos Artigos 101 a 110 da Lei 9.610/1998.

Atualizações: A presente obra pode apresentar atualizações futuras. Esforçamo-nos ao máximo para entregar ao leitor uma obra com a melhor qualidade possível e sem erros técnicos ou de conteúdo. No entanto, nem sempre isso ocorre, seja por motivo de alteração de software, interpretação ou falhas de diagramação e revisão. Sendo assim, disponibilizamos em nosso site a seção mencionada (Atualizações), na qual relataremos, com a devida correção, os erros encontrados na obra e sua versão disponível. Solicitamos, outros sim, que o leitor faça a gentileza de colaborar com a perfeição da obra, comunicando eventual erro encontrado por meio de mensagem para contato@ineprotec.com.br.

VERSÃO 2.0 (01.2025)

Todos os direitos reservados à
Ineprotec - Instituto de Ensino Profissionalizante e Técnico Eireli
Quadra 101, Conjunto: 02, Lote: 01 - Sobreloja
Recanto das Emas - CEP: 72.600-102 - Brasília/DF
E-mail: contato@ineprotec.com.br
www.ineprotec.com.br

Sumário

ABERTURA

SOBRE A INSTITUIÇÃO

- Educação Tecnológica, Inteligente e Eficiente
- Missão
- Visão
- Valores

SOBRE O CURSO

- Perfil profissional de conclusão e suas habilidades
- Quesitos fundamentais para atuação
- Campo de atuação
- Sugestões para Especialização Técnica
- Sugestões para Cursos de Graduação

SOBRE O MATERIAL

- Divisão do Conteúdo
- Boxes

BASE TEÓRICA

INTRODUÇÃO

PARÂMETROS DE USINAGEM

- Velocidade de Corte
- Avanço
- Fórmulas Importantes
- Profundidade de Corte
- Rpm – Rotações por Minuto
- Potência de Usinagem e Potência de Máquina
- Cálculo da Potência de Usinagem
- Tempo de Usinagem
- Rugosidade

CÓDIGOS DE PASTILHAS INTERCAMBIÁVEIS E SUPORTES

- Sistema de Codificação ISO
- Sistema de Codificação dos Suportes
- Pastilhas Especiais para Usinagem de Precisão

TÉCNICAS DE AJUSTAGEM

- Serramento
- Retificação
- Polimento
- Recuperação de Furos
- Afiação de Ferramentas
- Rasqueteamento
- Rebitagem
- Alargamento
- Rosqueamento
- Furação
- Traçagem
- Limagem

TÉCNICAS DE TORNEAMENTO

- Afiação de Ferramentas para Torneamento
- Perfilamento
- Alargamento em Torno
- Facetamento
- Rosqueamento Em Torno
- Furação Em Torno
- Torneamento Excêntrico
- Torneamento De Superfície Cônica (Externa E Interna)
- Torneamento De Superfície Cilíndrica Entre Pontas
- Torneamento De Superfície Cilíndrica Entre Placa E Ponta
- Torneamento De Superfície Cilíndrica Externa E Interna

TÉCNICAS DE FRESAMENTO

- Fresagem de Perfis “V”, “T” e Rabo de Andorinha
- Fresagem de Superfícies Convexas, Côncavas e Planas
- Montagem de Acessórios na Fresadora
- Operações de Alinhamento, Alargamento, Furação e Esquadrejamento
- Fresagem De Oblongo
- Fresagem De Engrenagens

PROCESSOS DE USINAGEM A CNC

- Linguagem De Programação Iso
- Planos De Trabalho E Pontos De Referência
- Sistema De Coordenadas
- Funções Preparatórias “G” E Funções Auxiliares “M”
- Estrutura De Programação
- Cálculos Trigonométricos Aplicados
- Ciclos De Usinagem
- Softwares De Cam (Tipos E Características)

SESSÕES ESPECIAIS

MAPA DE ESTUDO

SÍNTESE DIRETA

MOMENTO QUIZ

GABARITO DO QUIZ

REFERÊNCIAS

Módulo III

USINAGEM

Abertura

SOBRE A INSTITUIÇÃO

Educação Tecnológica, Inteligente e Eficiente

O Instituto de Ensino Profissionalizante e Técnico (INEPROTEC) é uma instituição de ensino que valoriza o poder da educação e seu potencial de transformação.

Nascemos da missão de levar educação de qualidade para realmente impactar a vida dos nossos alunos. Acreditamos muito que a educação é a chave para a mudança.

Nosso propósito parte do princípio de que a educação transforma vidas. Por isso, nossa base é a inovação que aliada à educação, resulta na formação de alunos de grande expressividade e impacto para a sociedade. Aqui no INEPROTEC, o casamento entre tecnologia, didática e interatividade é realmente levado a sério e todos os dias otimizado para constante e contínua evolução.

Missão

A nossa missão é ser símbolo de qualidade, ser referência na área educacional presencial e a distância, oferecendo e proporcionando o acesso e permanência a cursos técnicos, desenvolvendo e potencializando o talento dos estudantes tornando-os, assim, profissionais de sucesso e cidadãos responsáveis e capazes de atuar como agentes de mudança na sociedade.

Visão

O INEPROTEC visa ser um instituto de ensino profissionalizante e técnico com reconhecimento nacional, comprometida com a qualidade e excelência de seus cursos, traçando pontes para oportunidades de sucesso, tornando-se, assim, objeto de desejo para os estudantes.

Valores

Ciente das qualificações exigidas pelo mercado de trabalho, o INEPROTEC tem uma visão que prioriza a valorização de cursos essenciais e pouco ofertados para profissionais que buscam sempre a atualização e especialização em sua área de atuação.

SOBRE O CURSO

O curso TÉCNICO EM MECÂNICA pertence ao Eixo Tecnológico de CONTROLE E PROCESSOS INDUSTRIAIS.

Vejam algumas informações importantes sobre o curso TÉCNICO EM MECÂNICA relacionados ao **perfil profissional de conclusão e suas habilidades, quesitos fundamentais para atuação, campo de atuação** e, também algumas sugestões interessantes para continuação dos estudos optando por **Especializações Técnicas** e/ou **Cursos de Graduação**.

Perfil profissional de conclusão e suas habilidades

- Programar, controlar e executar processos de fabricação mecânica para máquinas e equipamentos mecânicos atendendo às normas e aos padrões técnicos de qualidade, saúde e segurança e de meio ambiente.
- Planejar, aplicar e controlar procedimentos de instalação, de manutenção e inspeção mecânica de máquinas e equipamentos.
- Elaborar projetos de produtos relacionados a máquinas e equipamentos mecânicos especificando materiais para construção mecânica por meio de técnicas de usinagem, soldagem e conformação mecânica.
- Realizar inspeção visual, dimensional e testes em sistemas, instrumentos e equipamentos mecânicos, pneumáticos, hidráulicos e eletromecânicos de máquinas.
- Reconhecer tecnologias inovadoras presentes no segmento visando a atender às transformações digitais na sociedade.

Quesitos fundamentais para atuação

- Conhecimentos e saberes relacionados aos processos de planejamento, produção e manutenção de equipamentos mecânicos de modo a assegurar a saúde e a segurança dos trabalhadores e dos usuários.
- Conhecimentos e saberes relacionados à sustentabilidade do processo produtivo, às técnicas e aos processos de produção, às normas técnicas, à liderança de equipes, à solução de problemas técnicos e trabalhistas e à gestão de conflitos.

Campo de atuação

- Indústrias de alimentos e bebidas, de instrumentos médico-hospitalares, têxteis, de artigos de borracha e plástico, de produtos químicos, metalmecânica, de máquinas e equipamentos, aeroespaciais, automobilística e de instrumentos de medida.

Sugestões para Especialização Técnica

- Especialização Técnica em Usinagem por CNC.
- Especialização Técnica em Ensaio Mecânicos.
- Especialização Técnica em Mecânica Automotiva.
- Especialização Técnica em Eficiência Energética em Edificações.
- Especialização Técnica em Eficiência Energética Industrial.
- Especialização Técnica em Implantação e Comissionamento de Parques Eólicos.
- Especialização Técnica em Biocombustíveis.
- Especialização Técnica em Biogás e Biometano.
- Especialização Técnica em Aproveitamento Energético de Biogás.

Sugestões para Cursos de Graduação

- Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica.
- Curso Superior de Tecnologia em Processos Metalúrgicos.
- Bacharelado em Engenharia Mecânica.
- Bacharelado em Engenharia de Produção Mecânica.
- Bacharelado em Engenharia Metalúrgica.

SOBRE O MATERIAL

Os nossos materiais de estudos são elaborados pensando no perfil de nossos cursistas, contendo uma estruturação simples e clara, possibilitando uma leitura dinâmica e com volume de informações e conteúdos considerados básicos, mas fundamentais e essenciais para o desenvolvimento de cada disciplina. Lembrando que nossas apostilas não são os únicos meios de estudo.

Elas, juntamente com as videoaulas e outras mídias complementares, compõem os vários recursos midiáticos que são disponibilizados por nossa Instituição, afim de proporcionar subsídios suficientes a todos, no processo de ensino-aprendizagem durante o curso.

Divisão do Conteúdo

Este material está estruturado em três partes:

- 1) ABERTURA.
- 2) BASE TEÓRICA.
- 3) SESSÕES ESPECIAIS.

Parte 1 - ABERTURA

- Sobre a Instituição.
- Sobre o Curso.
- Sobre o Material.

Parte 2 – BASE TEÓRICA

- Conceitos.
- Observações.
- Exemplos.

Parte 3 – SESSÕES ESPECIAIS

- Mapa de Estudo.
- Síntese Direta.
- Momento Quiz.

Boxes

Além dessas três partes, no desenvolvimento da BASE TEÓRICA temos alguns BOXES interessantes, com intuito de tornar a leitura mais agradável, mesclando um estudo mais profundo e teórico com pausas pontuais atrativas, deixando a leitura do todo “mais leve” e interativa.

Os BOXES são:

- **VOCÊ SABIA?**



São informações complementares contextualizadas com a base teórica, contendo curiosidades que despertam a imaginação e incentivam a pesquisa.

- **PAUSA PARA REFLETIR...**



Um momento especial para descansar a mente do estudo teórico, conduzindo o cursista a levar seus pensamentos para uma frase, mensagem ou indagação subjetiva que leve a uma reflexão pessoal e motivacional para o seu cotidiano.

- **SE LIGA NA CHARADA!**



Se trata de um momento descontraído da leitura, com a apresentação de enigmas e indagações divertidas que favorecem não só a interação, mas também o pensamento e raciocínio lógico, podendo ser visto como um desafio para o leitor.

Base Teórica

INTRODUÇÃO

A usinagem é um dos principais processos de fabricação mecânica, responsável pela obtenção de peças com formas, dimensões e acabamentos definidos a partir da remoção controlada de material excedente.

Esse material, retirado da peça bruta em forma de cavaco, é o que permite alcançar a precisão e a qualidade necessárias para a aplicação dos componentes nas mais diversas áreas industriais.

Neste material, serão abordados os parâmetros básicos, as técnicas de ajustagem, torneamento, fresamento e também os fundamentos da usinagem CNC, preparando o aluno para a prática da fabricação mecânica de alta performance.

PARÂMETROS DE USINAGEM

A determinação adequada dos parâmetros de usinagem é fundamental para garantir a eficiência, a precisão e a segurança nos processos de corte. Cada variável influencia diretamente a qualidade da peça, o tempo de produção e a vida útil das ferramentas:

Velocidade de Corte

A velocidade de corte é definida como a velocidade tangencial relativa entre a peça e a ferramenta de corte, no ponto onde ocorre a remoção do cavaco. Esse parâmetro é essencial para determinar a produtividade e a qualidade do acabamento da peça.

Fórmula para cálculo da velocidade de corte:

$$V_c = \pi \times d \times n$$

Onde:

- V_c = Velocidade de corte (m/min);

- $\pi = 3,14$;
- d = Diâmetro da peça ou da ferramenta (m);
- n = Número de rotações por minuto (RPM).

OBSERVAÇÕES:

- Velocidades de corte muito altas podem causar desgaste prematuro da ferramenta devido ao aumento da temperatura na zona de corte.
- Velocidades muito baixas podem resultar em empastamento de cavacos e acabamento superficial inadequado.

Avanço

O avanço na usinagem refere-se ao deslocamento da ferramenta ou da peça durante o processo de corte, e está diretamente relacionado à espessura do cavaco gerado. Controlar corretamente o avanço é fundamental para garantir a produtividade e a qualidade do acabamento da peça.

Conceito de Avanço:

- O avanço representa a distância percorrida pela ferramenta (ou peça) em cada volta (torneamento, fresamento) ou em cada golpe (serramento, aplainamento).

Tipos de Avanço:

- **Avanço nas ferramentas monocortantes:** deslocamento por volta ou golpe.
- **Avanço por dente nas ferramentas multicortantes:** deslocamento por dente ativo da ferramenta (fresas, brocas, etc.).

Fórmulas Importantes

Para ferramentas monocortantes:

$$a = \frac{\text{deslocamento (mm)}}{\text{voltas ou golpes}}$$

Para ferramentas multicortantes (avanço por dente):

$$ad = \frac{a}{z}$$

Onde:

- ad = Avanço por dente (mm/dente);
- a = Avanço (mm/volta);
- z = Número de dentes da ferramenta.

OBSERVAÇÕES:

Influência do Avanço:

- **Avanço maior:** aumento da taxa de remoção de material, mas possível queda no acabamento superficial e maior esforço na ferramenta.
- **Avanço menor:** melhora o acabamento da peça, mas reduz a produtividade.

Dica	Descrição
Avanço muito alto	Causa vibração, desgaste prematuro e superaquecimento.
Avanço muito baixo	Pode gerar empastamento de cavaco e perda de produtividade.
Escolha ideal	Equilibrar acabamento desejado com a produtividade necessária.

Figura 1: Quadro de dicas práticas.

Profundidade de Corte

A profundidade de corte é a medida da espessura do material removido em uma única passagem da ferramenta sobre a peça. Esse parâmetro influencia diretamente a quantidade de material removido, o esforço sobre a ferramenta e a potência necessária para o processo de usinagem.

- **Definição:** A profundidade de corte é a distância entre a superfície original da peça e a superfície usinada após a passagem da ferramenta.
- **Símbolo utilizado:** a_p (depth of cut, em inglês).
- **Ilustração Conceitual (Sugestão de imagem):** Mostrar uma seção transversal da peça, indicando claramente a profundidade entre a superfície original e a nova superfície usinada.

Importância:

- A profundidade de corte determina a largura do cavaco.
- Afeta diretamente o volume de material removido por passe.
- Influencia a força de corte, o desgaste da ferramenta e o tempo de usinagem.

OBSERVAÇÕES:

1. **Maior profundidade de corte:** reduz o número de passes necessários, mas exige maior potência da máquina e pode acelerar o desgaste da ferramenta.
2. **Menor profundidade de corte:** melhora o controle dimensional e o acabamento superficial, porém aumenta o tempo de usinagem.

Rpm – Rotações por Minuto

O número de rotações por minuto (RPM) é a quantidade de voltas que a peça ou a ferramenta de corte realiza em torno de seu eixo em um minuto. O valor de RPM é fundamental para ajustar corretamente a velocidade de corte e, conseqüentemente, garantir a eficiência do processo de usinagem.

- **Definição:** RPM indica quantas vezes a peça ou a ferramenta completa um giro completo em 60 segundos.
- **Cálculo do RPM:** Para encontrar o RPM ideal, utilizamos a seguinte fórmula:

$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times d}$$

Onde:

- n = número de rotações por minuto (RPM);
- Vc = velocidade de corte (m/min);
- d = diâmetro da peça ou da ferramenta (mm);
- $\pi = 3,14$.

OBSERVAÇÕES:

Influência do RPM:

1. RPM elevado demais pode causar superaquecimento e desgaste prematuro da ferramenta.
2. RPM baixo demais pode prejudicar a formação do cavaco e comprometer o acabamento superficial.

Potência de Usinagem e Potência de Máquina

Durante o processo de usinagem, uma quantidade significativa de energia é necessária para realizar o corte do material. Essa energia é convertida principalmente em calor, deformação plástica do cavaco e trabalho mecânico efetivo. Assim, conhecer a potência requerida é essencial para selecionar a máquina adequada e planejar o processo.

Definições:

- **Potência de Usinagem (P_u):** É a potência efetivamente consumida para remover o cavaco durante o corte.
- **Potência de Máquina (P_m):** É a potência real necessária na máquina operatriz, considerando as perdas por atrito, ineficiências e acionamentos mecânicos.

Relação Geral:

$$P_m = \frac{P_u}{\eta}$$

Onde:

- P_m = Potência da máquina (kW);
- P_u = Potência de usinagem (kW);
- η = Rendimento da máquina (em decimal).

Cálculo da Potência de Usinagem

A potência de usinagem pode ser calculada pela fórmula:

$$P_u = \frac{F_c \times V_c}{60 \times 1000}$$

Onde:

- P_u = Potência de usinagem (kW);
- F_c = Força de corte (N);
- V_c = Velocidade de corte (m/min).

Importância Prática:

- Evitar sobrecarga na máquina operatriz.
- Selecionar motores adequados para suportar o esforço do processo.
- Melhorar a eficiência energética da produção.
-

Tempo de Usinagem

O tempo de usinagem é o intervalo necessário para que a ferramenta realize a operação de corte ao longo do comprimento da peça. Esse parâmetro é essencial para o planejamento de produção, cálculo de custos e otimização dos processos.

- **Definição:** Tempo de usinagem (ttt) é o tempo gasto pela ferramenta para percorrer toda a distância de corte prevista.

Em processos rotativos (como torneamento, furação ou fresamento), o tempo de usinagem é calculado por:

$$t = \frac{L}{f \times n}$$

Onde:

- t = Tempo de usinagem (minutos);
- L = Comprimento a ser usinado (mm);
- f = Avanço por rotação (mm/rot);
- n = Número de rotações por minuto (RPM).

Fatores que Influenciam o Tempo de Usinagem:

- Aumento do avanço diminui o tempo de usinagem.
- Aumento da rotação diminui o tempo de usinagem.
- Comprimentos maiores naturalmente exigem mais tempo.

Rugosidade

Durante o processo de usinagem, a superfície gerada nunca é perfeitamente lisa, mesmo que a olho nu pareça regular. A rugosidade é a medida das irregularidades microscópicas deixadas pela ferramenta no material, sendo um dos principais fatores que definem a qualidade do acabamento superficial.

- **Definição:** Rugosidade é o conjunto de irregularidades finas que formam a textura da superfície usinada, resultantes do processo de remoção de cavaco.
- **Representação:** A rugosidade é representada pelo símbolo Ra, que expressa a média aritmética dos desvios da superfície em relação a uma linha média de referência. A unidade utilizada é o micrômetro (μm).

Principais Fatores que Influenciam a Rugosidade:

- Tipo de ferramenta e seu desgaste.
- Parâmetros de corte (avanço, velocidade de corte, profundidade de corte).
- Estabilidade da fixação da peça e da máquina.
- Condições de refrigeração e lubrificação.
- Material da peça usinada.

Processo	Rugosidade Média (R_a em μm)
Torneamento de desbaste	3,2 – 12,5
Torneamento de acabamento	0,8 – 3,2
Fresamento	1,6 – 6,3
Retificação	0,1 – 1,6

Figura 2: Tabela Simplificada de Rugosidade Típica por Processo.



VOCÊ SABIA?

Origem dos Primeiros Tornos Mecânicos

Os primeiros tornos conhecidos datam de aproximadamente **1300 a.C.**, no Egito Antigo.

Nessa época, o torno era movido manualmente por duas pessoas: enquanto uma girava a peça utilizando uma corda, a outra aplicava uma ferramenta rudimentar para cortar a madeira.

Esse princípio básico de fazer a peça girar enquanto a ferramenta corta foi mantido até os modernos tornos CNC atuais.

CÓDIGOS DE PASTILHAS INTERCAMBIÁVEIS E SUPORTES

No ambiente industrial, a correta identificação de ferramentas é fundamental para a padronização dos processos de usinagem. Para isso, utiliza-se um sistema normatizado de codificação, especialmente no caso das pastilhas intercambiáveis e seus suportes, baseado em normas ISO.

Definições:

- **Pastilhas intercambiáveis** são elementos de corte fabricados em materiais duros (como metal duro, cerâmica ou cermet) que são fixados em suportes apropriados.
- **Suportes** são dispositivos metálicos que sustentam a pastilha de corte, assegurando a rigidez necessária durante a operação.

Sistema de Codificação ISO

A norma ISO define códigos alfanuméricos que especificam:

- O **formato** da pastilha.
- O **tipo de quebra-cavaco**.
- O **tipo de fixação**.
- As **dimensões principais** (tamanho, espessura, raio de ponta).

SNMG 120408

Figura 3: Código típico de uma pastilha.

Letra/Grupo	Significado
S	Forma da pastilha (quadrada)
N	Tolerância dimensional
M	Tipo de quebra-cavaco
G	Tipo de fixação
12	Lado da pastilha (12 mm)
04	Espessura (4,76 mm)
08	Raio de ponta (0,8 mm)

Figura 4: Significado de cada parte 1.

Sistema de Codificação dos Suportes

Assim como as pastilhas, os suportes também seguem uma codificação ISO, indicando:

- Tipo de suporte (interno ou externo).
- Ângulo de ataque.
- Direção de operação (direita, esquerda ou neutra).
- Tamanho da haste.
- Sistema de fixação da pastilha (parafuso, alavanca, cunha).

PCLNR 2525 M12]

Figura 5: Código típico de uma pastilha.

Letra/Grupo	Significado
S	Forma da pastilha (quadrada)
N	Tolerância dimensional
M	Tipo de quebra-cavaco
G	Tipo de fixação
12	Lado da pastilha (12 mm)
04	Espessura (4,76 mm)
08	Raio de ponta (0,8 mm)

Figura 6: Significado de cada parte 2.

Importância da Codificação:

- Facilita a seleção correta da ferramenta para cada tipo de operação.
- Garante intercambialidade entre fabricantes diferentes.
- Permite padronização nos almoxarifados de ferramentas.
-

Pastilhas Especiais para Usinagem de Precisão

Na usinagem de peças que exigem elevados padrões de acabamento superficial, tolerâncias dimensionais rigorosas e controle de forma, utilizam-se pastilhas especiais projetadas especificamente para operações de precisão.

Definição: Pastilhas especiais de usinagem de precisão são ferramentas de corte otimizadas para proporcionar excelente qualidade de superfície, alta estabilidade dimensional e durabilidade em aplicações críticas.

Características Principais das Pastilhas de Precisão:

- **Geometria controlada:** ângulos e arestas desenhados para minimizar forças de corte e vibrações.
- **Raio de ponta reduzido:** geralmente menor que 0,4 mm para favorecer o acabamento superficial fino.
- **Cobertura (coating) avançada:** revestimentos como TiAlN, CVD, PVD que aumentam a resistência ao desgaste e reduzem o atrito.
- **Material de base refinado:** compostos de metal duro ultrafino, cermet ou cerâmica para resistência térmica e estabilidade.
- **Aresta positiva:** facilita a penetração no material e diminui esforços, evitando deformações.

Aplicações Típicas:

- Fabricação de peças para a indústria aeronáutica (ex.: peças de motores).
- Componentes para a indústria médica (ex.: implantes ortopédicos).
- Usinagem de moldes de alta precisão.
- Produção de engrenagens de alta performance.
- Itens de precisão em automotivo (ex.: virabrequins, eixos).

Característica	Pastilha Comum	Pastilha de Precisão
Raio de ponta	0,8 mm ou superior	0,2 mm a 0,4 mm
Tipo de usinagem	Desbaste geral	Acabamento fino
Tolerâncias obtidas	Médias	Rigorosas
Vida útil (em operação adequada)	Média	Alta
Custo	Mais baixo	Mais elevado

Figura 7: Tabela de Comparação: Pastilhas Comuns vs. Pastilhas de Precisão.

**SE LIGA NA CHARADA!****PERGUNTA:**

Por que o torno foi ao psicólogo?

RESPOSTA:

Porque ele estava girando em círculos e não saía do lugar!

TÉCNICAS DE AJUSTAGEM

A ajustagem é uma etapa essencial nos processos de fabricação e manutenção mecânica, sendo responsável pela preparação final, correção de defeitos e ajustes finos em peças usinadas ou semiacabadas.

Diferentemente das operações automáticas realizadas em máquinas-ferramenta, as técnicas de ajustagem são predominantemente manuais, exigindo do profissional habilidades específicas, paciência e conhecimento profundo sobre materiais, ferramentas e métodos.

Dentro da prática da ajustagem, encontramos operações que vão desde cortes e ajustes de medidas, até acabamentos e reparos minuciosos. Essas técnicas são utilizadas tanto para o ajuste de peças novas quanto para a recuperação de componentes desgastados, garantindo a funcionalidade e a precisão de sistemas mecânicos.

A seguir, estudaremos detalhadamente as principais técnicas de ajustagem, seus princípios, aplicações e cuidados essenciais.

Serramento

O serramento é uma das operações mais básicas da ajustagem mecânica. Ele consiste em dividir ou remover excessos de material por meio da ação de uma serra equipada com múltiplos dentes cortantes.

O processo pode ser realizado manualmente, com serras de arco, ou mecanicamente, utilizando serras alternativas, circulares ou de fita.

Durante o serramento manual, é fundamental fixar bem a peça na morsa, marcar a linha de corte de forma precisa e movimentar a serra de maneira constante e alinhada, aplicando força moderada apenas no sentido de corte. A escolha correta da lâmina também é importante: materiais duros exigem lâminas com maior número de dentes por polegada, enquanto materiais mais macios permitem lâminas com dentes mais espaçados.

EXEMPLO:

Cortar manualmente uma barra de aço de 20 mm de diâmetro utilizando uma serra de arco com lâmina de 24 dentes por polegada.

Retificação

A retificação é um processo de usinagem por abrasão utilizado para obter superfícies com alta precisão dimensional e excelente acabamento superficial.

Ao contrário de operações de desbaste, a retificação remove quantidades muito pequenas de material, corrigindo deformações ou irregularidades provenientes de processos anteriores.

Nessa operação, a escolha adequada do rebolo (quanto à granulação, tipo de abrasivo e liga) é determinante para o sucesso do trabalho. A retificação pode ser realizada em máquinas planas, cilíndricas externas e internas, sendo utilizada para peças que exigem tolerâncias rigorosas.

Para evitar superaquecimento, que pode provocar queima superficial, é necessário utilizar sistemas adequados de lubrificação e controlar a profundidade de corte.

EXEMPLO:

Retificar um eixo de aço carbono, reduzindo seu diâmetro de 50,02 mm para 50,00 mm com tolerância IT7.

Polimento

O polimento é uma técnica de acabamento destinada a suavizar a superfície da peça, reduzir a rugosidade e melhorar a aparência visual.

Em muitos casos, o polimento também contribui para propriedades técnicas, como resistência à corrosão e menor atrito entre superfícies em contato.

Esse processo é realizado aplicando abrasivos muito finos sobre a peça, geralmente utilizando rodas de polir, pastas abrasivas ou panos rotativos impregnados. O operador deve controlar cuidadosamente a pressão e a velocidade para evitar a deformação do material ou o surgimento de riscos.

EXEMPLO:

Polir uma superfície de aço inox até atingir acabamento espelhado ($Ra < 0,4 \mu m$), utilizando politriz e pasta de polimento.

Recuperação de Furos

Ao longo da vida útil de uma peça, é comum que furos sofram desgaste, ovalização ou desalinhamento. A recuperação de furos é a técnica empregada para restaurar suas dimensões e condições originais, permitindo a reutilização do componente.

A recuperação pode ser feita por diversos métodos, como alargamento para instalação de buchas de reparo, soldagem e nova usinagem, ou mandrilamento corretivo. Em todos os casos, a concentricidade e o alinhamento do furo precisam ser criteriosamente verificados.

EXEMPLO:

Recuperar um alojamento de eixo ovalizado, realizando alargamento e instalação de uma bucha de aço temperado.

Afição de Ferramentas

Com o uso contínuo, as ferramentas de corte perdem seu fio, o que compromete a eficiência e a qualidade do corte. A afiação é a operação destinada a restaurar a geometria original da aresta de corte, garantindo que a ferramenta continue desempenhando seu papel adequadamente.

O processo exige atenção à preservação dos ângulos de corte originais, bem como ao controle da temperatura gerada, para evitar a perda da têmpera do material. Esmeriladoras de bancada, afiadoras específicas e até pedras de afiar podem ser utilizadas.

EXEMPLO:

Reafiar uma broca helicoidal de 10 mm, garantindo o ângulo de ponta padrão de 118°.

Rasqueteamento

O rasqueteamento é uma técnica manual extremamente precisa, usada para ajustar superfícies planas ou cilíndricas, geralmente com o objetivo de melhorar o contato entre superfícies móveis e fixas, como guias de máquinas-ferramenta.

Essa operação é realizada com ferramentas chamadas rasquetes, que retiram pequenas quantidades de material, criando micropontos de apoio e bolsões para retenção de

lubrificação. O operador utiliza tinta de contraste para identificar as áreas de contato excessivo e orientar o trabalho.

EXEMPLO:

Rasquetear a guia prismática de um torno paralelo, restaurando o contato ideal com o carro transversal.

Rebitagem

A rebitagem é um método de união mecânica permanente, em que duas ou mais peças são fixadas por meio da deformação plástica de rebites.

É muito empregada em estruturas aeronáuticas, caldeiraria e construção metálica leve, quando se deseja união durável sem necessidade de soldagem.

Durante a operação, é necessário furar as peças a serem unidas, inserir o rebite e deformá-lo adequadamente, garantindo firmeza e integridade estrutural.

EXEMPLO:

Realizar a fixação de painéis de alumínio aeronáutico utilizando rebites sólidos aplicados com rebitadora pneumática.

Alargamento

O alargamento é a operação de acabamento que visa aumentar ligeiramente o diâmetro de um furo pré-existente, garantindo um perfeito ajuste dimensional e ótimo acabamento superficial.

Ele é especialmente necessário após a furação inicial, para remover imperfeições e assegurar tolerâncias mais rigorosas.

Alargadores manuais ou montados em máquinas são utilizados, sempre com movimentos contínuos e utilização de fluido de corte.

EXEMPLO:

Alargar um furo inicial de 9,8 mm para 10,0 mm, preparando alojamento de pino guia de precisão.

Rosqueamento

O rosqueamento é a operação destinada à formação de roscas internas ou externas, utilizadas em sistemas de fixação, ajustes e mecanismos de movimentação.

Roscas internas são feitas com machos, enquanto roscas externas são feitas com cossinetes. Para garantir a qualidade, é necessário lubrificar bem a peça e realizar pequenas quebras de cavaco durante o processo, evitando emperramentos.

EXEMPLO:

Executar uma rosca interna M12x1,75 em uma peça de aço SAE 1020 utilizando jogo de machos manuais.

Furação

Furar consiste em criar orifícios cilíndricos em peças sólidas, uma das operações mais recorrentes na ajustagem e usinagem em geral.

Brocas helicoidais são as ferramentas mais comuns para essa operação, podendo ser utilizadas manualmente ou em máquinas furadeiras.

O procedimento inclui marcar corretamente o centro do furo, utilizar punção para evitar o desvio da broca, e controlar a velocidade e o avanço durante a perfuração.

EXEMPLO:

Furar uma chapa de aço carbono de 10 mm de espessura utilizando broca de 12 mm em furadeira de bancada.

Traçagem

A traçagem é a operação que permite a transferência de medidas e formas do desenho técnico para a peça, estabelecendo referências precisas para cortes, furos e ajustes.

Ela é realizada utilizando riscadores, grampos de altura, compassos e mesas de traçagem. A precisão nessa etapa é crucial para evitar erros nas operações subsequentes.

EXEMPLO:

Traçar os furos de fixação de um suporte metálico com auxílio de régua e riscador.

Limagem

A limagem é um método manual de remoção controlada de material, ideal para pequenos ajustes, correções de forma, eliminação de rebarbas ou acabamento de superfícies.

Diferentes tipos de limas (planas, redondas, meia-cana, triangulares) são escolhidos conforme a geometria da área a ser ajustada.

EXEMPLO:

Realizar o ajuste fino do rasgo de chaveta em um eixo utilizando uma lima chata para ajuste de tolerância.



VOCÊ SABIA?

A Primeira Máquina-Ferramenta de Controle Numérico

A primeira máquina operada por **controle numérico (CN)** foi criada em **1949**, no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT).

Ela utilizava cartões perfurados para armazenar instruções — um sistema muito mais lento e limitado que os modernos G-codes atuais, mas que revolucionou para sempre a indústria de manufatura.

TÉCNICAS DE TORNEAMENTO

O torneamento é uma das operações mais tradicionais e versáteis da usinagem mecânica, sendo realizado em tornos convencionais ou CNC.

Neste processo, a peça gira em torno de seu próprio eixo enquanto a ferramenta de corte avança, removendo material para gerar superfícies cilíndricas, cônicas, rosqueadas, perfis ou furos.

O domínio das técnicas de torneamento é essencial para a fabricação de eixos, pinos, buchas, parafusos, peças de precisão e componentes industriais em geral.

Afiação de Ferramentas para Torneamento

A qualidade do corte no torneamento depende diretamente do estado da ferramenta. Uma ferramenta bem afiada assegura menor esforço de corte, melhor acabamento superficial e aumento da vida útil tanto da peça quanto da própria ferramenta.

No processo de afiação para torneamento, é fundamental observar:

- O **ângulo de ataque**: facilita a penetração da ferramenta no material.

- O **ângulo de saída**: libera o cavaco, reduzindo o atrito.
- O **ângulo de ponta**: influencia a robustez da aresta cortante.

A afiação é feita utilizando esmeriladoras e afiadoras, respeitando as especificações de geometria conforme o tipo de material a ser usinado (aço, ferro fundido, alumínio, entre outros).

EXEMPLO:

Afiação de ferramenta de aço rápido para torneamento de aço-carbono, ajustando o ângulo de ponta para 60° e ângulo de ataque para 15°.

Perfilamento

O perfilamento consiste em moldar a superfície externa da peça de acordo com formas específicas, como esferas, chanfros, contornos côncavos ou convexos.

Essa operação exige:

- Preparação adequada da ferramenta de forma.
- Controle preciso dos movimentos do carro transversal e do carro superior.
- Observação cuidadosa das dimensões traçadas na peça.

O perfilamento pode ser feito manualmente em tornos convencionais ou automaticamente por CNC, utilizando perfis programados.

EXEMPLO:

Executar o perfil côncavo em uma peça torneada utilizando ferramenta especial de raio de 10 mm.

Alargamento em Torno

O alargamento no torno é utilizado para corrigir ou ampliar furos previamente abertos, garantindo melhor acabamento e tolerância dimensional.

Esse processo é especialmente importante para alojamentos de pinos ou componentes que exigem ajuste justo. A peça é fixada no torno, e a operação é realizada com alargadores manuais acoplados ao cabeçote móvel ou com ferramentas especiais.

EXEMPLO:

Alargar um furo de 14,8 mm para 15 mm com tolerância H7 em um eixo de aço SAE 1045.

Facetamento

O facetamento é a técnica de produzir superfícies planas, chamadas "faces", normalmente utilizadas para assentar porcas ou elementos de fixação.

Em tornos, o facetamento é realizado movimentando a ferramenta perpendicularmente ao eixo da peça, através do carro transversal. É fundamental garantir que a superfície fique plana e perpendicular ao eixo de rotação da peça.

EXEMPLO:

Executar o facetamento em um eixo de transmissão para permitir o alojamento de uma arruela de fixação.

Rosqueamento Em Torno

O rosqueamento em torno consiste na criação de filetes helicoidais internos ou externos diretamente sobre a peça, utilizando ferramentas específicas.

Esse processo pode ser realizado de duas formas:

- **Manual**, com machos e cossinetes fixados no cabeçote móvel.
- **Automatizada**, com ferramentas de perfil trapezoidal montadas no carro principal, sincronizando avanço e rotação.

É necessário ajustar corretamente a relação entre avanço e RPM para obter a rosca desejada.

EXEMPLO:

Usinar rosca externa M20x2,5 diretamente no torno mecânico utilizando ferramenta de perfil.

Furação Em Torno

A furação no torno é realizada com a peça girando e a broca parada, fixada no cabeçote móvel.

Essa técnica garante grande precisão na centralização do furo, sendo ideal para furos profundos ou centrais em peças cilíndricas.

É fundamental facear previamente a peça e utilizar punção de centro quando necessário, além de realizar o furo em etapas, para evitar superaquecimento da broca.

EXEMPLO:

Furar um eixo de 40 mm de diâmetro com broca de 10 mm até uma profundidade de 60 mm.

Torneamento Excêntrico

O torneamento excêntrico é utilizado para usinar superfícies cilíndricas cujos eixos são diferentes do eixo principal de rotação da peça.

Isso é feito ajustando a fixação da peça na placa de quatro castanhas independentes, deslocando o centro desejado. Esse tipo de operação requer balanceamento e velocidade de rotação reduzida para evitar vibrações.

EXEMPLO:

Usinar uma biela com pino excêntrico em relação ao corpo principal.

Torneamento De Superfície Cônica (Externa E Interna)

O torneamento cônico é empregado para fabricar peças que possuem diâmetros variáveis ao longo do comprimento, como eixos cônicos, buchas de ajuste ou ferramentas cônicas.

Existem três métodos básicos para torneiar superfícies cônicas:

- Inclinar o carro superior do torno.
- Deslocar a contraponta.
- Utilizar tornos CNC programados para movimentação simultânea dos eixos.

EXEMPLO:

Tornear o cone Morse nº 3 em um eixo, utilizando inclinação do carro superior.

Torneamento De Superfície Cilíndrica Entre Pontas

O torneamento entre pontas é utilizado para peças longas, que necessitam de suporte em ambas as extremidades para evitar flexão durante o corte.

Neste caso, a peça é apoiada na placa de arraste de um lado e no centro da contraponta do outro, garantindo alinhamento e rigidez.

Este método é indicado para a produção de eixos, fusos e componentes similares.

EXEMPLO:

Tornear um eixo de 1 metro de comprimento entre pontas, assegurando cilindricidade de 0,05 mm ao longo do comprimento.

Torneamento De Superfície Cilíndrica Entre Placa E Ponta

Quando a peça apresenta uma extremidade livre e é relativamente curta, o torneamento pode ser feito fixando-a na placa universal e apoiando-a na contraponta.

Este método é uma combinação que oferece precisão sem necessidade de arrastador e placa de arraste.

EXEMPLO:

Tornear uma bucha cilíndrica apoiando um lado na placa e outro na contraponta com centro de apoio.

Torneamento De Superfície Cilíndrica Externa E Interna

O torneamento cilíndrico externo visa reduzir o diâmetro da peça, enquanto o interno é utilizado para alargar furos, corrigindo ou preparando alojamentos internos.

Essas operações exigem controle rigoroso de profundidade de corte, avanço e lubrificação adequada para garantir a precisão das dimensões.

EXEMPLO:

Tornear externamente um eixo de 50 mm para 48 mm e internamente alargar um furo de 40 mm para 42 mm.



PAUSA PARA REFLETIR...

"A perfeição não é um detalhe, mas o detalhe é o que faz a perfeição."

Leonardo da Vinci.

TÉCNICAS DE FRESAMENTO

O fresamento é um dos processos mais importantes da usinagem mecânica, caracterizado pela remoção de material utilizando uma ferramenta rotativa chamada fresa.

Diferente do torneamento, onde a peça gira, no fresamento a ferramenta realiza o movimento de corte, enquanto a peça é fixada e deslocada sob a ação da fresa.

Essa técnica é amplamente utilizada para produzir superfícies planas, perfis complexos, canais, engrenagens e outros componentes.

O fresamento pode ser realizado em fresadoras convencionais ou CNC, e exige do operador conhecimento sobre tipos de fresas, movimentos de corte e fixação das peças.

Fresagem de Perfis “V”, “T” e Rabo de Andorinha

A fresagem de perfis é empregada para criar formas geométricas específicas em peças mecânicas, geralmente utilizadas em sistemas de fixação ou movimentação guiada.

- **Perfil “V”:** utilizado em guias, bases e dispositivos de alinhamento. Produzido com fresa angular a 90° ou 60°, conforme o desenho técnico.
- **Perfil “T”:** aplicado em bancadas de máquinas e dispositivos de fixação, é fresado utilizando fresas tipo "T" específicas.
- **Perfil rabo de andorinha:** muito comum em guias móveis de tornos e fresadoras, fresado com fresa de ângulo específico (geralmente 55° ou 60°).

O operador deve realizar primeiro o fresamento da cava reta (ranhura) e, em seguida, utilizar a fresa específica para o formato desejado, tomando cuidado para manter profundidade e ângulo corretos.

EXEMPLO:

Fresar uma guia em perfil rabo de andorinha para o carro de um torno utilizando fresa de 60°.

Fresagem de Superfícies Convexas, Côncavas e Planas

O fresamento de superfícies variadas é fundamental para criar diferentes formas geométricas na peça:

- **Superfícies planas:** são fresadas utilizando fresas planas de topo ou fresas de facear.
- **Superfícies convexas:** exigem fresas cilíndricas ou fresas especiais de raio positivo.
- **Superfícies côncavas:** fresadas com fresas de raio interno ou fresas de perfil.

Para operações de superfícies curvas, é fundamental controlar a trajetória da fresa e realizar movimentos suaves e contínuos.

EXEMPLO:

Produzir uma superfície côncava em molde de alumínio utilizando fresa hemisférica.

Montagem de Acessórios na Fresadora

A montagem correta de acessórios garante a estabilidade, precisão e segurança durante o processo de fresagem.

Os principais acessórios incluem:

- **Morsas universais:** para fixação segura da peça.
- **Divisores universais:** para fresamento de engrenagens ou peças circulares.
- **Mesas giratórias:** para operações de fresagem circular ou helicoidal.

Antes de iniciar a operação, é imprescindível nivelar e fixar corretamente esses acessórios, garantindo o alinhamento com o eixo da fresa.

EXEMPLO:

Montar um divisor universal para fresagem de uma engrenagem de 40 dentes em aço.

Operações de Alinhamento, Alargamento, Furação e Esquadrejamento

Diversas operações complementares são realizadas em fresadoras, aumentando a versatilidade da máquina:

- **Alinhamento:** garantir que a peça esteja paralela ou perpendicular aos movimentos da mesa.
- **Alargamento:** aumentar furos existentes com alta precisão, utilizando brocas especiais ou alargadores em fresadora.
- **Furação:** abrir furos diretamente na fresadora, utilizando brocas montadas no mandril.
- **Esquadrejamento:** realizar superfícies perfeitamente perpendiculares utilizando fresas de topo.

Essas operações exigem conhecimento sobre ajuste de mesas e fixação adequada da peça.

EXEMPLO:

Realizar o esquadreamento de um bloco de aço para preparar a montagem de um dispositivo de fixação

Fresagem De Oblongo

O fresamento de oblongo é utilizado para criar rasgos alongados, também chamados de furos oblongo ou rasgos de ajuste.

Esta operação é comum em peças que precisam permitir ajustes de posição (exemplo: suportes reguláveis). Utiliza-se fresas de topo e a peça é movimentada simultaneamente em dois eixos (longitudinal e transversal).

EXEMPLO:

Fresar um rasgo oblongo de 20x80 mm em suporte de motor, permitindo ajuste de tensão da correia.

Fresagem De Engrenagens

O fresamento de engrenagens é uma operação especializada, que exige grande precisão na execução dos dentes.

Para isso, utiliza-se um divisor universal e fresas modulares específicas para o tipo e módulo da engrenagem.

Principais tipos de engrenagens fresadas:

- **Engrenagem sem fim:** combinação com rosca sem fim.
- **Cremalheira:** fresada para transmitir movimento retilíneo.

- **Engrenagem côncava ou côncica:** utilizada em transmissões angulares.
- **Engrenagem cilíndrica de dentes retos ou helicoidais:** comuns em transmissões simples.

Cada tipo de engrenagem requer cálculos de divisão e ferramentas específicas, além de ajustes minuciosos na máquina.

EXEMPLO:

Fresar uma engrenagem cilíndrica de dentes retos módulo 2 com 30 dentes, utilizando fresa modular.

**SE LIGA NA CHARADA!****PERGUNTA:**

O que uma fresa disse para a outra quando terminaram o trabalho?

RESPOSTA:

"Agora sim, deixamos tudo nos trinques e sem rebarba!"

PROCESSOS DE USINAGEM A CNC

Com a evolução da tecnologia, os processos de usinagem passaram a incorporar comandos numéricos computadorizados, surgindo então a Usinagem CNC (Controle Numérico Computadorizado).

Esse sistema trouxe grandes vantagens: aumento da precisão, repetibilidade, produtividade, segurança e capacidade de produzir peças complexas com extrema eficiência.

Ao contrário das máquinas convencionais, onde todas as movimentações são controladas manualmente pelo operador, no CNC as operações são programadas por meio de códigos

padronizados, que definem os movimentos, velocidades, avanços e ferramentas a serem utilizadas.

A seguir, veremos os fundamentos dos processos de usinagem CNC, as principais funções de programação e os elementos essenciais para a compreensão e execução de programas.

Linguagem De Programação Isso

A programação CNC padrão é baseada na chamada **linguagem ISO**, também conhecida como **G-code**.

Essa linguagem é composta por códigos alfanuméricos que instruem a máquina sobre os movimentos que deve realizar, parâmetros de corte, seleção de ferramentas, e muito mais.

Os comandos são organizados em linhas (também chamadas de "blocos"), cada uma indicando uma ação a ser executada, como deslocamento da ferramenta, início de corte, troca de ferramenta, entre outros.

Cada linha contém códigos como:

- Códigos de movimento (**G**).
- Códigos auxiliares (**M**).
- Velocidade de avanço (**F**).
- Seleção de ferramenta (**T**).
- Rotação de eixo (**S**).

EXEMPLO:

Um comando típico pode ser:

```
G01X50Y25F200
```

(Movimentar a ferramenta em trajetória linear para o ponto $X = 50 \text{ mm}$ e $Y = 25 \text{ mm}$ com avanço de 200 mm/min.)

Planos De Trabalho E Pontos De Referência

Antes de iniciar qualquer operação em uma máquina CNC, é fundamental definir um **plano de trabalho** e estabelecer **pontos de referência**.

- **Plano de Trabalho:** é o sistema de coordenadas utilizado para programar a trajetória da ferramenta. Os planos mais utilizados são XY (horizontal), XZ (vertical) e YZ.
- **Ponto de Referência (Zero-Peça):** é a origem do sistema de coordenadas na peça, a partir da qual todas as medidas são tomadas.

Existem ainda:

- **Zero-Máquina:** ponto fixo de referência da própria máquina.
- **Zero-Peça:** ponto escolhido pelo programador para facilitar a medição e a usinagem.

Definir corretamente esses pontos garante a correta execução do programa e evita erros de posicionamento.

EXEMPLO:

Estabelecer o ponto 0,0 na borda inferior esquerda da peça para facilitar a programação de usinagem de um perfil.

Sistema De Coordenadas

O sistema de coordenadas no CNC é cartesiano, tridimensional, e pode ser absoluto ou incremental:

- **Sistema Absoluto (G90):** todas as posições são definidas em relação ao ponto zero.
- **Sistema Incremental (G91):** as posições são definidas em relação à posição atual da ferramenta.

O programador deve escolher o sistema mais adequado para cada tipo de operação, podendo inclusive alternar entre eles dentro de um mesmo programa.

EXEMPLO:

1. **G90 G01 X30 Y40** → Move até X = 30, Y = 40 em relação ao ponto zero (absoluto).
2. **G91 G01 X10 Y10** → Move 10 mm para frente em X e 10 mm para frente em Y a partir da posição atual (incremental).

Funções Preparatórias “G” E Funções Auxiliares “M”

As funções de programação são divididas principalmente em dois grupos:

- **Funções Preparatórias (G):** determinam como o movimento ou operação será realizado.

EXEMPLO:

- G00: Movimento rápido (sem corte).
- G01: Movimento linear (com corte).
- G02: Interpolação circular horário.
- G03: Interpolação circular anti-horário.

- **Funções Auxiliares (M):** controlam ações externas ou complementares da máquina.

EXEMPLO:

- M03: Giro do eixo no sentido horário.
- M05: Parar o giro do eixo.
- M06: Troca de ferramenta..
- M08: Ligar o fluido de refrigeração.

A correta utilização desses códigos é essencial para garantir que a operação ocorra conforme o planejado.

Estrutura De Programação

Um programa CNC segue uma estrutura lógica, que inclui:

- **Cabeçalho Inicial:** onde são definidas informações como tipo de sistema de coordenadas, plano de trabalho, seleção de ferramenta e ativação de funções iniciais.
- **Corpo do Programa:** sequência dos movimentos e operações.
- **Finalização:** comandos para parada do eixo, desligamento de refrigeração e retorno ao ponto inicial.
-

Cálculos Trigonométricos Aplicados

Na programação CNC, cálculos trigonométricos são frequentemente usados para definir movimentos em trajetórias inclinadas ou circulares.

Exemplos típicos incluem:

- Cálculo de ângulos para interpolação circular.
- Determinação de posições relativas em trajetórias diagonais.
- Compensação de raios de ferramenta.

O conhecimento de seno, cosseno e tangente é fundamental para elaborar movimentos precisos.

EXEMPLOS:

Calcular as coordenadas de um furo a 45° de um ponto inicial, deslocado 100 mm em X e Y:

- $X = 100 \times \cos(45^\circ) \approx 70,7 \text{ mm.}$
- $Y = 100 \times \sin(45^\circ) \approx 70,7 \text{ mm.}$

Ciclos De Usinagem

Para simplificar e padronizar operações repetitivas, os comandos CNC incluem ciclos fixos:

- **Desbaste:** remoção de grandes volumes de material.
- **Acabamento:** obtenção do perfil e acabamento final.
- **Canal:** usinagem de canais e ranhuras.
- **Furação:** ciclo de perfuração simples ou profundo.
- **Rosqueamento:** execução de roscas internas e externas.

Esses ciclos são ativados por comandos como G81 (furação simples), G84 (rosqueamento), G83 (furação profunda).

Softwares De Cam (Tipos E Características)

Os softwares de CAM (Computer Aided Manufacturing) automatizam a geração de programas CNC a partir de modelos 3D.

Entre suas principais funções:

- Definir trajetórias de ferramenta automaticamente.
- Simular operações para evitar colisões.
- Otimizar estratégias de corte.

Principais softwares CAM:

- **Fusion 360**
- **Mastercam**
- **SolidCAM**
- **NX Siemens**

Esses programas geram automaticamente os G-codes a partir da geometria da peça, reduzindo o tempo de programação e aumentando a confiabilidade.



VOCÊ SABIA?

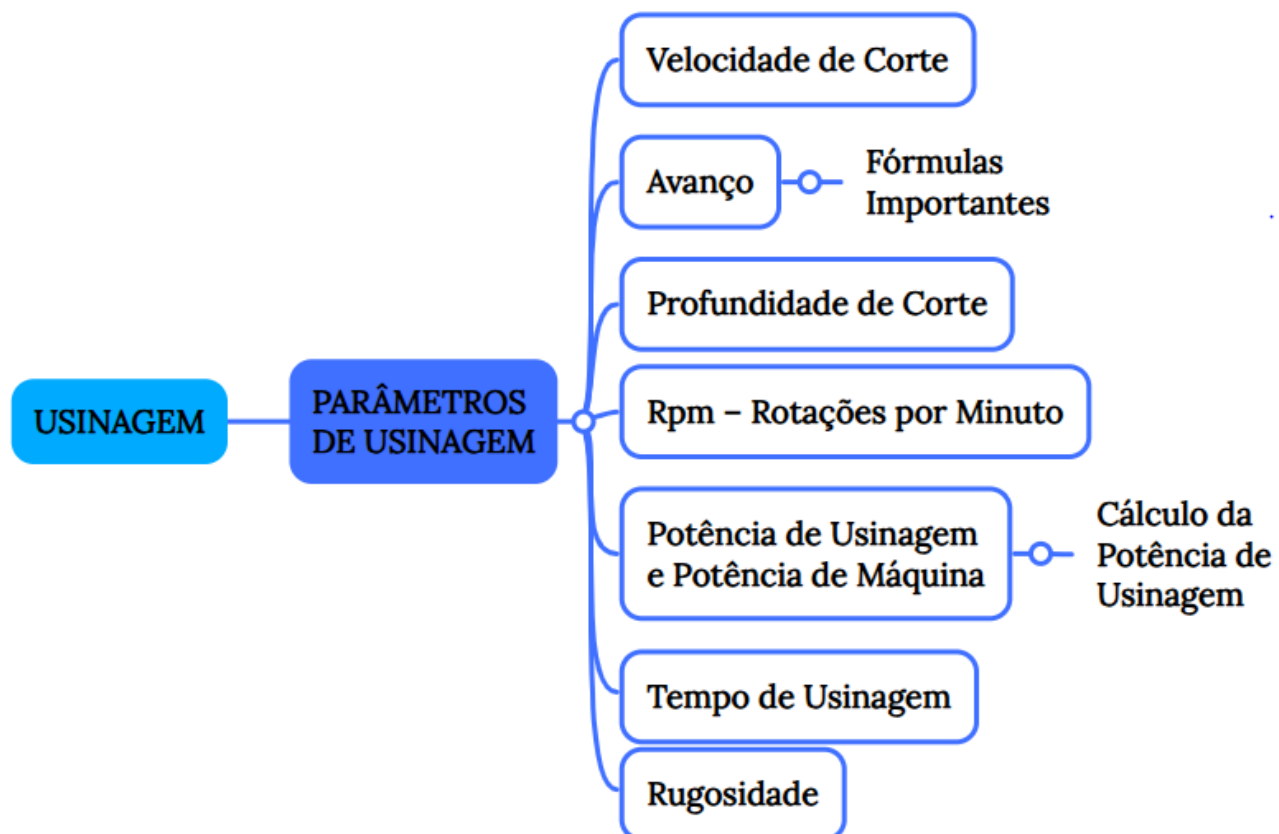
O Fresamento Tornou Possível a Revolução Industrial

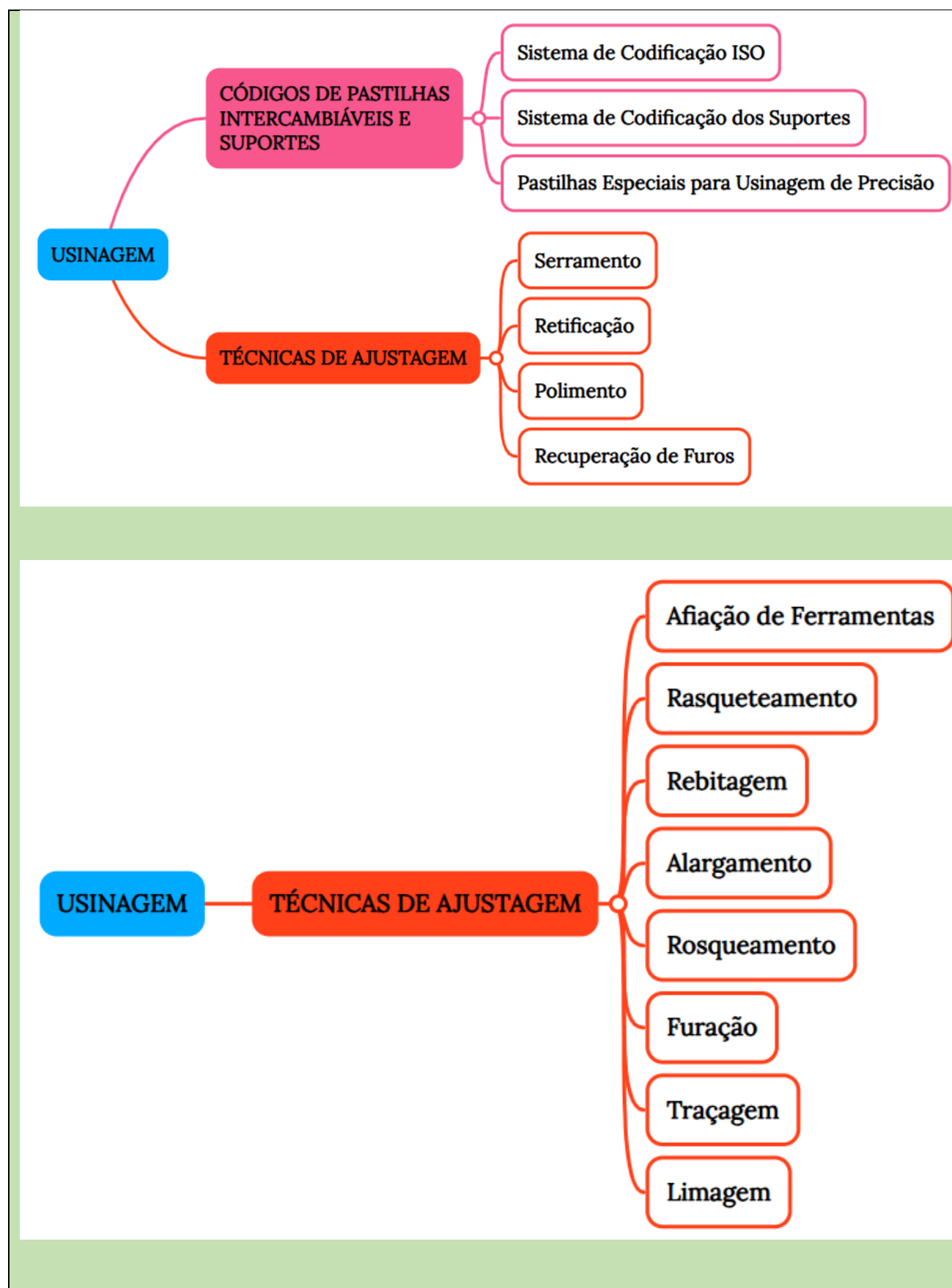
O desenvolvimento da fresadora, no início do século XIX, foi fundamental para a Revolução Industrial, permitindo a produção de peças intercambiáveis com alta precisão.

Antes disso, cada componente era feito manualmente e tinha pequenas diferenças — a padronização trazida pelas máquinas de fresar foi crucial para a fabricação em massa de armas, motores e equipamentos mecânicos.

SESSÕES ESPECIAIS

MAPA DE ESTUDO





USINAGEM

TÉCNICAS DE
TORNEAMENTOAfição de Ferramentas
para Torneamento

Perfilamento

Alargamento em Torno

Facetamento

Rosqueamento Em Torno

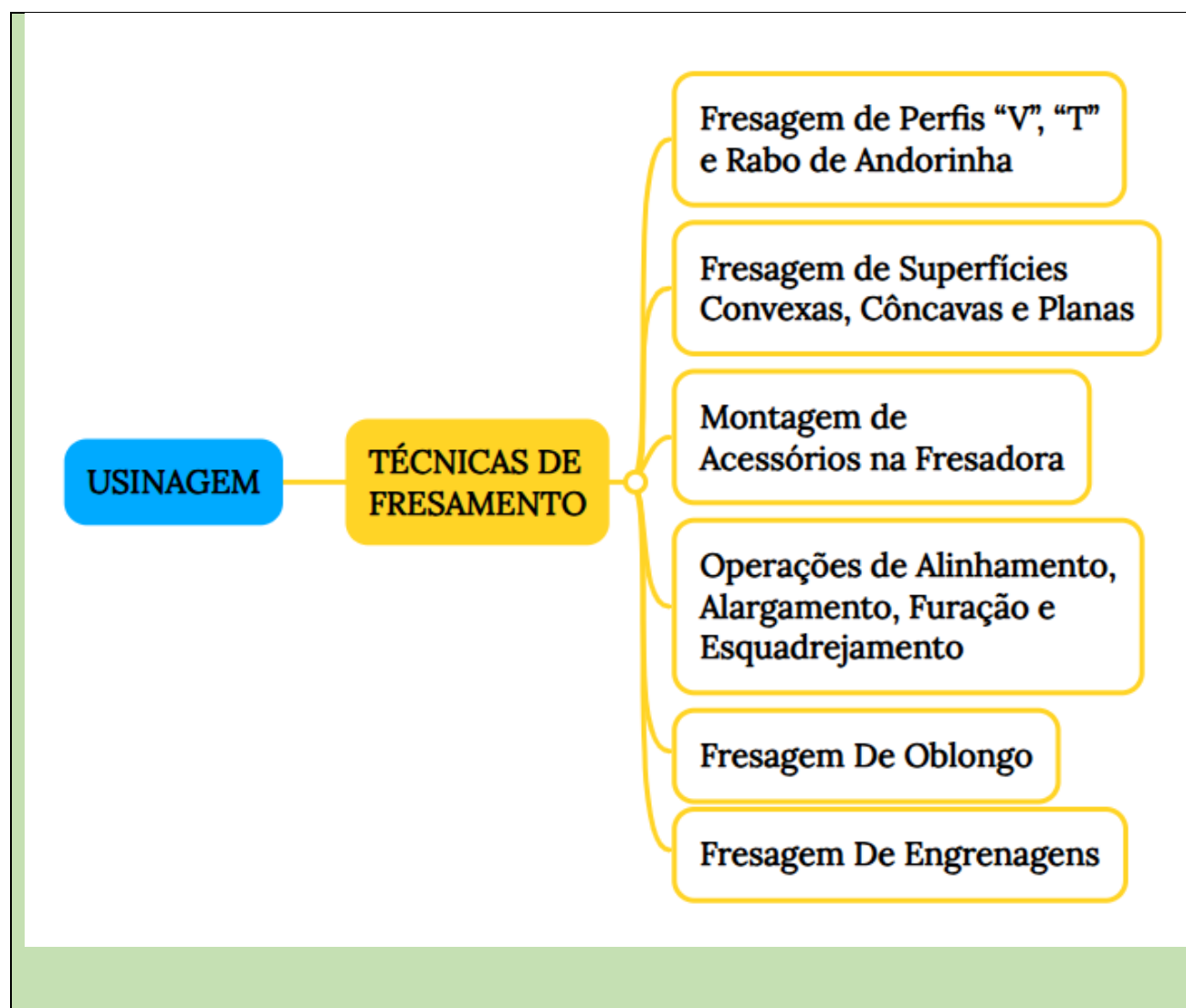
Furação Em Torno

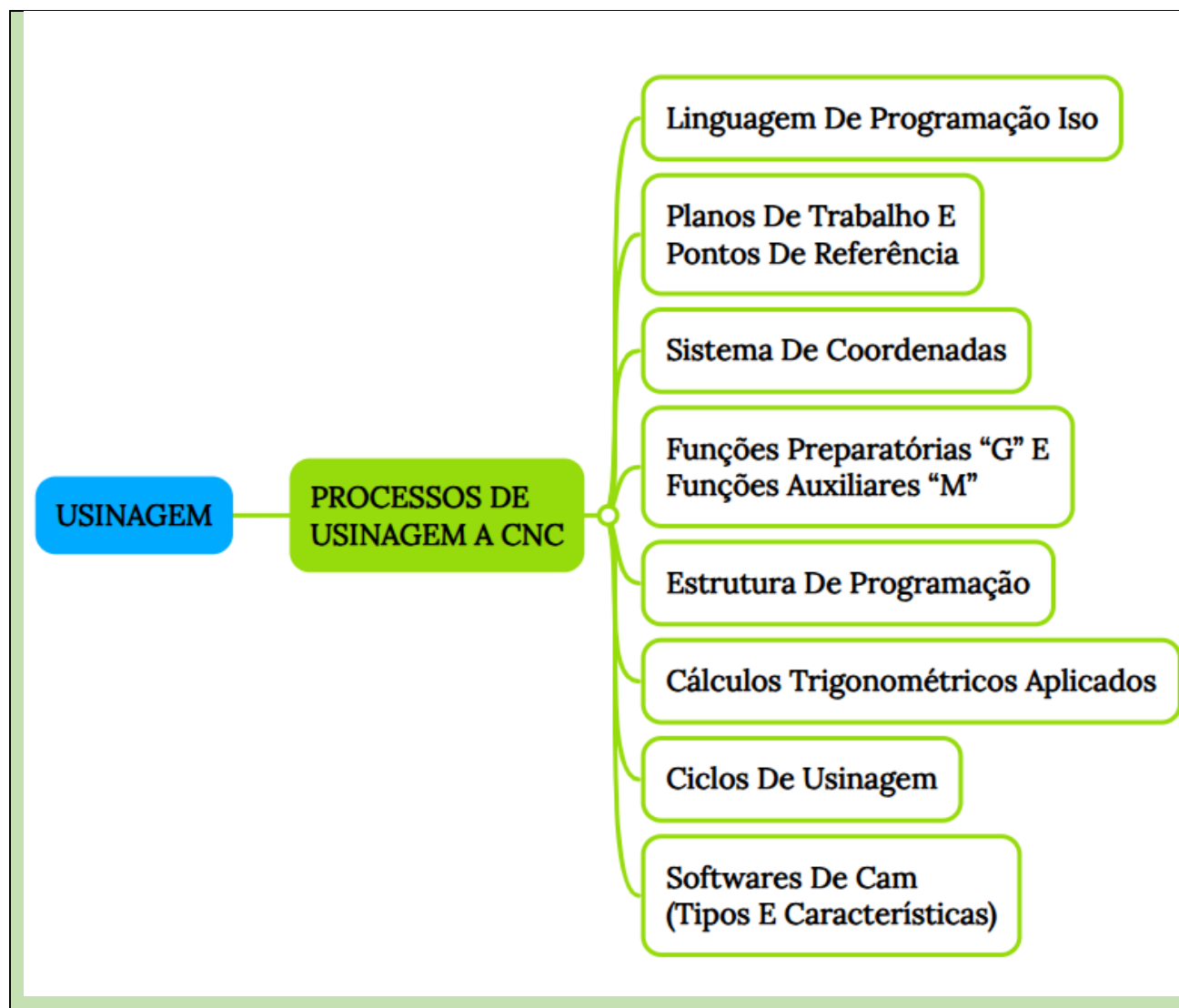
USINAGEM

TÉCNICAS DE
TORNEAMENTO

Torneamento Excêntrico

Torneamento De Superfície Cônica
(Externa E Interna)Torneamento De Superfície
Cilíndrica Entre PontasTorneamento De Superfície
Cilíndrica Entre Placa E PontaTorneamento De Superfície
Cilíndrica Externa E Interna





SÍNTESE DIRETA

1. PARÂMETROS DE USINAGEM

- **Velocidade de Corte:** Velocidade relativa entre a ferramenta e a peça, influenciando acabamento e desgaste da ferramenta.
- **Avanço:** Distância percorrida pela ferramenta a cada rotação ou golpe, afetando a espessura do cavaco e o acabamento.
- **Profundidade de Corte:** Espessura do material removido em cada passe, controlando o volume de remoção e o esforço de corte.
- **RPM – Rotações por Minuto:** Número de voltas da peça ou ferramenta por minuto, relacionado à velocidade de corte e diâmetro da peça.

- **Potência de Usinagem e Potência de Máquina:** Potência necessária para cortar o material (usinagem) e potência real exigida pela máquina considerando perdas.
- **Tempo de Usinagem:** Intervalo necessário para completar a operação de corte, determinado pelo avanço, rotação e comprimento usinado.
- **Rugosidade:** Medida das irregularidades da superfície usinada, relacionada à qualidade do acabamento final.
- **Códigos de Pastilhas Intercambiáveis e Suportes:** Sistema ISO padronizado para identificar formato, fixação e dimensões de pastilhas e suportes.
- **Pastilhas Especiais para Usinagem de Precisão:** Pastilhas otimizadas para alta qualidade de acabamento e tolerâncias rigorosas.

2. TÉCNICAS DE AJUSTAGEM

- **Serramento:** Operação de corte manual ou mecânico utilizando serras para separar materiais.
- **Retificação:** Processo abrasivo para corrigir dimensões e melhorar o acabamento superficial com alta precisão.
- **Polimento:** Redução da rugosidade e melhoria estética da peça através do uso de abrasivos finos.
- **Recuperação de Furos:** Correção de furos desgastados ou desalinhados para restaurar sua funcionalidade.
- **Afiação de Ferramentas:** Recuperação dos ângulos e arestas cortantes de ferramentas para manter seu desempenho.
- **Rasqueteamento:** Ajuste manual de superfícies de contato com criação de micropadrões para retenção de lubrificação.
- **Rebitagem:** União permanente de peças metálicas por meio da deformação de rebites.
- **Alargamento:** Aumento preciso do diâmetro de furos existentes para ajustes dimensionais.
- **Rosqueamento:** Criação de roscas internas ou externas utilizando machos e cossinetes.

- **Furação:** Abertura de furos cilíndricos utilizando brocas helicoidais.
- **Traçagem:** Marcação de referências precisas em peças com base no desenho técnico.
- **Limagem:** Remoção manual de material para pequenos ajustes e acabamento de superfícies.

3. TÉCNICAS DE TORNEAMENTO

- **Afiação de Ferramentas para Torneamento:** Ajuste de ângulos e arestas de ferramentas para assegurar cortes eficientes.
- **Perfilamento:** Criação de formas específicas como curvas, chanfros e contornos em peças torneadas.
- **Alargamento em Torno:** Ajuste preciso de furos utilizando ferramentas de alargamento montadas no torno.
- **Facetamento:** Produção de superfícies planas em peças cilíndricas para permitir fixações adequadas.
- **Rosqueamento em Torno:** Fabricação de filetes helicoidais internos ou externos diretamente na peça.
- **Furação em Torno:** Perfuração centrada e precisa em peças giratórias utilizando brocas no cabeçote móvel.
- **Torneamento Excêntrico:** Usinagem de superfícies cujos eixos são deslocados em relação ao centro principal da peça.
- **Torneamento de Superfície Cônica (Externa e Interna):** Fabricação de superfícies com diâmetros variáveis ao longo do comprimento da peça.
- **Torneamento de Superfície Cilíndrica entre Pontas:** Usinagem de peças longas apoiadas nas duas extremidades para garantir precisão.
- **Torneamento de Superfície Cilíndrica entre Placa e Ponta:** Usinagem de peças curtas fixadas na placa e apoiadas na contraponta.
- **Torneamento de Superfície Cilíndrica Externa e Interna:** Usinagem de diâmetros externos e internos de peças cilíndricas.

4. TÉCNICAS DE FRESAMENTO

- **Fresagem de Perfis “V”, “T” e Rabo de Andorinha:** Criação de perfis especiais para guias, dispositivos e estruturas mecânicas.
- **Fresagem de Superfícies Convexas, Côncavas e Planas:** Acabamento e modelagem de superfícies planas e curvas utilizando fresas apropriadas.
- **Montagem de Acessórios na Fresadora:** Instalação correta de morsas, divisores e mesas para garantir precisão e estabilidade.
- **Alinhamento, Alargamento, Furação e Esquadrejamento:** Operações complementares de preparação e ajuste de peças na fresadora.
- **Fresagem de Oblongo:** Criação de rasgos alongados em peças para permitir ajustes de montagem.
- **Fresagem de Engrenagens:** Fabricação de engrenagens de diversos tipos utilizando divisores e fresas modulares.
-

5. PROCESSOS DE USINAGEM A CNC

- **Linguagem de Programação ISO:** Padrão mundial de comandos G-code para o controle de máquinas CNC.
- **Planos de Trabalho e Pontos de Referência:** Definição do sistema de coordenadas e do zero-peça para organização da usinagem
- **Sistema de Coordenadas:** Utilização de sistemas absoluto (G90) e incremental (G91) para programar movimentações da ferramenta.
- **Funções Preparatórias “G” e Funções Auxiliares “M”:** Comandos responsáveis pelos movimentos de corte e ações auxiliares da máquina.
- **Estrutura de Programação:** Organização lógica do programa CNC em cabeçalho, corpo de operações e finalização.
- **Cálculos Trigonométricos Aplicados:** Uso de funções trigonométricas para determinar trajetórias inclinadas, arcos e posicionamentos em CNC.
- **Ciclos de Usinagem:** Rotinas automáticas para simplificar operações como furação, rosqueamento e desbaste.

- **Softwares de CAM:** Programas que geram G-codes automaticamente a partir de modelos 3D, otimizando a produção CNC.

MOMENTO QUIZ

1. No torneamento, qual dos parâmetros abaixo está diretamente relacionado à espessura do cavaco gerado?

- a) Velocidade de corte.
- b) Profundidade de corte.
- c) Avanço.
- d) Potência de máquina.
- e) RPM.

2. Durante uma operação de fresagem de um perfil rabo de andorinha, é fundamental utilizar:

- a) Fresa plana comum.
- b) Fresa de topo quadrado.
- c) Fresa angular específica.
- d) Broca helicoidal.
- e) Fresa de ponta esférica.

3. Em um programa CNC, o código que define um movimento linear com remoção de material é:

- a) G00.
- b) M06.
- c) G01.
- d) G03.
- e) M03.

4. Em operações de ajustagem, o processo manual utilizado para corrigir superfícies de contato, criando microbolsões para retenção de lubrificante, é chamado de:

- a) Polimento.
- b) Retificação.
- c) Serramento.
- d) Rasqueteamento.
- e) Limagem.

5. Sobre o sistema de coordenadas CNC, assinale a alternativa correta:

- a) No sistema incremental (G91), todas as posições são medidas a partir do ponto zero da peça.
- b) No sistema absoluto (G90), cada posição depende da posição anterior.
- c) O sistema incremental mede deslocamentos relativos à última posição alcançada.
- d) No sistema absoluto, os deslocamentos são cumulativos em relação ao avanço.
- e) O sistema incremental não é utilizado para operações de furação.

GABARITO QUIZ

QUESTÃO	ALTERNATIVA
1	C
2	C
3	C
4	D
5	C

REFERÊNCIAS

SENAI-SP. Tecnologia do Corte - Usinagem. São Paulo: SENAI-SP, 1998.

SENAI-PR. Usinagem - Tornearia. Curitiba: SENAI-PR, 2001.

MACHADO, Átila Bueno. Fundamentos da Usinagem dos Materiais. São Paulo: Edgard Blücher, 2011.

PEREIRA, M. C.; SILVA, E. F. Manual de Programação CNC - Comandos ISO. 3. ed. São Paulo: Érica, 2014.

DINIZ, Anselmo Eduardo; MARINELLI, Eduardo José; FERREIRA, João Paulo. Tecnologia da Usinagem dos Materiais. 8. ed. São Paulo: Artliber, 2017.

LEONARDO DA VINCI. Frase "A perfeição não é um detalhe, mas o detalhe é o que faz a perfeição." Obra atribuída a registros e cadernos pessoais do autor, compilados posteriormente no *Codex Atlanticus* (séc. XVI).



OBRIGADO!
CONTINUE ESTUDANDO.