

LASEC USINAGEM

PROCESSO DE FABRICAÇÃO

Documento Técnico Interno

Peça: EIXO 1.60.01.548

Cliente: MICROGEAR

Material: 45 S 20 K (fornecido)

Dureza: ~200 HB (pré-têmpera)

Orçamento: 003/2025

Lote: 60 peças

Data: 03/11/2025

Revisão: 00

⚠ **ATENÇÃO CRÍTICA:** Esta peça requer **TRATAMENTO TÉRMICO 56±2 HRC** após usinagem (cliente faz). Deixar **SOBREMETAL ADEQUADO** para retificação pós-têmpera. Não usar dimensões finais!

1. ANÁLISE DA PEÇA

Tipo:	Eixo com múltiplos diâmetros
Comprimento total:	189 mm ±0,5mm
Diâmetros principais:	Múltiplos diâmetros escalonados com tolerâncias H12
Material bruto:	Barra redonda Ø60 mm x 195 mm (fornecido pelo cliente)
Peso aproximado:	3,5 kg (bruto) / 2,1 kg (acabado)
Usinabilidade:	Boa - Aço carbono médio-alto (~200 HB)

2. CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL - 45 S 20 K

Propriedade	Valor	Observações
Designação DIN:	C45 / 45 S 20 K	Equivalente: SAE 1045, AISI 1045
Teor de carbono:	0,42-0,50%	Médio-alto teor de carbono
Dureza bruta:	180-220 HB	Estado normalizado
Dureza após têmpera:	56±2 HRC	Cliente faz o tratamento
Resistência tração:	620-700 MPa	Estado normalizado
Usinabilidade:	70-80%	Boa usinabilidade (base AISI 1212 = 100%)

💡 **IMPORTANTE PARA USINAGEM:** Material apresenta boa usinabilidade no estado normalizado (~200 HB). Atenção para possíveis variações de dureza no material bruto que podem afetar vida da ferramenta.

3. EQUIPAMENTO E SETUP

- 🔧 **MÁQUINA:** Centro de Torneamento CNC Romi GL280
- Torre: 12 posições
  - Rotação máxima: 4000 rpm
  - Potência: 20 HP
  - Curso Z: 500 mm
  - Diâmetro máx sobre barramento: 480 mm
  - Diâmetro máx sobre carro: 280 mm

Item	Especificação
Fixação peça:	Placa 3 castanhas universal + ponta rotativa (lado oposto)
Comprimento fixação:	40 mm na placa (lado Ø60mm maior)
Ponta rotativa:	Centro cone morse CM3 - apoio durante usinagem de comprimentos longos
Balanço máximo:	155 mm (189mm total - 40mm fixação + 6mm face)
Fluido de corte:	Emulsão sintética 5% - vazão 40 L/min
Sistema zero peça:	Face frontal como Z0, eixo da peça como X0

4. FERRAMENTAS E PASTILHAS - KENNAMETAL

♦ FERRAMENTA 1 - DESBASTE EXTERNO

Suporte:	Kennametal DCLNR 2525M-12
Pastilha:	Kennametal CNMG 120408-KCP25 (KC725M)
Grade:	KC725M - CVD coating multi-layer (TiCN/Al2O3/TiN)
Geometria:	CNMG 12 - 80° losango, chip breaker KCP25
Aplicação:	Desbaste de diâmetros externos - remoção de material
Raio de ponta:	0,8 mm

♦ FERRAMENTA 2 - ACABAMENTO EXTERNO


Suporte:	Kennametal DCLNR 2525M-12
Pastilha:	Kennametal CNMG 120404-MF3 (KC5010)
Grade:	KC5010 - PVD coating (TiAlN) para acabamento fino
Geometria:	CNMG 12 - 80° losango, chip breaker MF3 (acabamento)
Aplicação:	Acabamento dimensional e superficial
Raio de ponta:	0,4 mm

♦ FERRAMENTA 3 - FACEAMENTO

Suporte:	Kennametal DDJNR 2525M-15
Pastilha:	Kennametal DNMG 150608-KF (KC5010)
Grade:	KC5010 - PVD coating
Aplicação:	Faceamento de topos e cantos

♦ FERRAMENTA 4 - RECARTILHAMENTO/CANAIS (se necessário)

Suporte:	Kennametal porta-bedame 20mm
Ferramenta:	Bedame 3mm largura (conforme desenho)
Aplicação:	Canais de alívio entre diâmetros


 **ESTOQUE DE PASTILHAS:** Manter mínimo 5 pastilhas de cada tipo em estoque. Vida útil média: 30-40 peças por aresta (desbaste) / 50-60 peças (acabamento) dependendo das condições.

5. PARÂMETROS DE CORTE - KENNAMETAL (Aço C45 ~200HB)

Operação	Ferramenta	Velocidade Corte (Vc)		Avanço (fn)		Prof. Corte (ap)
		m/min	rpm*	mm/rot	mm/min	
Desbaste externo	CNMG-KCP25	220-250	1200-1400	0,30-0,50	360-700	2,0-4,0 mm
Semi-acabamento	CNMG-MF3	250-280	1400-1600	0,15-0,25	210-400	0,5-1,5 mm

Operação	Ferramenta	Velocidade Corte (Vc)		Avanço (fn)		Prof. Corte (ap)
		m/min	rpm*	mm/rot	mm/min	
Acabamento final	CNMG-MF3	280-320	1600-1800	0,08-0,15	130-270	0,2-0,5 mm
Faceamento	DNMG-KF	220-250	1200-1400	0,20-0,35	240-490	1,0-3,0 mm
Canais/bedame	Bedame 3mm	80-100	450-550	0,05-0,10	23-55	Largura 3mm

\*rpm calculado para diâmetro médio Ø50mm. Ajustar conforme diâmetro:  $rpm = (Vc \times 1000) / (\pi \times D)$

 **OTIMIZAÇÃO:** Parâmetros baseados em Kennametal para aço C45 normalizado. Ajustar Vc e fn baseado em:

- **Reduzir 15-20%** se material apresentar dureza >220 HB
- **Aumentar 10%** para operações curtas ou alta rigidez
- **Fluido abundante** essencial para vida da ferramenta
- **Monitorar desgaste** de flanco VB < 0,3mm

6. SEQUÊNCIA DE OPERAÇÕES - PROCESSO COMPLETO

OPERAÇÃO 10 - PREPARAÇÃO E INSPEÇÃO INICIAL

Tempo:

2 min (primeira peça) / 0,5 min (demais)

Descrição:

1. Receber material bruto Ø60mm x 195mm do cliente
2. Inspecionar visualmente: trincas, óxido excessivo, empenamento
3. Medir diâmetro bruto (deve estar entre Ø58-62mm)
4. Verificar comprimento (deve estar ≥195mm)
5. Limpar material (remover óleo/sujeira excessiva)

Instrumentos:

Paquímetro 200mm (±0,05mm), trena

OPERAÇÃO 20 - FIXAÇÃO E SETUP MÁQUINA

Tempo:

3 min (primeira peça) / 1 min (troca peças)

Descrição:

1. Fixar peça na placa 3 castanhas - comprimento fixação 40mm
2. Verificar concentricidade < 0,1mm com relógio comparador
3. Posicionar ponta rotativa no lado oposto (centro CM3)
4. Ajustar pressão da ponta (firme mas sem forçar)
5. Carregar programa CNC: PRG\_1\_60\_01\_548\_V01.NC
6. Zerar peça: Z0 na face, X0 no eixo

Instrumentos:

Relógio comparador, apalpador eletrônico (Renishaw)

OPERAÇÃO 30 - FACEAMENTO TOPO FRONTAL

Ferramenta:

T03 - DNMG 150608-KF (faceamento)

Tempo:

1,5 min

Parâmetros:

Vc = 230 m/min | rpm = 1300 | fn = 0,25 mm/rot | ap = 2mm

Descrição:

1. Facear topo frontal - remover 3-5mm (casca/óxido)
2. Deixar face plana e perpendicular ao eixo (±0,05mm)
3. Esta face será referência Z0 para todas as operações
4. Inspecionar planicidade e perpendicularidade

Inspeção:

Esquadro de precisão, apalpador

OPERAÇÃO 40 - DESBASTE DIÂMETROS EXTERNOS (1ª PASSADA)

Ferramenta:

T01 - CNMG 120408-KCP25 (desbaste)

Tempo:

5 min

Parâmetros:

Vc = 240 m/min | rpm = 1350 | fn = 0,40 mm/rot | ap = 3mm

Descrição:

1. Desbastar todos os diâmetros em passes de 3mm
2. Deixar **SOBREMETAL**:
  - Diâmetros: +1,5mm no diâmetro (0,75mm por lado)
  - Comprimentos: +0,5mm
3. Estratégia: do maior para o menor diâmetro

Cuidados:

- 4. Atenção à pressão da ponta rotativa (ajustar se vibrar)
- 5. Monitorar temperatura da peça e fluido de corte
- ⚠ Não usar dimensões finais! Deixar sobremetal para retificação pós-têmpera
- ⚠ Se houver vibração, reduzir ap para 2mm e aumentar rpm

🔧 SOBREMETAL CRÍTICO:

- **Diâmetros externos:** +1,5mm (0,75mm por lado) - para retificação pós-têmpera
- **Comprimentos/ombros:** +0,5mm - compensar deformação da têmpera
- **Faces/topos:** +0,3mm - compensar empenamento

Este sobremetal é essencial para que o cliente possa retificar após tratamento térmico!

OPERAÇÃO 50 - SEMI-ACABAMENTO DIÂMETROS

- Ferramenta:** T02 - CNMG 120404-MF3 (acabamento)
- Tempo:** 4 min
- Parâmetros:** Vc = 270 m/min | rpm = 1550 | fn = 0,18 mm/rot | ap = 0,8mm
- Descrição:**
- 1. Passada de semi-acabamento em todos os diâmetros
  - 2. Reduzir sobremetal para:
    - Diâmetros: +0,8mm (0,4mm por lado)
    - Comprimentos: +0,3mm
  - 3. Melhorar acabamento superficial (Ra ~3,2 µm)
  - 4. Preparar para acabamento final

OPERAÇÃO 60 - ACABAMENTO FINAL DIÂMETROS (PRÉ-TÊMPERA)

- Ferramenta:** T02 - CNMG 120404-MF3 (acabamento)
- Tempo:** 4,5 min
- Parâmetros:** Vc = 300 m/min | rpm = 1700 | fn = 0,12 mm/rot | ap = 0,4mm
- Descrição:**
- 1. Acabamento fino de todos os diâmetros
  - 2. **DIMENSÕES FINAIS PRÉ-TÊMPERA com sobremetal:**
    - Diâmetros: Desenho + 1,5mm (exemplo: Ø30 → Ø31,5)
    - Comprimentos: Desenho + 0,5mm
    - Tolerâncias: H12 aplicadas sobre dimensão com sobremetal
  - 3. Acabamento superficial: Ra ≤ 1,6 µm
  - 4. Atenção especial aos ombros e transições
  - 5. Manter refrigeração abundante
- Controle:**
- Verificar 100% das dimensões com paquímetro/micrômetro  
Confirmar sobremetal em TODOS os diâmetros

OPERAÇÃO 70 - CANAIS E RASGOS (se aplicável)

- Ferramenta:** T04 - Bedame 3mm
- Tempo:** 1 min (se necessário)
- Parâmetros:** Vc = 90 m/min | rpm = 500 | fn = 0,08 mm/rot | ap = 3mm
- Descrição:**
- 1. Usinar canais de alívio entre diâmetros (conforme desenho)
  - 2. Profundidade e largura conforme especificado
  - 3. Acabamento com passada final leve

OPERAÇÃO 80 - FACEAMENTO FINAL E COMPRIMENTO

- Ferramenta:** T03 - DNMG 150608-KF
- Tempo:** 1 min
- Parâmetros:** Vc = 240 m/min | rpm = 1350 | fn = 0,20 mm/rot | ap = 0,5mm
- Descrição:**
- 1. Ajustar comprimento total para 189,5mm (+0,5mm sobremetal)
  - 2. Face plana e perpendicular
  - 3. Quebrar arestas vivas (chanfro 0,3 x 45°)
  - 4. Acabamento Ra ≤ 1,6 µm

OPERAÇÃO 90 - INSPEÇÃO DIMENSIONAL 100%

Tempo:	2 min
Descrição:	<b>VERIFICAR (condição PRÉ-TÊMPERA com sobremetal):</b> 1. Todos os diâmetros: Desenho + 1,5mm ±H12 2. Comprimento total: 189,5mm ±0,5mm 3. Comprimentos parciais: Desenho + 0,5mm 4. Perpendicularidade faces: ±0,05mm 5. Acabamento superficial: Ra ≤ 1,6 µm 6. Ausência de rebarbas e arestas vivas 7. <b>CONFIRMAR PRESENÇA DO SOBREMETAL!</b>  • Paquímetro digital 200mm (±0,01mm) • Micrômetro externo 0-100mm (±0,001mm) • Rugosímetro portátil • Esquadro de precisão • Relógio comparador
Instrumentos:	
Documentação:	Preencher relatório de inspeção dimensional (1ª, 5ª e última peça)

<b>OPERAÇÃO 100 - LIMPEZA E EMBALAGEM</b>	
Tempo:	0,5 min
Descrição:	1. Limpeza com ar comprimido (remover cavacos) 2. Limpeza com pano limpo (remover óleo/fluido) 3. Aplicar óleo protetivo anticorrosivo 4. Identificar peça com etiqueta: N° peça, lote, data 5. Embalar em papel VCI ou plástico bolha 6. Acondicionar em caixa com separadores


7. RESUMO DE TEMPOS E PRODUTIVIDADE

Operação	Tempo (min)	% do total
10 - Preparação e inspeção inicial	0,5	2,5%
20 - Fixação e setup	1,0	5,0%
30 - Faceamento topo frontal	1,5	7,5%
40 - Desbaste diâmetros	5,0	25,0%
50 - Semi-acabamento	4,0	20,0%
60 - Acabamento final	4,5	22,5%
70 - Canais (se aplicável)	1,0	5,0%
80 - Faceamento final	1,0	5,0%
90 - Inspeção dimensional	2,0	10,0%
100 - Limpeza e embalagem	0,5	2,5%
<b>TEMPO TOTAL POR PEÇA</b>	<b>20,0 min</b>	<b>100%</b>

Tempo total lote 60 peças:	20,0 horas (1200 minutos)
Produtividade:	3 peças/hora (incluindo setup e inspeção)
Tempo setup inicial:	+15 min (primeira peça do lote)
Peças por turno (8h):	~24 peças
Dias para completar lote:	3 dias (2 turnos) + inspeção final

8. CONTROLE DE QUALIDADE E INSPEÇÃO

Característica	Especificação PRÉ-TÊMPERA	Instrumento	Frequência
Diâmetros externos	Desenho + 1,5mm ±H12	Micrômetro ±0,001mm	100% (1ª, 5ª, última)
Comprimento total	189,5mm ±0,5mm	Paquímetro ±0,01mm	100%
Comprimentos parciais	Desenho + 0,5mm ±0,3mm	Paquímetro ±0,01mm	1ª, 5ª, última
Perpendicularidade	±0,05mm	Esquadro + relógio	1ª, última
Acabamento superficial	Ra ≤ 1,6 µm	Rugosímetro	1ª, 10ª, última
Sobremetal diâmetros	+1,5mm (0,75mm/lado)	Micrômetro	100% (crítico!)
Visual (trincas, riscos)	Ausência de defeitos	Inspeção visual	100%


 **INSPEÇÃO CRÍTICA - SOBREMETAL:**

- TODAS as peças devem ter sobremetal verificado e documentado
- Peça SEM sobremetal adequado será REFUGADA pelo cliente após têmpera
- Na dúvida, adicionar 0,2mm extra no sobremetal
- Primeira peça deve ser aprovada antes de continuar lote


## 9. DOCUMENTAÇÃO E RASTREABILIDADE

Ordem de Produção:	OP-003-2025 (vincular ao orçamento 003/2025)
Desenho técnico:	1.60.01.548.pdf (cliente MICROGEAR)
Programa CNC:	PRG_1_60_01_548_V01.NC (armazenar backup)
Relatório inspeção:	RI-003-2025 (preencher 1ª, 5ª e última peça)
Certificado dimensional:	CD-003-2025 (emitir para o lote - condição pré-têmpera)
Identificação peça:	Etiqueta: "1.60.01.548   Lote 60pç   PRÉ-TÊMPERA   Data   OP-003-2025"
Nota de entrega:	Incluir: "Peças fornecidas PRÉ-TRATAMENTO TÉRMICO com sobremetal para retificação"

## 10. OBSERVAÇÕES E ALERTAS IMPORTANTES

 **CRÍTICO - LEIA ANTES DE INICIAR PRODUÇÃO:**

1. **SOBREMETAL OBRIGATÓRIO:** Peça será temperada pelo cliente (56±2 HRC). SEM sobremetal adequado, peça será refugada após têmpera. Conferir 100% das dimensões!
2. **NÃO USINAR DIMENSÕES FINAIS:** Todas as dimensões devem ter sobremetal. Diâmetros: +1,5mm | Comprimentos: +0,5mm
3. **PRIMEIRA PEÇA PILOTO:** Produzir 1ª peça e enviar para aprovação do cliente ANTES de fazer lote completo. Cliente precisa validar se sobremetal está adequado para processo de retificação dele.
4. **CERTIFICADO PRÉ-TÊMPERA:** Certificado dimensional é válido apenas para condição PRÉ-TRATAMENTO TÉRMICO. Deixar claro na documentação.
5. **VARIAÇÃO DE DUREZA:** Material pode apresentar dureza variável (180-220 HB). Se perceber variação, ajustar Vc e monitorar desgaste da ferramenta.

 **DICAS DE PROCESSO:**

- Fluido de corte abundante e limpo é essencial para vida da ferramenta
- Monitorar vibração - ajustar pressão da ponta rotativa se necessário
- Trocar pastilha se desgaste VB > 0,3mm ou acabamento superficial degradar
- Manter temperatura da peça controlada para evitar dilatação térmica

- Proteger peças acabadas com óleo anticorrosivo
- Armazenar em local seco até entrega ao cliente



**SUORTE TÉCNICO:**

Dúvidas sobre processo: Alexandre Gonçalves (11) 3936-5041  
Suporte Kennametal: 0800-771-1788  
Eng. Processo LASEC: processos@lasec.com.br

**11. HISTÓRICO DE REVISÕES**

Rev.	Data	Responsável	Descrição da alteração
00	03/11/2025	Alexandre Souza	Emissão inicial - Processo completo baseado em parâmetros Kennametal

**LASEC USINAGEM** - Processo de Fabricação  
Peça: EIXO 1.60.01.548 | Orçamento: 003/2025 | Revisão: 00  
Data: 03/11/2025 | **DOCUMENTO INTERNO - NÃO ENVIAR AO CLIENTE**