

Welliton Paulo da Silva
Mychal Thalles Alberto Ribeiro
Sérgio de Souza Custódio Filho

PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS EM TORNEAMENTO MECÂNICO

Parâmetros de avanço e velocidade de corte aplicados à usinagem

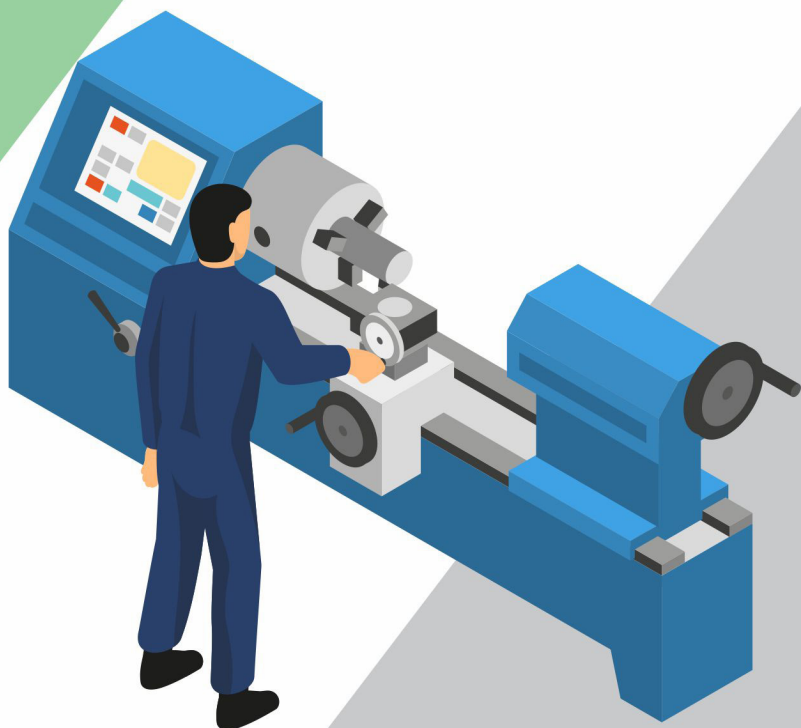


Imagem meramente ilustrativa

©2026 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. Todos os direitos da publicação reservados. O conteúdo dos artigos aqui publicados, no que diz respeito à linguagem e ao conteúdo, é de inteira responsabilidade de seus autores, não representando a posição oficial do Instituto Federal do Pará, da Editora IFPA ou das instituições parceiras. Este manual foi selecionada pela Chamada Interna Editora IFPA/PROPPG nº 02/2025.

Ilustração da capa e do miolo: <https://www.magnific.com/br/app>

Dados para catalogação na fonte

S586p Silva, Welliton Paulo da

Procedimentos operacionais em torneamento mecânico: parâmetros de avanço e velocidade de corte aplicados à usinagem. / Welliton Paulo da Silva; Mychal Thalles Alberto Ribeiro; Sérgio de Souza Custódio Filho. - Belém: Editora IFPA, 2026.

52 p.; il.; color.

ISBN: 978-65-5163-023-1

Formato digital

1. Tornos mecânicos – Manuais. 2. Tornearia. 3. Usinagem. I. Ribeiro, Mychal Thalles Alberto. II. Custódio Filho, Sérgio de Souza. III. Título.

CDD: 621.942

Ficha catalográfica elaborada por Suzi Helena Soares dos Santos - Bibliotecária CRB-2 PA - 856

Editora IFPA

Av. João Paulo II, nº 514 - Castanheira

Prédio Reitoria, 1º andar.

CEP: 66645-240

Belém - PA

editora.ifpa@ifpa.edu.br

Presidente do Conselho Editorial

Saulo Rafael Silva e Silva

Conselho Editorial

Breno Rodrigo de Oliveira Alencar

Kauana de Carvalho Penalva

Laísa Maria de Resende Castro

Lidineusa Machado Araújo

Maria José Souza dos Santos

Nelson de Lima Ribeiro Filho

Priscilla Bezerra Barbosa

Raimundo Adalberto Pacheco de Pinho

Rejane de Barros Araújo

Rosinaldo Fonseca da Silveira

Silvana Gomes dos Santos

Suezilde da Conceição Amaral Ribeiro

Walery Costa dos Reis



EXPEDIENTE

Elaboração

Welliton Paulo da Silva

Mychal Thalles Alberto Ribeiro,

Sérgio de Souza Custódio Filho

Supervisão técnica

Nelson de Lima Ribeiro Filho

Suezilde da Conceição Amaral Ribeiro

Projeto gráfico e diagramação

Ana Carolina Chagas Marçal

Revisão de texto

Gleice do Socorro Bittencourt dos Reis

Jéssica Rejane Lima



SUMÁRIO

Apresentação e objetivos	06
Base normativa	08
Fundamentos do torneamento	09
Equipamentos, ferramentas e materiais	12
Procedimentos iniciais	14
Procedimentos experimentais	33
Registros de medição e controle de qualidade	40
Resultados esperados e boas práticas	45
Glossário técnico	47
Anexo	48
Referências	50

APRESENTAÇÃO E OBJETIVOS

O Manual técnico de procedimentos operacionais em torneamento mecânico nasce da necessidade de organizar, fortalecer e tornar visíveis as práticas de usinagem que vêm sendo construídas ao longo dos anos nos laboratórios do Instituto Federal do Pará (IFPA) Campus Marabá Industrial.

A elaboração deste manual parte da vivência cotidiana nos espaços formativos do IFPA, onde estudantes e profissionais se deparam com desafios técnicos, escolhas de parâmetros, adequações de ferramentas e procedimentos que exigem preparo sistemático. É nesse cenário que surge a necessidade de um guia que não apenas padronize condutas, mas que também traduza a complexidade do torneamento mecânico em orientações claras, objetivas e aplicáveis às rotinas laboratoriais.

Como prática técnico-científica, a usinagem envolve um conjunto de saberes que articulam normas de segurança, seleção adequada de equipamentos, análise de parâmetros operacionais e compreensão do comportamento do material em processo de corte. No torneamento, cada movimento de avanço, cada variação de velocidade e cada interação da ferramenta com o material resultam em efeitos mensuráveis, seja na formação do cavaco, no acabamento superficial ou na integridade da peça.

Este material apresenta, portanto, um conjunto sistematizado de instruções que orienta desde a preparação inicial do torno até o monitoramento e registro técnico das operações realizadas. Propõe, ainda, um procedimento experimental padronizado para investigar a influência dos parâmetros de corte, velocidade de corte (V_c) e avanço (f) no comportamento do cavaco e no acabamento superficial, permitindo ao estudante compreender, pela prática, fenômenos fundamentais da mecânica de usinagem.

Organizado para facilitar a consulta durante as atividades práticas, o manual integra fluxogramas, tabelas, checklists e instruções operacionais que auxiliam no desenvolvimento de competências profissionais esperadas nos cursos de qualificação, técnicos e superiores ofertados pelo IFPA. Mais do que orientar a

execução de tarefas, o material busca fomentar a postura investigativa, a autonomia operacional e as boas práticas em ambiente de laboratório.

Este manual é, também, resultado de ações de pesquisa e extensão desenvolvidas no IFPA, reafirmando o compromisso institucional com a produção de conhecimento e com a formação crítica e técnica de seus estudantes. Participaram de sua construção os alunos do curso técnico em Eletromecânica integrado ao ensino médio Alice Victoria Ribeiro Gomes, Ana Beatriz Santiago Lima, João Carlos Santos da Silva, Tatielly de Oliveira Silva, Wesley Ferreira da Silva, Aymée Sousa Lima, Paulo Roberto da Silva Filho e Ezequiel de Souza Silva, cujas contribuições foram valiosas para consolidar o caráter formativo e colaborativo deste trabalho.

Espera-se que este manual sirva como instrumento de apoio, estudo e aperfeiçoamento contínuo, fortalecendo o ensino de usinagem no IFPA e contribuindo para o desenvolvimento de profissionais mais preparados, responsáveis e conscientes da importância da técnica, da segurança e da precisão na prática do torneamento mecânico.

BASE NORMATIVA

As normas a seguir estabelecem os requisitos essenciais para a operação segura, precisa e padronizada em processos de torneamento mecânico.

- **ABNT NBR ISO 6162** – Movimentos e relações geométricas na usinagem dos metais Estabelece a terminologia, os movimentos fundamentais e as relações geométricas envolvidas nos processos de usinagem dos metais.

- **ABNT NBR ISO 3685** – Determinação de parâmetros de corte no torneamento

Define procedimentos para avaliação de forças de corte, desgaste da ferramenta, formação do cavaco e parâmetros operacionais.

- **ABNT NBR 6175** – Segurança em máquinas-ferramenta

Estabelece requisitos de segurança para operação e proteção quanto a máquinas-ferramenta, incluindo dispositivos obrigatórios e procedimentos preventivos.

- **NR-12** – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos

Determina requisitos mínimos para prevenção de acidentes, protegendo a integridade física do operador durante uso de máquinas industriais.

- **NR-6** – Equipamentos de proteção individual (EPI)

Define EPI obrigatórios para atividades industriais e critérios para seu uso adequado.

- **ABNT ISO 3002-1** – Geometria de ferramentas de corte

Especifica nomenclatura, ângulos e parâmetros geométricos de ferramentas de corte, essenciais para regulação correta da pastilha.

FUNDAMENTOS DO TORNEAMENTO

O torneamento é um dos processos de usinagem mais comuns e versáteis, empregado na obtenção de superfícies de revolução. Nesse processo, conforme ilustrado na figura 1, a peça realiza o movimento de rotação em torno do eixo principal da máquina – medido em rotações por minuto (rpm) – enquanto a ferramenta de corte se desloca simultaneamente ao longo de uma trajetória longitudinal ou transversal. Essa interação entre rotação e avanço promove a remoção dos cavacos, conferindo à peça as características geométricas e dimensionais desejadas ao transformar o seu estado inicial no estado final.

O cavaco é a porção de material retirada da peça de trabalho. Esse é o fragmento de material removido da peça durante o processo de usinagem, cuja compreensão de sua formação é essencial para o controle da qualidade, da produtividade e da segurança nas operações de torneamento. O comportamento do cavaco influencia diretamente fatores como o desgaste da ferramenta, o esforço de corte, a dissipação de calor e o acabamento superficial da peça.

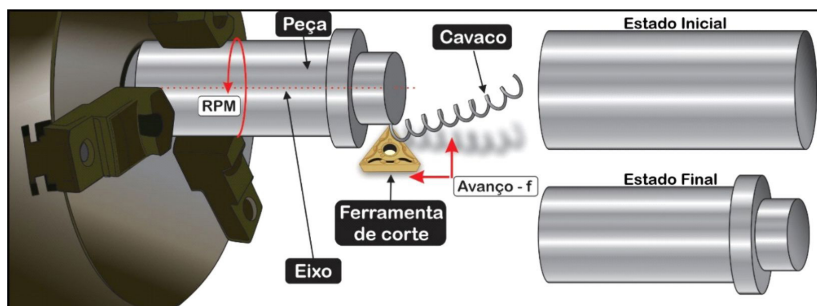


Figura 1 – Processo de torneamento: interação entre rotação da peça e avanço da ferramenta

Fonte: Acervo Pessoal

Nesse processo de usinagem, o movimento de corte (figura 2a) ocorre devido à rotação da peça em contato com a ferramenta, sendo responsável pelo cisalhamento e formação do cavaco durante uma única rotação. Já o movimento

de avanço (figura 2b) corresponde ao deslocamento contínuo da ferramenta ao longo do material, ocorrendo durante as várias rotações da peça. A combinação desses dois movimentos origina o movimento efetivo de corte, responsável pela trajetória real percorrida pelo gume da ferramenta.

A partir desses movimentos fundamentais, surgem dois parâmetros essenciais de usinagem: a velocidade de corte (V_c), que corresponde à velocidade relativa entre a ferramenta e a superfície da peça, expressa em metros por minuto (m/min); e o avanço (f), que representa a distância percorrida pela ferramenta a cada volta completa da peça, normalmente expressa em milímetros por revolução (mm/rev).

Esses movimentos promovem reações denominadas forças de usinagem, que resultam da ação da peça sobre a ferramenta (figura 2c). Os três componentes básicos da força no processo de torneamento são:

- Força de corte ou força principal de corte (F_c) – determinada pela velocidade de corte.
- Força de avanço (F_f) – determinada pela velocidade de avanço.
- Força passiva ou força de profundidade (F_p) – relacionada à profundidade de corte.

O somatório dessas três forças, que atuam na cunha cortante, resulta na força de usinagem (F_u).

Durante a usinagem, a ferramenta de corte penetra no material com uma profundidade de corte (a_p) previamente definida, promovendo deformações e cisalhamentos sucessivos que resultam no destacamento do cavaco (figura 2d). Dependendo das condições de corte e das propriedades do material, podem ser gerados diferentes tipos de cavacos, sendo eles contínuo, cisalhado, descontínuo ou segmentado.

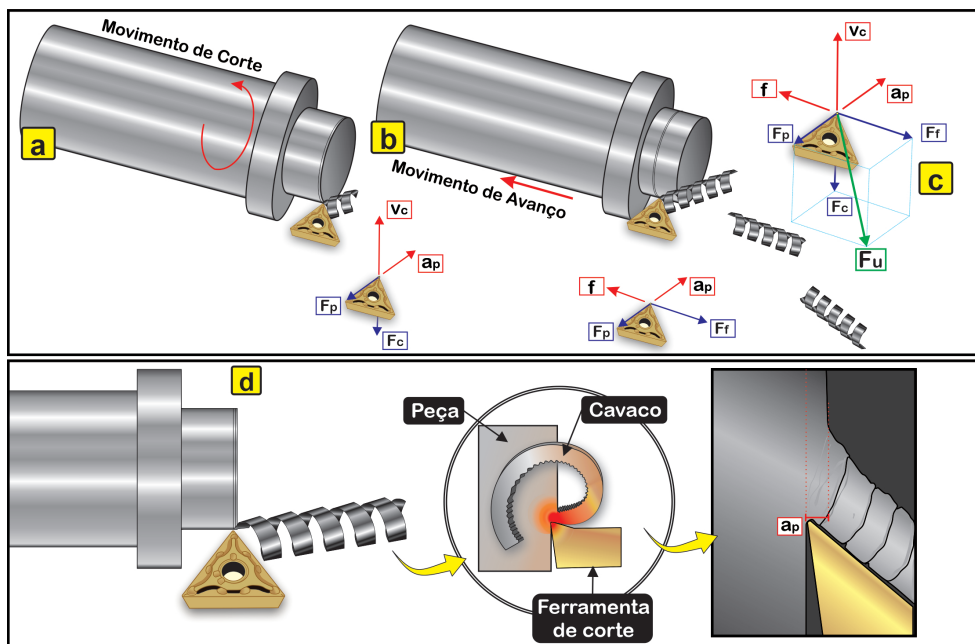


Figura 2 – Movimentos fundamentais, forças de corte e formação do cavaco no torneamento: (a) movimento de corte; (b) movimento de avanço; (c) esforços atuantes; (d) formação do cavaco

Fonte: Acervo Pessoal

EQUIPAMENTOS, FERRAMENTAS E MATERIAIS

O torno universal (figura 3) é uma máquina-ferramenta versátil usada em processos de torneamento para criar uma ampla variedade de componentes com diferentes geometrias. Ele recebe esse nome devido à sua capacidade de realizar várias operações de usinagem.

Os principais componentes do torno incluem:

- Cabeçote fixo, que contém o eixo-árvore principal, capaz de girar a peça de trabalho. Nesse caso, o sistema de transmissão converte a energia da motorização em movimento rotativo para acionar o eixo-árvore principal.
- Caixa de roscas e avanços, que possibilita ao operador selecionar o avanço desejado. O cabeçote fixo e a caixa de roscas e avanços são compostos por um conjunto de motor, polias, engrenagens e redutores, fundamentais para o movimento tanto da peça quanto da ferramenta.
- Barramento, que são trilhos-guia que fornecem apoio e possibilitam a movimentação.
- Placa universal, montada no eixo-árvore principal, que tem a finalidade de fixar a peça de trabalho durante a usinagem.
- Cabeçote móvel, que é um componente que desliza sobre o barramento do torno e tem como principal função oferecer suporte às peças durante a usinagem, especialmente às mais longas.
- Carro principal, montado no barramento, que pode ser movimentado longitudinalmente ao longo do comprimento do torno.
- Luneta, utilizada para apoiar e estabilizar peças longas.

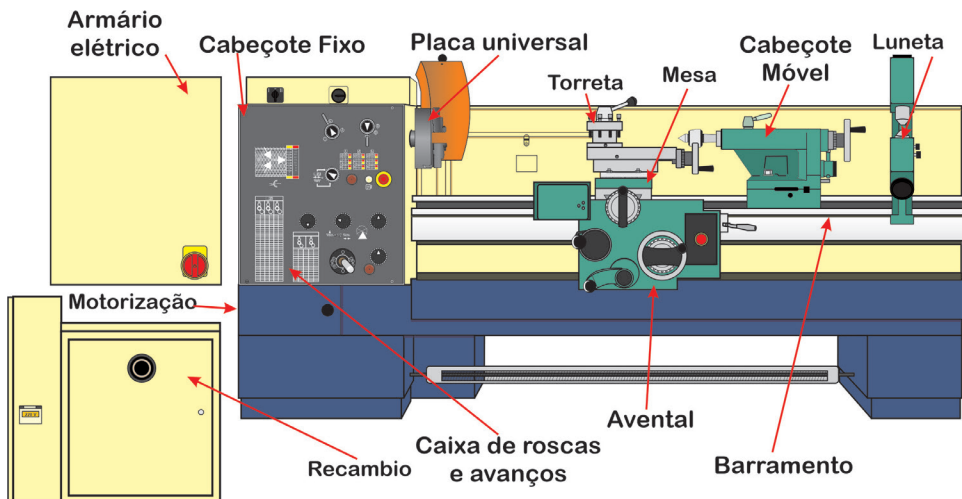


Figura 3 - Componentes principais do torno mecânico universal

Fonte: Acervo Pessoal

Para a realização do procedimento experimental, além do torno universal, são utilizados os seguintes instrumentos e acessórios, ilustrados na figura 4:

- Pastilha de corte TNMG160404-MA, juntamente com seu respectivo suporte, (figura 4a)
- Chave de aperto da placa universal (figura 4b)
- Chave de aperto da ferramenta de corte (figura 4c)
- Mandril (figura 4d)
- Broca de centro (figura 4e)
- Ponta rotativa (contraponta) (figura 4f)
- Paquímetro (figura 4g)
- Tarugo de aço SAE 1020 com diâmetro de 3" (figura 4h).

PROCEDIMENTOS INICIAIS

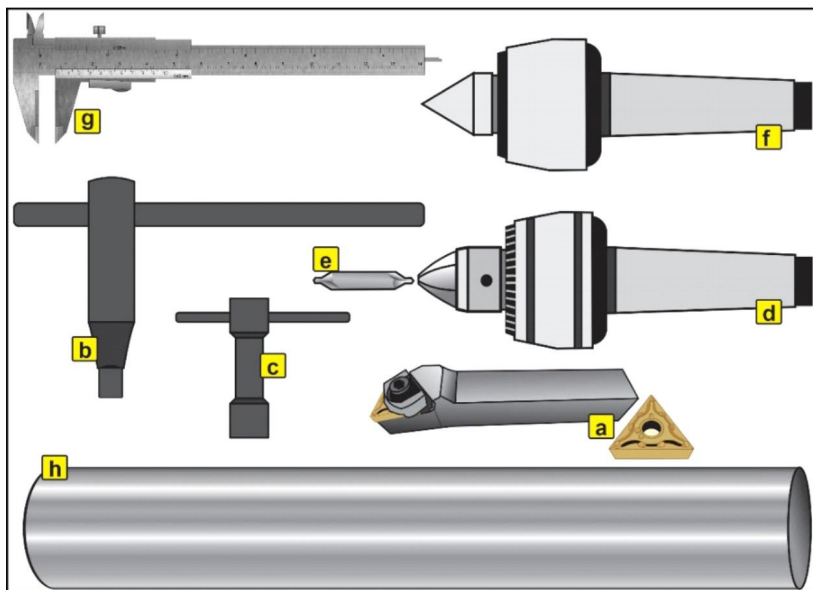


Figura 4 - Ferramentas, acessórios de fixação e instrumento de medição utilizados no experimento

Fonte: Acervo Pessoal

Para iniciar o procedimento operacional, é necessário adotar etapas específicas, as quais serão descritas a seguir, conforme fluxograma da figura 5. Cabe ressaltar que, antes de iniciar a operação, deve-se preencher a Ficha de Inspeção Operacional do Torno Mecânico (Anexo I), a fim de garantir que todas as condições de segurança, integridade do equipamento e requisitos normativos estejam atendidos.

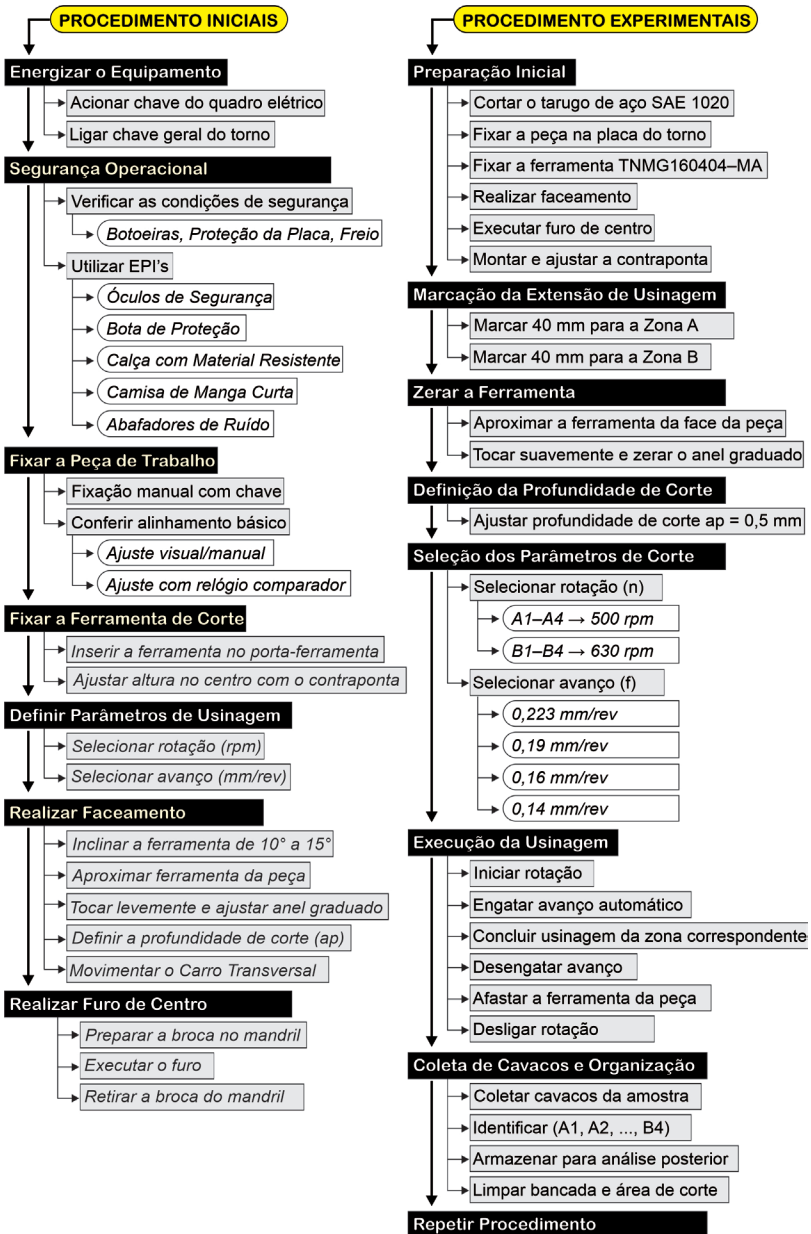


Figura 5 - Fluxograma dos procedimentos iniciais e experimentais na operação no torno mecânico

Fonte: acervo pessoal

Energizar o equipamento

Essa etapa tem como objetivo ligar com segurança o sistema elétrico do torno e confirmar o estado de acionamento antes de prosseguir com as operações. A seguir, apresentam-se as etapas do processo.

1. Acionar a chave do quadro elétrico (figura 6a)
 - Localize a chave correspondente ao torno no quadro elétrico.
 - Acione a chave para a posição “ON” conforme orientação do quadro.
2. Ligar a chave geral do torno (armário elétrico) (figura 6b)
 - Dirija-se ao armário elétrico do torno e gire a chave geral para a posição “ON”.
 - Essa chave habilita a alimentação principal do equipamento.
3. Verificar a indicação de acionamento (figura 6c)

Confirme que a luz de acionamento elétrico no cabeçote acendeu.

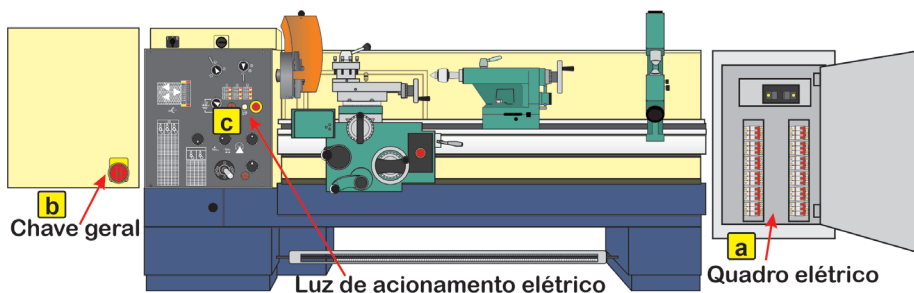


Figura 6 - Procedimentos para energização segura do torno mecânico
Fonte: acervo pessoal

Segurança operacional

Essa etapa visa a garantir que a operação do torno mecânico seja realizada de forma segura e padronizada por meio do cumprimento da NR-12, do uso correto dos dispositivos de segurança e EPI, e da adoção de práticas operacionais que reduzam riscos e assegurem a integridade do operador e do equipamento. A seguir, apresentam-se as etapas e recomendações essenciais para a correta condução dessa fase.

1. Certificar-se do treinamento adequado

- Verificar se o operador recebeu instruções formais sobre o funcionamento seguro do torno mecânico.
- Confirmar que o operador domina os comandos, movimentos e procedimentos operacionais.

2. Iniciar a operação com baixa rotação

Até o operador estar totalmente familiarizado com a máquina, deve-se operar sempre em baixa velocidade.

3. Verificar os dispositivos de emergência

- Confirmar que os botões de emergência estão visíveis e desobstruídos (figura 7a).
- Verificar o sistema de intertravamento da proteção da placa, que impede o acionamento do torno com a proteção elevada (figura 7b).
- Garantir que o freio acionado pelos pés esteja funcionando corretamente (figura 7c).
- Lembrar que os dispositivos de emergência não devem ser utilizados como botões de partida ou parada.

4. Evitar ação elétrica indevida

- Não acionar nenhum comando com as mãos molhadas.
- Manter o local de trabalho seco para evitar descargas elétricas.

5. Retirar adornos e objetos perigosos

- Remover anéis, cordões, pulseiras, relógios e outros objetos que possam prender na máquina.
- Evitar roupas largas e não usar camisas de manga longa durante a operação.
- Manter cabelos compridos presos.

6. Garantir que apenas um operador execute a atividade

- Evitar que duas pessoas manipulem simultaneamente comandos da máquina.
- O acionamento acidental por terceiros pode gerar acidentes.

7. Não alterar parâmetros com o eixo girando

Nunca mudar velocidades, avanços ou roscas enquanto o eixo estiver em movimento.

8. Procedimentos de segurança durante manutenção

- Desligar e travar a chave geral antes de qualquer intervenção técnica.
- Em caso de queda de energia, desligar imediatamente o equipamento para prevenir acionamento inesperado.

9. Usar os EPI obrigatórios

- Utilizar óculos de segurança, bota de proteção, calça e camisa de manga curta (figura 7d).
- Ajustar os óculos adequadamente ao rosto e mantê-los limpos.
- Usar abafadores de ruído quando necessário (NR-15).
- Utilizar capacete de proteção em ambientes com risco de impacto.

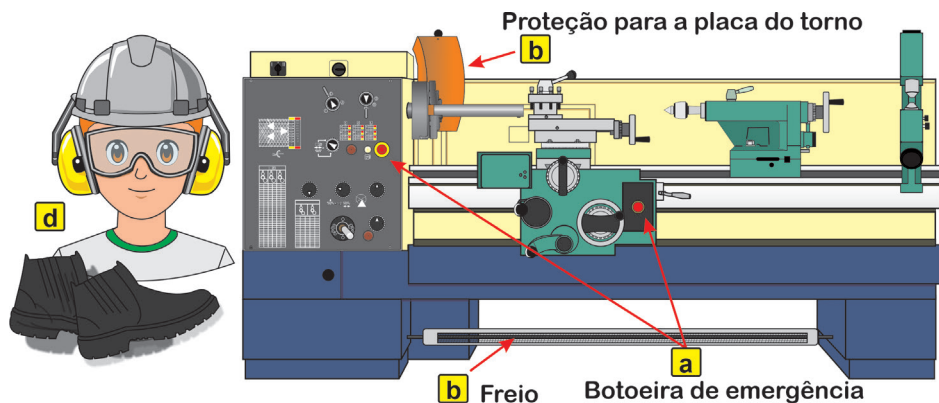


Figura 7 - Dispositivos e práticas de segurança

Fonte: acervo pessoal

Fixar a peça de trabalho

O objetivo dessa etapa é garantir que a peça seja montada no torno mecânico de forma segura, firme e corretamente alinhada ao eixo de rotação. Uma fixação adequada é essencial para evitar vibrações, deslocamentos, falhas dimensionais e riscos de acidentes durante a operação de usinagem, assegurando precisão e estabilidade no processo. As etapas são apresentadas a seguir.

1. Fixação inicial da peça na placa universal

- Certifique-se de que o torno está desligado e de que não há cavacos sobre a placa.
- Posicione a peça de trabalho entre as castanhas da placa universal.
- Utilize a chave específica da placa para iniciar o aperto manual das castanhas.
- Aperte até que a peça fique levemente presa, permitindo pequenos ajustes de posicionamento.
- Verifique se a peça está bem apoiada nas castanhas e se não existe folga significativa.
- O objetivo nessa etapa é obter um aperto inicial seguro, suficiente para

permitir o alinhamento, mas não, ainda, o aperto final.

2. Alinhamento

A peça deve estar alinhada ao seu próprio eixo geométrico para evitar balanço, vibrações, desgaste prematuro da ferramenta e erros dimensionais. Esse alinhamento pode ser realizado de duas maneiras: a primeira é indicada para situações que não exigem alta precisão, enquanto a segunda é recomendada quando são necessários ajustes mais rigorosos e maior exatidão geométrica.

2.1 Alinhamento visual e manual

- Com a peça presa levemente, gire-a com as mãos.
- Observe se há oscilações, indicando um desalinhamento.
- Caso perceba desvio, ajuste a posição da peça, empurrando-a suavemente até minimizar o deslocamento visível.

- Repita o processo de girar a peça manualmente até obter um alinhamento visual satisfatório.

- Quando estiver corretamente alinhada, utilize a chave da placa universal para realizar o aperto definitivo, garantindo fixação firme e segura.

2.2 Alinhamento com relógio comparador

- Instale um relógio comparador no suporte do carro do torno, posicionando a ponta de contato sobre a superfície externa da peça.

- Certifique-se de que a peça continua presa apenas com aperto leve, permitindo pequenos ajustes.

- Gire manualmente a peça e observe a variação indicada no relógio comparador.

- Uma oscilação elevada indica excentricidade. Nesse caso, a peça deve ser ajustada.

- Repita o processo até que a variação seja mínima ou dentro da tolerância desejada.

- Após atingir o alinhamento correto, realize o aperto final e uniforme das castanhas com a chave.

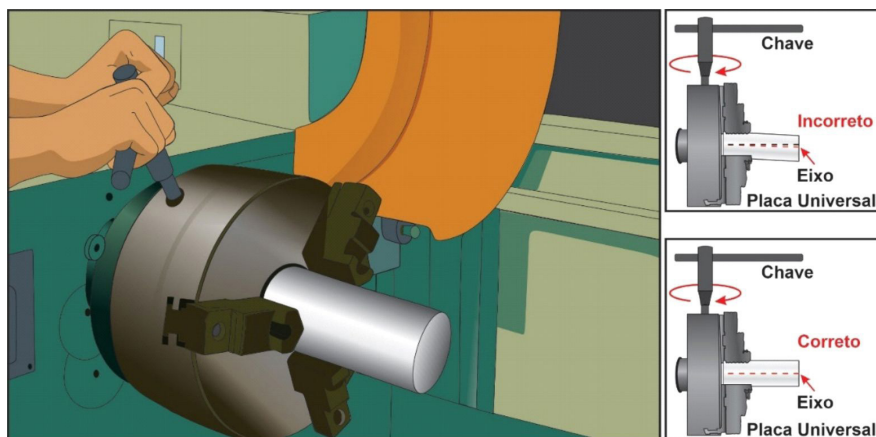


Figura 8 - Procedimentos de fixação e alinhamento da peça na placa universal

Fonte: acervo pessoal

Fixar a ferramenta de corte

Nessa etapa, busca-se assegurar uma fixação firme, estável e alinhada da ferramenta de corte no porta-ferramenta, conforme mostrado na figura 9. Essa correta instalação evita vibrações, desalinhamentos, quebras e erros dimensionais, garantindo segurança e qualidade na usinagem. Os procedimentos indicados são descritos a seguir.

1. Fixação da ferramenta de corte (figura 9a)

- Posicione a ferramenta de forma que o gume de corte esteja orientado para a peça e sem qualquer interferência.
- Utilizando a chave de aperto do porta-ferramenta, faça um aperto inicial, apenas o suficiente para manter a ferramenta segura, sem aplicar esforço excessivo.

2. Alinhamento da ponta da ferramenta com o eixo da peça (uso do contraponta como referência).

- Monte o contraponta no cabeçote móvel, conforme figura 10a:

(1) mangote do cabeçote móvel encontra-se recolhido; (2) gire o volante do cabeçote móvel para afastar o mangote; (3) insira e acople o contraponta no cabeçote móvel.

- Posicione o cabeçote móvel aproximando manualmente o contraponta até a proximidade da face da peça (figura 10b).

- Com o contraponta acoplado, utilize-o como referência central (figura 9b).

- Ajuste a altura da ferramenta, garantindo que o gume de corte esteja exatamente na altura do centro.

- Com o contraponta apoiado no centro, aproxime a ferramenta e verifique o alinhamento.

- Caso a ferramenta fique acima ou abaixo do centro, use calços na base do porta-ferramentas para corrigir a altura.

- Após alinhamento visual e tátil, apertar a fixação da ferramenta.

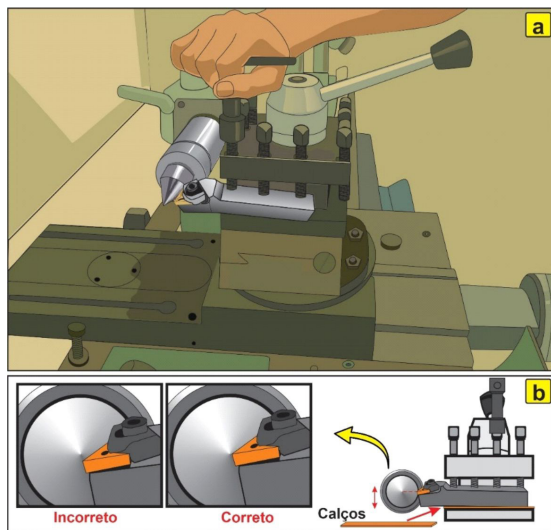


Figura 9 - Fixação e alinhamento da ferramenta de corte no porta-ferramenta

Fonte: acervo pessoal

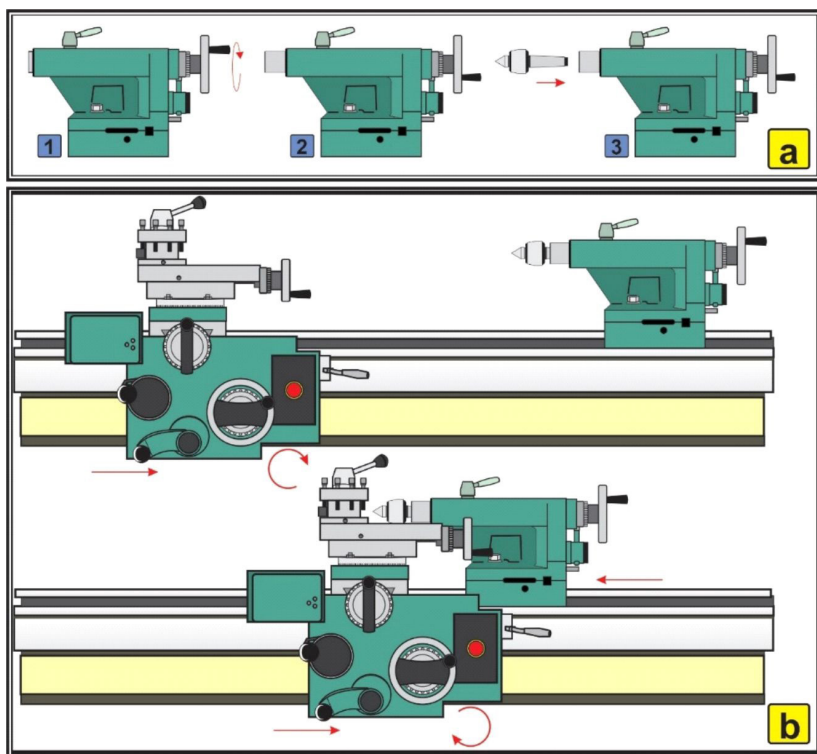


Figura 10 - (a) Fixação da contraponta; (b) aproximação entre carro e cabeçote móvel para alinhamento

Fonte: acervo pessoal

Definição dos parâmetros de usinagem

Seleção da rotação [rpm]

O cabeçote fixo é composto por duas alavancas de seleção de velocidade (figura 11a), um manípulo de inversão do movimento longitudinal da mesa (figura 11b) e uma chave de acionamento para baixa e alta rotação do motor, (I) e (II) respectivamente (figura 11c), que permitem ao operador definir a rotação (rpm) e o sentido em que o eixo rotativo realizará o movimento de corte. Nas alavancas de seleção de velocidade, há um conjunto de letras (L, J, I e S, Q, R) que, ao serem combinadas, resultam na seleção de 18 rotações, variando entre 25 e 2000 rpm, conforme figura 11d. Na figura 11d, é possível visualizar uma combinação L e R em baixa rotação (I), o que implica em 630 rpm. Ao girar a chave de acionamento para alta rotação (II), obtém-se uma rotação de 1250 rpm.

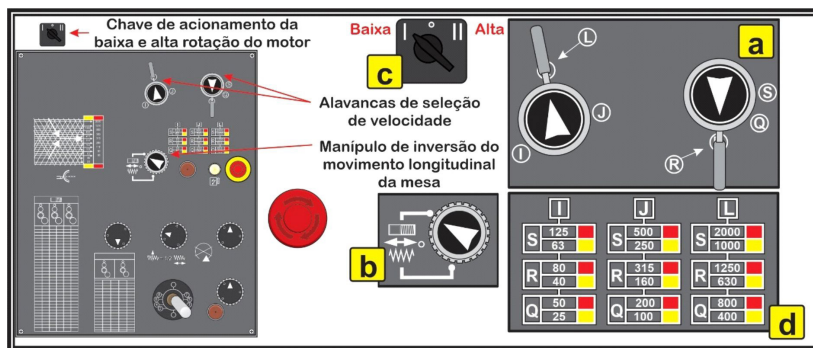


Figura 11 - Elementos de seleção e ajuste de rotação (rpm) no torno mecânico

Fonte: acervo pessoal

O procedimento a seguir tem o objetivo de selecionar a rotação de 500 rpm no torno.

1. Posicione a alavanca em "J".
2. Em seguida, posicione a alavanca em "S".
3. Ajuste a chave seletora para a posição II "Alta".
4. Acione a alavanca de partida no sentido horário para verificar a rotação da placa e, em seguida, desligue o equipamento. Após isso, acione no sentido anti-horário, confirme novamente o giro e desligue.

Seleção do avanço [mm/rev]

A caixa de roscas e avanços, por sua vez, possui quatro manípulos e uma alavanca de seleção de roscas e avanços. Assim como mostrado anteriormente, a seleção dos avanços também depende de uma combinação desses manípulos e alavancas.

Na figura 12, é possível observar o procedimento de seleção do avanço, $f = 0,223 \text{ mm/rev}$. Nesse caso, a tabela (figura 12a) exibe a sequência XCFT6, onde X corresponde ao manípulo (b), C ao manípulo (c), F ao manípulo (d), T ao manípulo (e) e 6 à alavanca (f). Cabe ressaltar que existem 2 configurações do sistema de transmissão (g) e (h). No exemplo, 0,223 pertence à configuração (h).

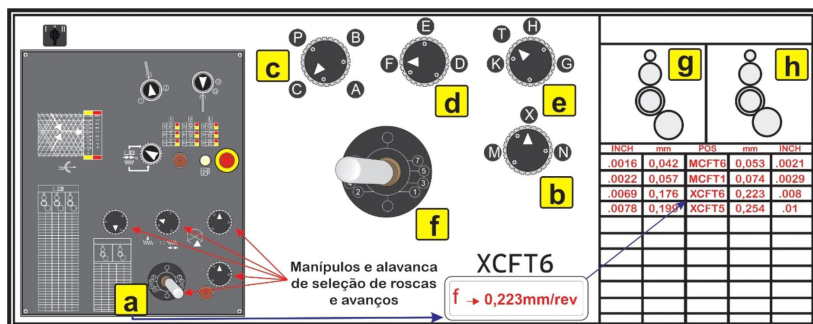


Figura 12 - Elementos de seleção e ajuste de rotação (rpm) no torno mecânico

Fonte: acervo pessoal

O procedimento a seguir visa a configurar a caixa de roscas e avanços para obter o avanço de 0,19 mm/rev (sequência NCET5), conforme indicado na tabela do equipamento.

1. Localize os quatro manípulos e a alavanca de seleção na caixa de roscas/avanços.

2. Adote a correspondência padronizada:

- 1º caractere da sequência → manípulo (b) – selecione N.
- 2º caractere da sequência → manípulo (c) – selecione C.
- 3º caractere da sequência → manípulo (d) – selecione E.
- 4º caractere da sequência → manípulo (e) – selecione T.
- Número da sequência → alavanca de seleção (f) – selecione 5.

3. Posicione a alavanca de três posições na posição A (figura 13).

4. Selecione a alavanca de acionamento no sentido anti-horário (início da rotação).

5. Acione a alavanca de engate automático para iniciar o movimento de avanço.

6. Desative a alavanca de engate automático (término do movimento de avanço).

7. Desligue a alavanca de acionamento (término da rotação).

8. Repita o procedimento para 0,16 mm/rev e 0,14 mm/rev, ajustando os manípulos conforme as respectivas sequências.

9. Repita os mesmos avanços, agora com a alavanca de três posições na posição C.

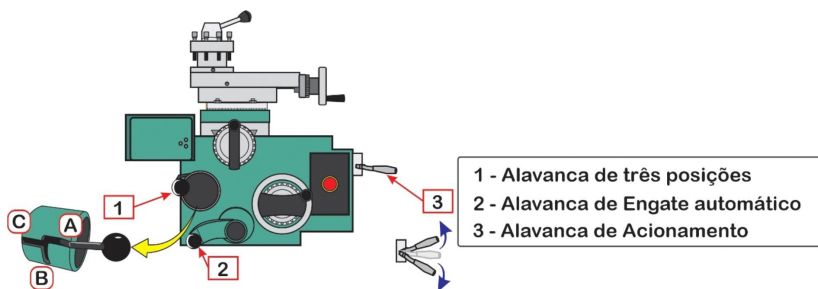


Figura 13 - Configuração da alavanca de três posições para seleção de avanço

Fonte: acervo pessoal

Com os parâmetros ajustados, a peça vai girar com determinado número de rotações por minuto n [rpm] e velocidade de corte V_c [m/min]. A ferramenta irá avançar f [mm/rev], removendo cavaco com largura correspondente à profundidade de corte estabelecida a_p [mm], resultando no diâmetro d [mm] da peça trabalhada (figura 14).

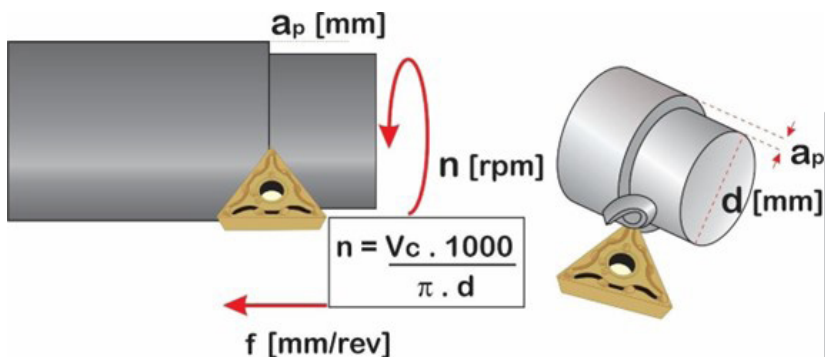


Figura 14 - Representação do processo de torneamento com velocidade, avanço e profundidade de corte

Fonte: acervo pessoal

Faceamento

O faceamento é um processo que visa a usinar a face da peça de trabalho, buscando conferir uma superfície plana e perpendicular ao eixo de rotação da peça. Nesse caso, a ferramenta se desloca ao longo de uma trajetória retilínea, perpendicular ao eixo principal de rotação da máquina, conforme ilustrado na figura 15.

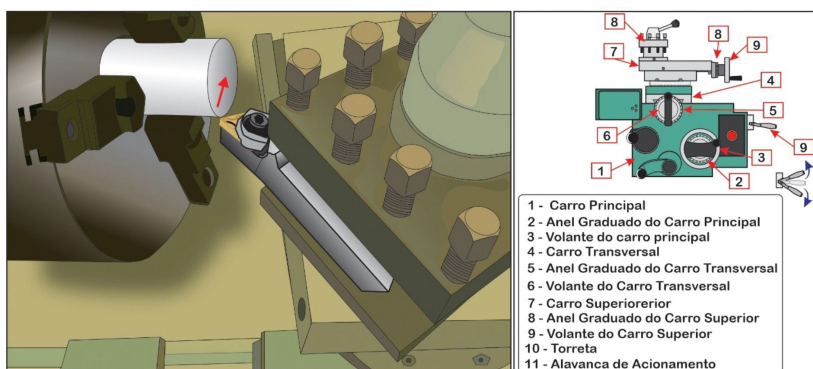


Figura 15 - Faceamento: movimento transversal da ferramenta para usinagem da face da peça

Fonte: acervo pessoal

Após fixação da peça e da ferramenta de corte, e seleção dos parâmetros, é importante inclinar a ferramenta entre 10° e 15° . Além disso, é necessário estabelecer a posição no eixo de coordenadas, o que é de extrema relevância para um torneamento de precisão. Esse procedimento é conhecido, no meio operacional, como “zerar a ferramenta”: consiste em definir um ponto de referência no sistema de coordenadas do torno, garantindo precisão nas operações de usinagem.

O procedimento segue os seguintes passos

1. Aproximação inicial da ferramenta – carro principal (longitudinal)

- Com a peça já fixada e o torno desligado, utilize o volante do carro principal para aproximar a ferramenta da face da peça.

- A aproximação deve ser lenta e cuidadosa, garantindo que a ferramenta esteja na linha correta de posição, porém, ainda sem encostar na peça.

2. Aproximação fina – carro superior (porta-ferramenta)

- Utilize agora o volante do carro superior para realizar a aproximação final da ferramenta em direção à face da peça (figura 16a).

- Quando a ferramenta estiver muito próxima da superfície, ligue o torno e avance cuidadosamente até que ela toque levemente na face (figura 16b).

3. Ajuste do anel graduado

- Após o primeiro toque, pare o avanço e zere o anel graduado do volante do carro superior (figura 16c).

- Esse zeramento estabelece a referência inicial da profundidade de corte, permitindo que todos os avanços subsequentes sejam precisos e controlados.

- As figuras 16d e 16e apresentam o mesmo procedimento aplicado ao zeramento para o desbaste externo, evidenciando a posição do carro transversal e o ajuste correto da referência.

4. Seleção da profundidade de corte (carro superior)

- Com o anel graduado zerado, avance o carro superior novamente até atingir a profundidade de corte desejada para a primeira passada.

- Esse avanço controla quanto material será removido da face.

5. Movimento de corte (carro transversal)

- Utilize o volante do carro transversal para deslocar a ferramenta no sentido radial, da borda externa em direção ao centro da peça.

- Esse movimento gera o corte de faceamento propriamente dito.

6. Repetição das passadas

- Ao final do movimento transversal, recue a ferramenta e volte com o carro transversal à posição inicial.
- Ajuste uma nova profundidade de corte pelo carro superior, conforme necessário.
- Repita o movimento transversal quantas vezes forem necessárias, até obter a face plana, regular e com o acabamento desejado.

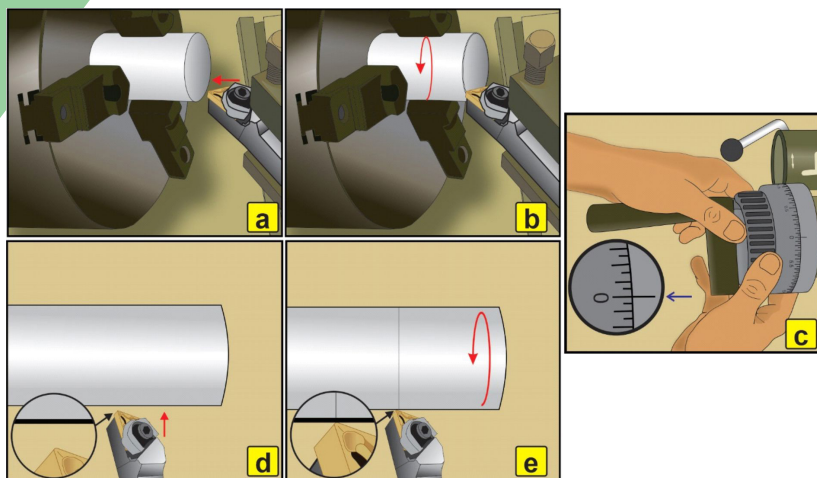


Figura 16 - Procedimento de zerar a ferramenta para definição do sistema de coordenadas

Fonte: acervo pessoal

Furo de centro

Na operação de furação, o objetivo é criar furos precisos em peças cilíndricas por meio de uma ferramenta de corte denominada broca. Nesse caso específico, realiza-se o furo de centro, que consiste em um pequeno furo cônico executado na extremidade da peça. Sua finalidade principal é permitir o apoio entre pontas durante as operações de usinagem, garantindo alinhamento, estabilidade e pre-

cisão ao processo.

As etapas do processo consistem em:

1. Inserção e preparação da broca de centro

- Instale a broca de centro no mandril (cabeçote móvel).
- Certifique-se de que a broca esteja bem presa, centralizada e sem folgas.

2. Execução do furo de centro

• Ligue o torno em uma rotação adequada ao material e ao diâmetro reduzido da broca de centro.

- Avance o cabeçote móvel até uma posição próxima à peça.
- Utilize o volante para movimentar o mangote e avançar gradualmente a broca de centro, iniciando o furo.
- A cada pequena profundidade atingida, recue levemente a ferramenta para permitir a quebra e evacuação dos cavacos, evitando aquecimento excessivo e desgaste da broca.

3. Conclusão da profundidade

- Continue avançando até atingir a profundidade recomendada para o furo de centro (normalmente toda a região cônica + alguns milímetros).
- Após atingir a profundidade desejada, recue totalmente a ferramenta e desligue o torno.

4. Retirada da broca de centro

- Afaste o cabeçote móvel, caso necessário, para liberar espaço.
- Solte o mandril e remova a broca com segurança.
- Limpe a região de cavacos e verifique o acabamento do furo.

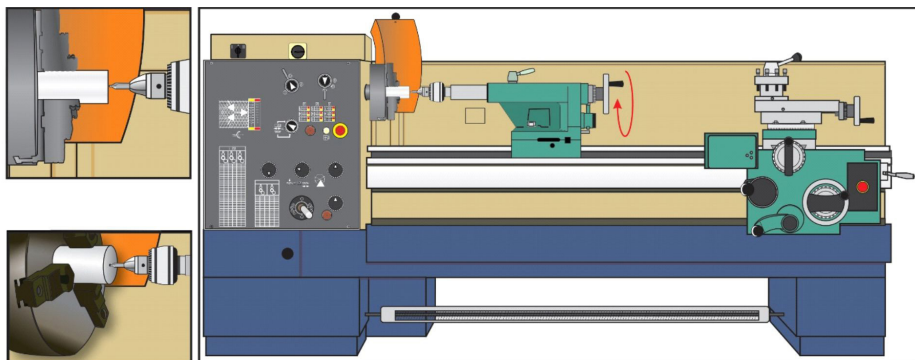


Figura 17 - Execução do furo de centro utilizando broca de centro e cabeçote móvel

Fonte: acervo pessoal

PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

O procedimento experimental tem como objetivo compreender o comportamento do cavaco e as características superficiais da peça de trabalho em função da velocidade de corte e do avanço. Para isso, utiliza-se a ferramenta de corte TNMG160404-MA, cuja faixa recomendada de velocidade de corte (V_c) varia entre 110 m/min e 160 m/min, e o avanço (f) entre 0,14 mm/rev e 0,28 mm/rev, conforme ilustrado na figura 18.

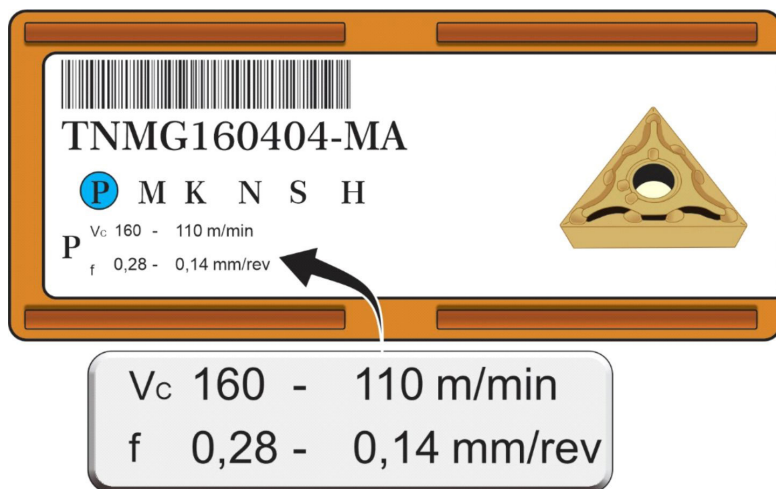


Figura 18 - Ferramenta de corte TNMG160404-MA utilizada no procedimento experimental

Fonte: acervo pessoal

A amostra consiste no corte do tarugo de aço SAE 1020, conferindo duas seções, A e B.

Nesse sentido, buscando trabalhar dentro da faixa operacional da ferramenta, são realizados os cálculos de rotação (n), que levam em consideração a velocidade de corte (V_c) e o diâmetro (d) da peça a ser trabalhada (equação 1). Nesse estudo, adota-se 500 rpm e 630 rpm.

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

Equação 1

A tabela 1 e a figura 19 apresentam o procedimento utilizado no estudo. O torneamento deve ser realizado em duas seções distintas, identificadas como A e B, figura 19a. Na seção A, adota-se uma velocidade de corte de 119,63 m/min, correspondente a uma rotação de 500 rpm. Nessa etapa, são aplicados quatro valores de avanço, resultando nas amostras A1, A2, A3 e A4.

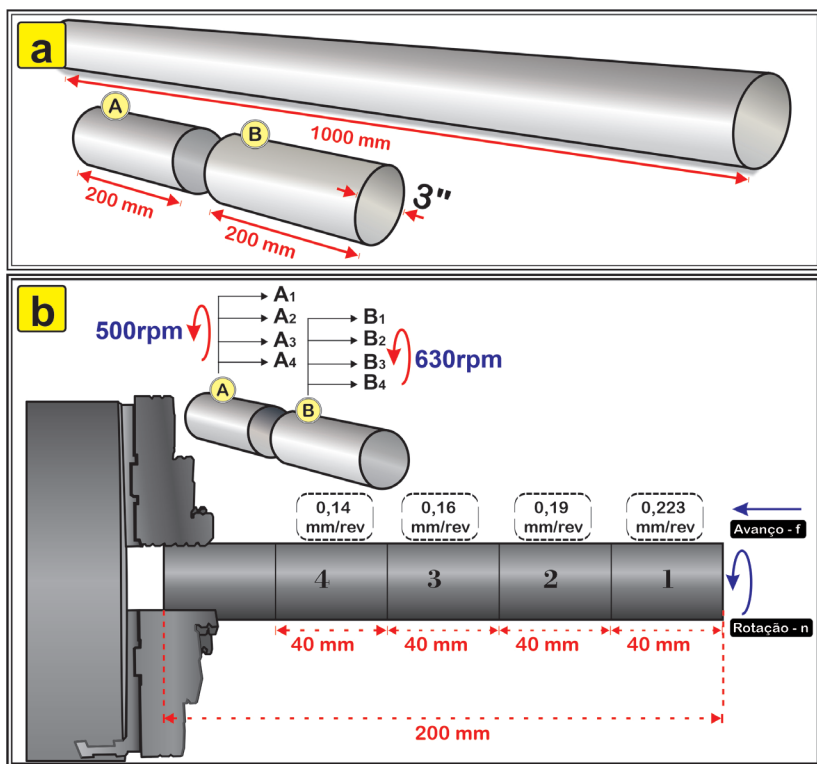
O mesmo procedimento deve ser repetido na seção B, entretanto, a velocidade de corte utilizada nessa segunda etapa é de 150,73 m/min, o que corresponde a uma rotação de 630 rpm. Assim como na seção A, também são empregados quatro avanços distintos, originando as amostras B1, B2, B3 e B4, conforme ilustrado na figura 19b.

Tabela 1 - Parâmetros operacionais

Seção A				Seção B			
Amostra	Vc [m/min]	n [rpm]	f [mm/rev]	Amostra	Vc [m/min]	n [rpm]	f [mm/rev]
A1	119,63	500	0,223	B1	150,73	630	0,223
A2			0,19	B2			0,19
A3			0,16	B3			0,16
A4			0,14	B4			0,14

Fonte: acervo pessoal

Figura 19 - (a) Esquema de corte das amostras; (b) condições operacionais de rotação e avanço



Fonte: acervo pessoal

Na figura 20, apresentada a seguir, é possível visualizar os procedimentos de seleção de rotação no equipamento. As imagens (a) e (b) ilustram as configurações correspondentes a 500 rpm e 630 rpm, respectivamente. Já na figura 21, são mostrados os procedimentos de seleção dos avanços.

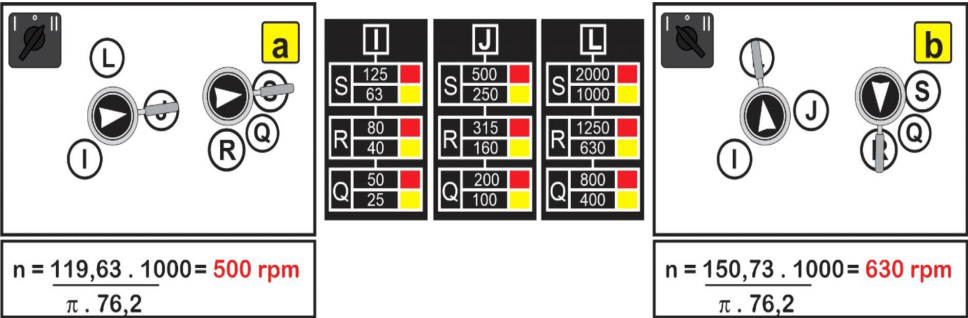


Figura 20 - Procedimentos de seleção de rotação: (a) 500 rpm; (b) 630 rpm

Fonte: acervo pessoal

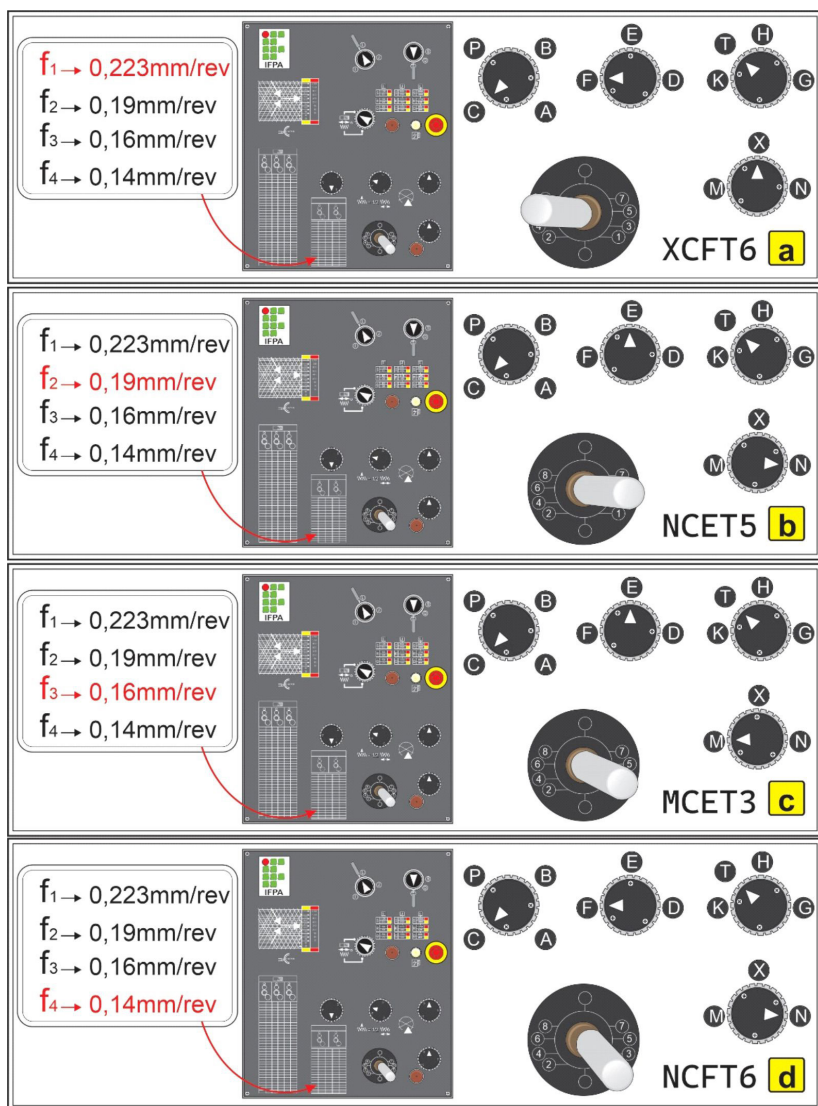


Figura 21 - Procedimentos de seleção dos avanços: (a) 0,223 mm/rev;
 (b) 0,19 mm/rev; (c) 0,16 mm/rev; (d) 0,14 mm/rev

Fonte: acervo pessoal

O procedimento operacional descrito a seguir estabelece a sequência padronizada adotada para a realização dos ensaios de torneamento. O objetivo é garantir a repetibilidade das condições de corte, a confiabilidade dos resultados obtidos e a segurança durante toda a execução. As etapas foram organizadas de modo a contemplar desde a preparação inicial do equipamento e da peça até a coleta sistemática dos cavacos produzidos, assegurando que cada combinação de rotação e avanço seja aplicada corretamente conforme o planejamento experimental. A seguir, apresenta-se o passo a passo utilizado no estudo.

1. Preparação inicial

- Cortar a peça.
- Fixar peça no torno.
- Fixar ferramenta.
- Realizar faceamento.
- Realizar furo de centro.
- Utilizar o contraponta.

2. Marcação da extensão de usinagem

Marcar na peça o comprimento total a ser usinado, correspondente a 40 mm por zona, conforme o planejamento experimental.

3. Zerar ferramenta

4. Definição da profundidade de corte

Adotar uma profundidade de corte $a_p = 0,5$ mm para todos os trechos, garantindo padronização e comparabilidade entre as zonas.

5. Execução das etapas de usinagem

- Realizar, na sequência definida, conforme figura 22, as etapas A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3 e B4, seguindo rigorosamente as combinações de avanços e rotações estabelecidas previamente na tabela 1.
- Em cada etapa, certificar-se de que a rotação e o avanço foram corretamente selecionados antes de iniciar o corte.

6. Coleta de cavacos e limpeza

- Ao término de cada procedimento, coletar os cavacos produzidos, identificá-los e armazená-los para análise comparativa.
- Limpar a região de trabalho e remover resíduos, para garantir segurança e evitar interferências nos ensaios seguintes.

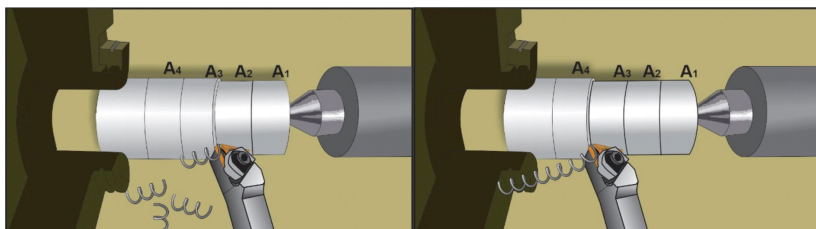


Figura 22 - Sequência experimental de usinagem para as amostras A e B

Fonte: acervo pessoal

REGISTROS DE MEDIÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE

Por fim, o objetivo dessa prática é compreender o comportamento do cavaco e o acabamento da superfície usinada em função das variáveis velocidade de corte e avanço.

Para tanto, deve-se comparar a influência do avanço na formação do cavaco e no acabamento superficial das amostras A_1 , A_2 , A_3 e A_4 . O mesmo procedimento deve ser aplicado às amostras B_1 , B_2 , B_3 e B_4 . Posteriormente, é necessário analisar o efeito da velocidade de corte sobre a formação dos cavacos e o acabamento superficial por meio da comparação dos resultados obtidos nos conjuntos A e B.

Cada amostra deve ter registrada uma imagem do cavaco formado, contendo um parâmetro de escala, como uma régua, que permita dimensionar o cavaco. O mesmo procedimento fotográfico deve ser adotado para documentar o acabamento superficial, a fim de possibilitar uma avaliação visual comparativa entre as diferentes condições de usinagem.

Além do registro fotográfico, é necessário preencher as planilhas de coleta de dados, correspondentes às tabelas de 2 a 9, onde devem ser anotadas as variáveis de corte utilizadas; observações qualitativas sobre o tipo de cavaco formado, conforme ABNT NBR ISO 3685; e as características visuais do acabamento superficial.

Esses registros possibilitam uma análise comparativa mais precisa entre as diferentes condições operacionais, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades técnicas de observação, sistematização e interpretação de resultados.

Tabela 2 - Coleta de dados experimentais – amostra A₁

Amostra	Variáveis		Observações sobre o tipo de cavaco e características visuais do acabamento
A ₁	Vc [m/min]		
	f [mm/rev]		
	Ap [mm]		
Imagem do cavaco formado			Imagem do acabamento superficial

Fonte: acervo pessoal

Tabela 3 - Coleta de dados experimentais – amostra A₂

Amostra	Variáveis		Observações sobre o tipo de cavaco e características visuais do acabamento
A ₂	Vc [m/min]		
	f [mm/rev]		
	Ap [mm]		
Imagem do cavaco formado			Imagem do acabamento superficial

Fonte: acervo pessoal

Tabela 4 - Coleta de dados experimentais – amostra A₃

Amostra	Variáveis		Observações sobre o tipo de cavaco e características visuais do acabamento
A ₃	Vc [m/min]		
	f [mm/rev]		
	Ap [mm]		
Imagem do cavaco formado			Imagem do acabamento superficial

Fonte: acervo pessoal

Tabela 5 - Coleta de dados experimentais – amostra A₄

Amostra	Variáveis		Observações sobre o tipo de cavaco e características visuais do acabamento
A ₄	Vc [m/min]		
	f [mm/rev]		
	Ap [mm]		
Imagem do cavaco formado			Imagem do acabamento superficial

Fonte: acervo pessoal

Tabela 6 - Coleta de dados experimentais – amostra B₁

Amostra	Variáveis		Observações sobre o tipo de cavaco e características visuais do acabamento
B ₁	Vc [m/min]		
	f [mm/rev]		
	Ap [mm]		
Imagem do cavaco formado			Imagem do acabamento superficial

Fonte: acervo pessoal

Tabela 7 - Coleta de dados experimentais – amostra B₂

Amostra	Variáveis		Observações sobre o tipo de cavaco e características visuais do acabamento
B ₂	Vc [m/min]		
	f [mm/rev]		
	Ap [mm]		
Imagem do cavaco formado			Imagem do acabamento superficial

Fonte: acervo pessoal

Tabela 8 - Coleta de dados experimentais – amostra B₃

Amostra	Variáveis		Observações sobre o tipo de cavaco e características visuais do acabamento
B ₃	Vc [m/min]		
	f [mm/rev]		
	Ap [mm]		
Imagem do cavaco formado			Imagem do acabamento superficial

Fonte: acervo pessoal

Tabela 9 - Coleta de dados experimentais – amostra B₄

Amostra	Variáveis		Observações sobre o tipo de cavaco e características visuais do acabamento
B ₄	Vc [m/min]		
	f [mm/rev]		
	Ap [mm]		
Imagem do cavaco formado			Imagem do acabamento superficial

Fonte: acervo pessoal

RESULTADOS ESPERADOS E BOAS PRÁTICAS

Durante a execução do procedimento experimental, o aluno deverá observar atentamente as variações no formato dos cavacos, no acabamento superficial e no comportamento dinâmico do processo, verificando de que forma a combinação entre avanço e velocidade de corte influencia cada um desses aspectos:

- Visualizar como pequenas alterações nos parâmetros modificam o formato do cavaco.
- Comparar diretamente o acabamento superficial gerado em cada condição.
- Perceber efeitos térmicos do corte, como mudança de cor e textura do cavaco.
- Associar vibrações a erros de regulação (altura, fixação ou excentricidade).

Ao final do experimento, o operador deve compreender que:

- cavacos mais contínuos são formados quando se utiliza avanço menor e velocidade de corte (V_c) maior;
- cavacos mais segmentados ou quebradiços tendem a ocorrer com avanço maior;
- superfícies mais lisas e com melhor acabamento são obtidas com V_c maior e avanço menor.

Aumento de vibração, ruído anormal ou instabilidade do processo indicam possível desalinhamento da ferramenta, altura incorreta do gume ou falha na fixação. Essas condições são capazes de interferir na formação do cavaco, tornando sua análise um importante indicativo do estado do processo de usinagem.

Em materiais dúcteis, é comum a formação de cavacos contínuos, enquanto materiais mais frágeis tendem a gerar cavacos descontínuos. O controle desse fenômeno é essencial, pois cavacos longos podem se enrolar na peça, prejudicar o acabamento superficial, danificar a ferramenta e aumentar o risco de acidentes. Para evitar essa situação, emprega-se a geometria de quebra-cavacos presente na ferramenta ou ajusta-se manualmente a fragmentação do cavaco por meio da seleção adequada dos parâmetros de corte.

Forças excessivas também podem provocar vibrações, desgaste acelerado, falhas no acabamento e, até, acidentes. A seleção correta dos parâmetros reduz esses esforços e aumenta a eficiência da operação.

GLOSSÁRIO TÉCNICO

Cavaco – Material removido durante o processo de corte.

Velocidade de corte (Vc) – Velocidade relativa entre peça e ferramenta.

Avanço (f) – Deslocamento da ferramenta por revolução.

Profundidade de corte (ap) – Espessura do material removido por passada.

Quebra cavaco – Geometria da ferramenta destinada a controlar o formato do cavaco.

Rugosidade – Parâmetro que caracteriza a textura superficial.

Tarugo – Bloco cilíndrico de material usado na usinagem.

rpm – Rotação por minuto.

Força de corte (Fc) – Esforço principal que atua na ferramenta.

Contraponta (ponta rotativa) – Dispositivo instalado no cabeçote móvel para apoiar peças longas e garantir alinhamento.

Faceamento – Operação destinada a usinar a face da peça, produzindo superfície plana perpendicular ao eixo de rotação.

Ferramenta de corte/pastilha – Elemento responsável pela remoção do material, montado no porta ferramenta.

Fixação – Processo de prender a peça ou ferramenta ao torno, garantindo segurança e precisão.

Furo de centro – Furo cônico realizado na extremidade da peça para permitir apoio entre pontas.

Ficha de inspeção operacional do torno mecânico

Identificação			
Máquina:	Nº Patrimônio:		
Setor/Laboratório:	Data: / /		
Operador(es):			
1 - Condições gerais			
Item de verificação	SIM	NÃO	N/A
Máquina limpa, sem acúmulo de cavacos			
Iluminação adequada na área de trabalho			
Área ao redor da máquina desobstruída			
Recebi treinamento para operar o equipamento			
2 - Ferramentas e dispositivos de fixação			
Paquímetro			
Ferramentas de corte + suporte			
Chave de aperto da placa universal			
Chave de aperto da ferramenta			
Ponta rotativa (contraponta)			
Mandril e a respectiva chave de aperto			
Broca de centro			
3 - Antes da operação			
Chave geral localizada e acessível			
Rotação inicial ajustada para baixa velocidade			
Proteção da placa instalada e funcional			
Botoeira de emergência acessível			
Teste da parada de emergência funcionando			
Freio de pedal operante			
Operador(es) está com mãos molhadas			
Operador(es) sem adornos: anéis, relógios, cordões...			
Operador(es) com cabelos presos; sem roupas largas/ mangas compridas			

Operador(es) usa óculos de segurança						
Operador(es) usa bota de proteção ou sapato fechado						
Operador(es) usa calça resistente						
Operador(es) usa camisa de manga curta						
Operador(es) usa abafadores						
Peça firmemente fixada no mandril e alinhada						
Ferramenta correta, íntegra e bem fixada						
Altura da ferramenta conferida (no centro)						
4 - Durante a operação						
Item de verificação	Ciente					
Apenas um operador deve executar a tarefa						
Não tocar no cavaco (usar gancho ou alicate)						
Não mudar velocidades, avanços ou roscas com o eixo girando						
Remover cavacos periodicamente para evitar acúmulo						
Não usar os dispositivos de parada de emergência como dispositivos de partida ou parada						
Observar vibrações, ruídos anormais e aquecimento excessivo						
Manter distância segura da área de rotação						
Assinatura prévia:						
5 - Após a operação						
Item de verificação	SIM	NÃO	N/A			
Equipamento e ferramentas limpas						
Área de trabalho limpa						
Ferramentas e acessórios guardados						
Óculos de segurança limpos e no lugar de origem						
Registro de anomalia observada durante a operação						
Observações:						

Assinatura:

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 6162**: movimentos e relações geométricas na usinagem dos metais: terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 3685**: determinação de parâmetros de corte no torneamento. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6175**: segurança em máquinas-ferramenta: usinagem – processos mecânicos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 3002-1**: geometria de ferramentas de corte. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-12**: segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Brasília: MTE, 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-6**: equipamentos de proteção individual (EPI). Brasília: MTE, 2025.

FERRARESI, D. **Fundamentos da usinagem dos metais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1970.

MACHADO, A. R.; COELHO, R. T.; ABRÃO, A. M.; SILVA, M. B. da. **Teoria da usinagem dos materiais**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2015.

MITSUBISHI MATERIALS. **Catálogo de inserto de torneamento**. Disponível em: <https://carlosesilva.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/07/catalogo-mitsubishi-carbide.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2024.

MMC METAL DO BRASIL LTDA. **Identificação dos insertos de torneamento**. Disponível em: https://www.mmc-carbide.com/br/technical_information/tec_tur

ning_tools/tec_turning_insert/guide/tec_turning_identification. Acesso em: 10 jul. 2024.

NARDINI. Torno Paralelo Universal ND250 e ND325: manual de instruções. **Manual**. Americana: Nardini, [n. d.].

ROSSETTI, T. **Manual prático do torneiro mecânico**. São Paulo: Hemus, 2004.

SANDVIK COROMANT. **Como escolher a pastilha de torneamento correta**. Disponível em: <https://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/knowledge/general-turning/how-to-choose-correct-turning-insert>. Acesso em: 10 jul. 2024.

