



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

## **PMR 3203**

Tutorial para os relatórios dos  
Laboratório Virtuais

**2020.1**



## Informações gerais

- **Todos os relatórios devem ser enviados para o meu e-mail**
- **O envio pode ser feito a medida que os relatórios forem concluídos**
- **Se houver necessidade de ampliar o prazo de envio, não haverá problemas**



## Laboratório Virtual 2



# Experimento 1

## Aferição de um paquímetro



BP	1,00	2,00	4,00	5,00	10,00	20,00	30,00	40,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00
L1	1,01	2,01	4,00	4,99	9,99	19,98	29,98	40,06	49,98	59,99	69,99	80,02	89,99	100,02
L2	1,00	2,01	4,00	4,98	10,01	20,05	30,05	39,98	50,05	60,04	70,04	80,05	90,01	100,01
L3	1,00	2,01	3,99	4,98	9,97	19,98	29,97	39,96	50,01	60,01	70,07	79,97	90,01	100,03
L4	1,01	2,02	3,98	4,99	9,98	19,97	29,98	39,98	49,99	60,04	70,04	80,02	90,01	100,02
L5	0,99	2,01	4,00	4,98	9,98	19,98	29,97	39,97	50,05	60,02	70,05	80,05	90,03	100,03
MM	1,00	2,01	3,99	4,98	9,99	19,99	29,99	39,99	50,02	60,02	70,04	80,02	90,01	100,02
SD	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,01	0,01



## Experimento 1

### Aferição de um paquímetro

BP	1,00	2,00	4,00	5,00	10,00	20,00	30,00	40,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00
L1	1,01	2,01	4,00	4,99	9,99	19,98	29,98	40,06	49,98	59,99	69,99	80,02	89,99	100,02
L2	1,00	2,01	4,00	4,98	10,01	20,05	30,05	39,98	50,05	60,04	70,04	80,05	90,01	100,01
L3	1,00	2,01	3,99	4,98	9,97	19,98	29,97	39,96	50,01	60,01	70,07	79,97	90,01	100,03
L4	1,01	2,02	3,98	4,99	9,98	19,97	29,98	39,98	49,99	60,04	70,04	80,02	90,01	100,02
L5	0,99	2,01	4,00	4,98	9,98	19,98	29,97	39,97	50,05	60,02	70,05	80,05	90,03	100,03
MM	1,00	2,01	3,99	4,98	9,99	19,99	29,99	39,99	50,02	60,02	70,04	80,02	90,01	100,02
SD	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,01	0,01

**Exp 1** – Com base nos dados da planilha

- construir a curva de erros, determinar:
- Erro máximo
- Erro sistemático
- Tendência
- Uma medição realizada com esse paquímetro apresentou a seguinte leitura  $L=44,50$ , aplicando a curva de erro determine o valor correto da leitura



## Experimento 1

### Aferição de um paquímetro

BP	1,00	2,00	4,00	5,00	10,00	20,00	30,00	40,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00
L1	1,01	2,01	4,00	4,99	9,99	19,98	29,98	40,06	49,98	59,99	69,99	80,02	89,99	100,02
L2	1,00	2,01	4,00	4,98	10,01	20,05	30,05	39,98	50,05	60,04	70,04	80,05	90,01	100,01
L3	1,00	2,01	3,99	4,98	9,97	19,98	29,97	39,96	50,01	60,01	70,07	79,97	90,01	100,03
L4	1,01	2,02	3,98	4,99	9,98	19,97	29,98	39,98	49,99	60,04	70,04	80,02	90,01	100,02
L5	0,99	2,01	4,00	4,98	9,98	19,98	29,97	39,97	50,05	60,02	70,05	80,05	90,03	100,03
MM	1,00	2,01	3,99	4,98	9,99	19,99	29,99	39,99	50,02	60,02	70,04	80,02	90,01	100,02
SD	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,01	0,01

**Exp 1** – Com base nos dados da planilha ACIMA

- construir a curva de erros, determinar:
- Erro máximo
- Erro sistemático
- Tendência
- Uma medição realizada com esse paquímetro apresentou a seguinte leitura  $L=44,50$ , aplicando a curva de erro determine o valor correto da leitura



**Responder:**

- a) Apresentar uma revisão sobre blocos padrão
- b) Como a curva de erro, ou aferição permite reduzir os erros de medição?
- c) Qual a diferença entre aferição e calibração?
- d) O que é, e como se constitui a rede de calibração?



## Experimento - 2

Avaliação dimensional de um anel de ensaios tribológico

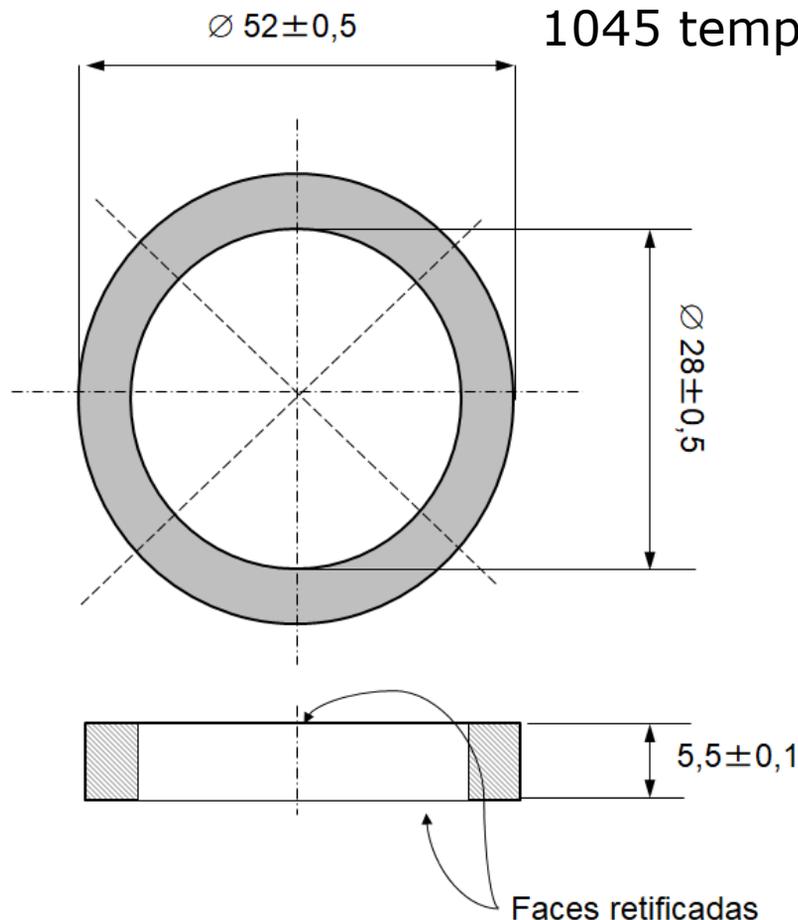
### Medição dos diâmetros interno e externo

- Paquímetro digital
- F.O. 0-155mm
- Resolução: 0,01mm

### Medição da espessura

- Micrometro analógico
- F.O. 0-25mm
- Resolução: 0,01mm

Material: Aço ABNT 1045 temperado



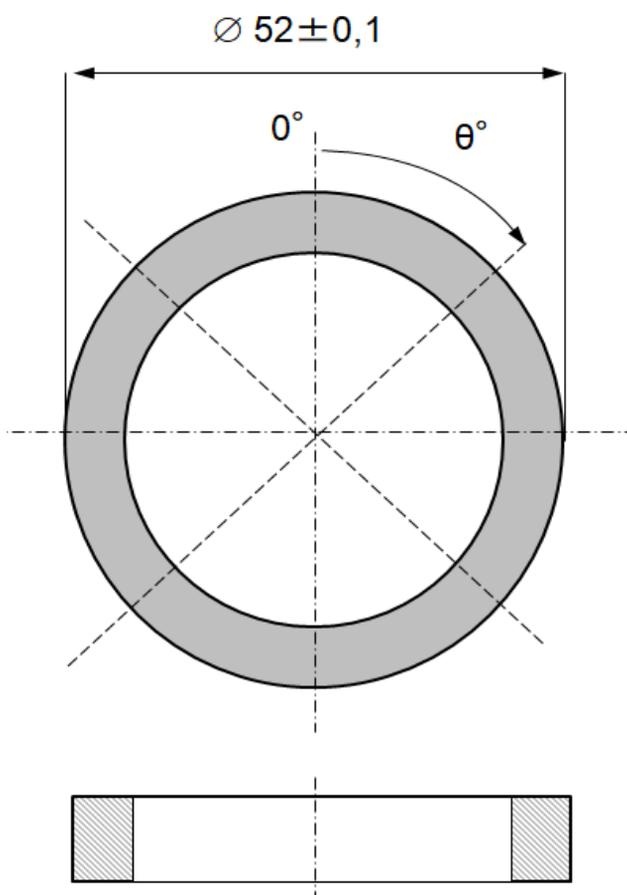


## Experimento - 2

Avaliação do diâmetro externo do anel

Leituras diâmetro externo

theta	L1	L2	L3	L4	L5
0°	51,99	51,95	51,97	51,99	51,98
30°	52,02	52,07	52,00	52,02	52,07
60°	52,05	51,97	52,01	52,03	52,07
90	51,97	51,98	51,96	51,99	51,97
120	51,96	52,04	51,97	51,96	52,02
150°	51,97	52,01	51,97	51,98	51,96





## Experimento - 2

### Avaliação do diâmetro externo do anel



#### Procedimento de medição

Dados do paquímetro:

Faixa de medição: 0 : 155mm

Resolução: 0,01 mm

Desenho meramente  
ilustrativo pois esse  
paquímetro é analógico



## Experimento - 2

### Avaliação do diâmetro externo do anel

**Exp 2 A**– Com base nos dados da planilha de leituras ACIMA:

- a) Determinar o diâmetro externo
- b) Verificar se o mesmo está dentro das tolerâncias especificadas

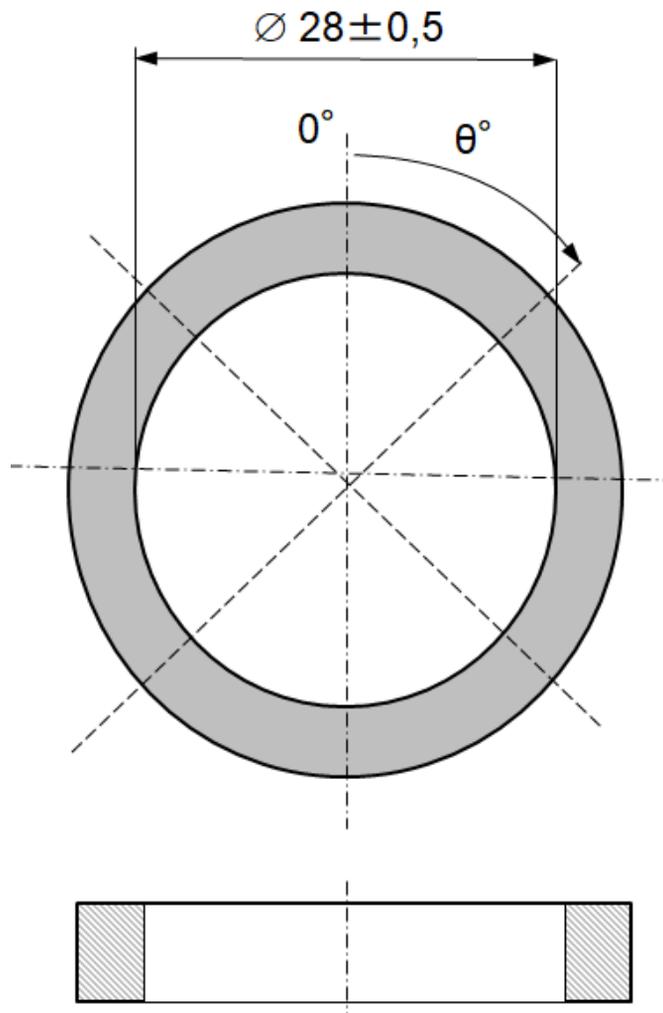


## Experimento - 2

Avaliação do diâmetro interno do anel

Leituras diâmetro interno

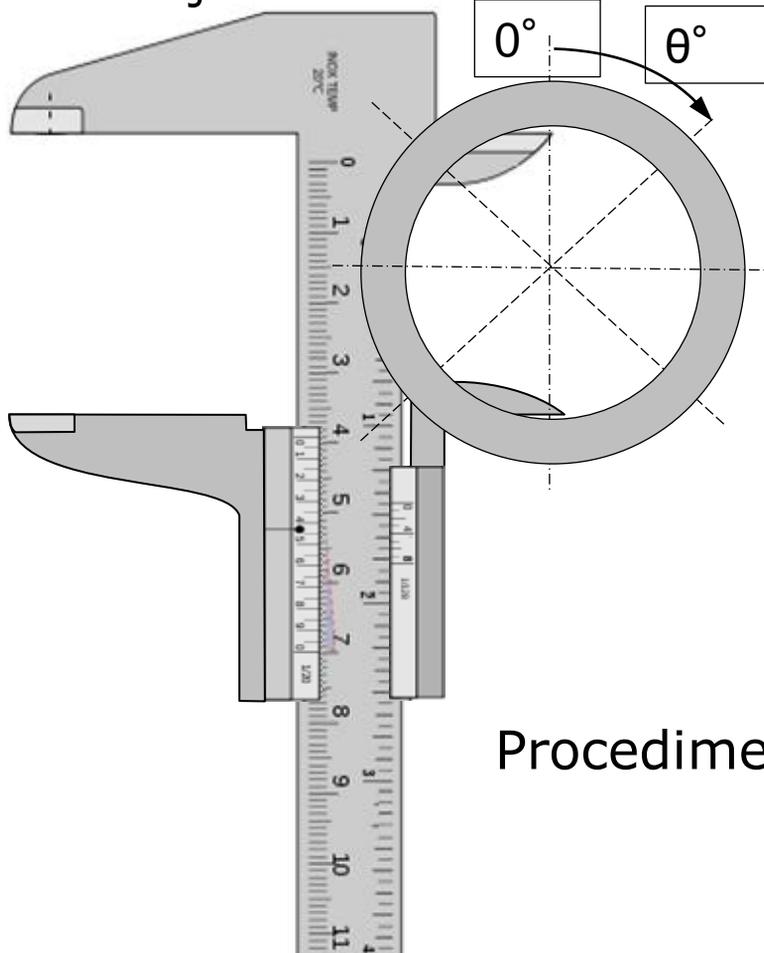
theta	L1	L2	L3	L4	L5
0°	27,83	27,94	27,86	27,76	27,91
30°	27,89	27,87	27,90	29,91	27,84
60°	27,92	27,90	27,84	27,88	27,95
90	27,95	27,85	27,87	27,95	27,94
120	27,93	29,94	27,95	27,93	27,91
150°	27,95	27,89	27,96	27,97	27,94





## Experimento - 2

Avaliação do diâmetro externo do anel



Procedimento de medição

Dados do paquímetro:

Faixa de medição: 0 : 155mm

Resolução: 0,01 mm



Desenho meramente ilustrativo pois esse paquímetro é analógico



## Experimento - 2

**Exp 2 B** – Com base nos dados da planilha de leituras ACIMA:

- a) Determinar o diâmetro interno
- b) Verificar se o mesmo está dentro das tolerâncias especificadas

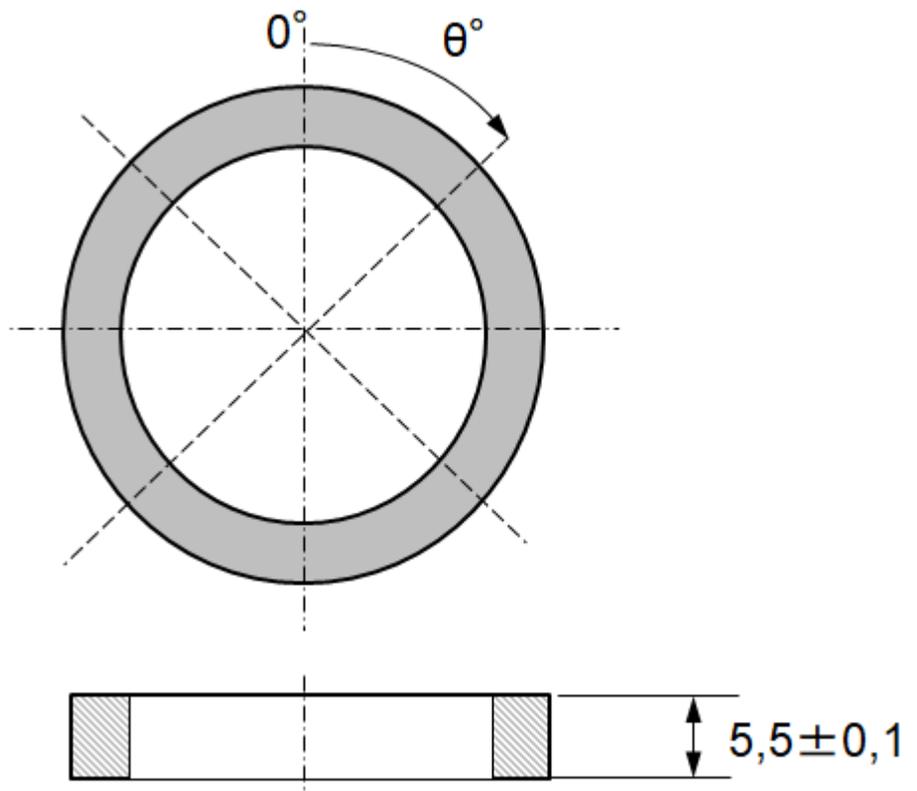


## Experimento - 2

Avaliação da espessura do anel

Leituras da espessura

theta	L1	L2	L3	L4	L5
0°	5,51	5,52	5,55	5,53	5,53
45°	5,51	5,51	5,52	5,51	5,52
90°	5,51	5,30	5,51	5,54	5,52
135°	5,52	5,52	5,58	5,53	5,56
180°	5,51	5,52	5,55	5,53	5,53
225°	5,51	5,54	5,52	5,51	5,52
270°	5,51	5,53	5,53	5,54	5,52
315°	5,51	5,52	5,50	5,53	5,53





## Experimento - 2

### Avaliação da espessura do anel

**Exp 2 B** – Com base nos dados da planilha de leituras :

- a) Determinar o espessura
- b) Verificar se o mesmo está dentro das tolerâncias especificadas

**Exp 2 C** – Se todas as tolerâncias da peça fossem alteradas para  $\pm 0,1$  a peça ainda estaria dentro das especificações?



## Experimento - 3

### Avaliação da circularidade externa do anel

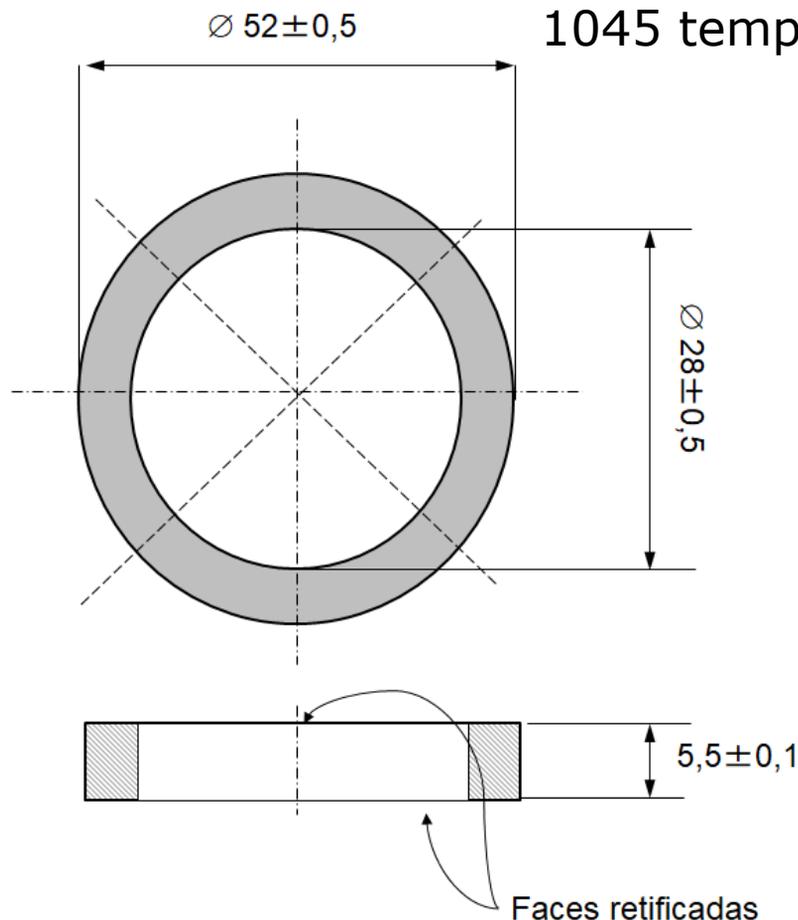
#### Medição dos diâmetros interno e externo

- Paquímetro digital
- F.O. 0-155mm
- Resolução: 0,01mm

#### Medição da espessura

- Micrometro analógico
- F.O. 0-25mm
- Resolução: 0,01mm

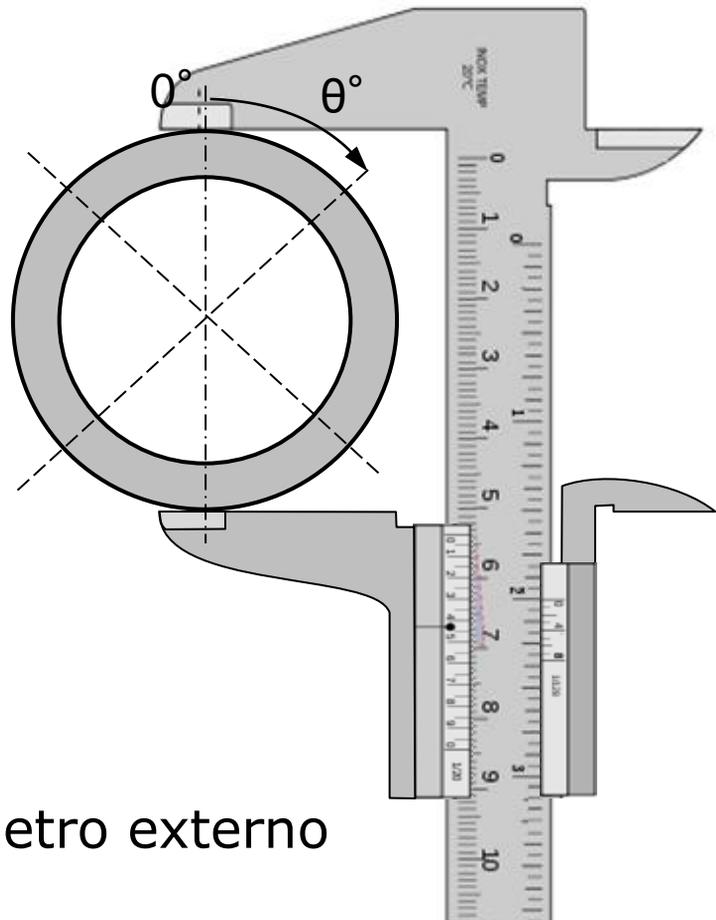
Material: Aço ABNT  
1045 temperado





## Experimento - 3

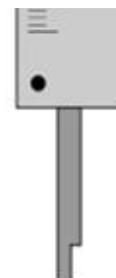
Avaliação da circularidade externa do anel



Leituras diâmetro externo

<b>theta</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L4</b>	<b>L5</b>
<b>0°</b>	51,99	51,95	51,97	51,99	51,98
<b>30°</b>	52,02	52,07	52,00	52,02	52,07
<b>60°</b>	52,05	51,97	52,01	52,03	52,07
<b>90</b>	51,97	51,98	51,96	51,99	51,97
<b>120</b>	51,96	52,04	51,97	51,96	52,02
<b>150°</b>	51,97	52,01	51,97	51,98	51,96

Desenho meramente  
ilustrativo pois esse  
paquímetro é analógico





## Experimento - 3

Avaliação da circularidade externa do anel

**Exp 3 A** – Com base nos dados da planilha determinar analítica e graficamente (plotar os resultados):

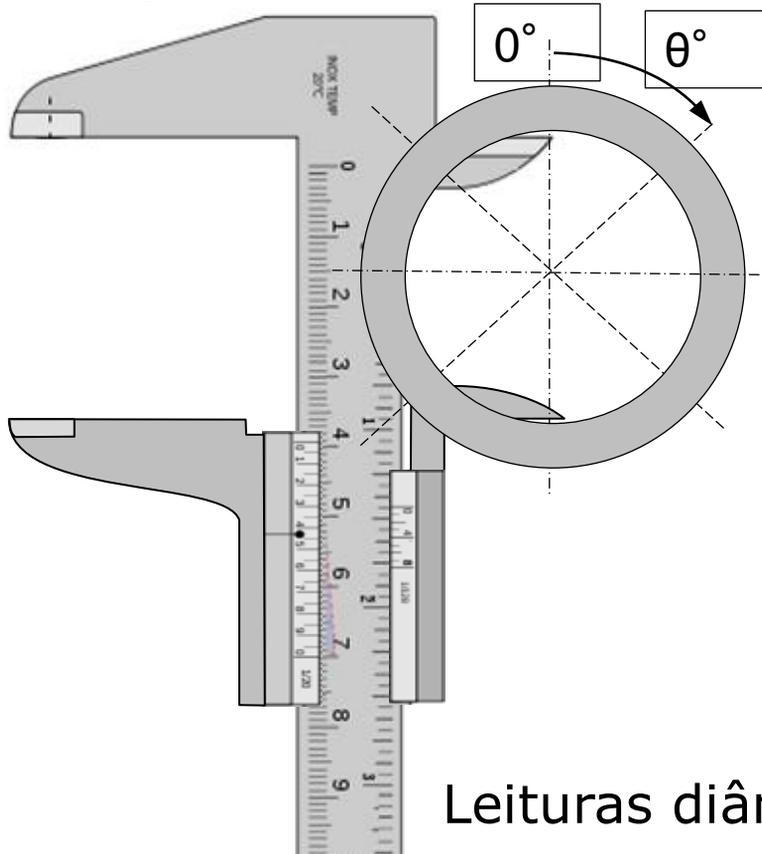
- a) Círculo de mínima zona MZC
- b) Mínimo círculo circunscrito
- c) Máximo círculo inscrito
- d) Círculo de referência
- e) Círculo de referência por mínimos quadrados

**Considerem excentricidade 0**



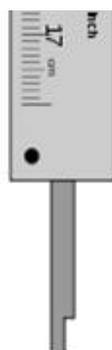
## Experimento - 3

Avaliação da circularidade interna do anel



Leituras diâmetro interno

theta	L1	L2	L3	L4	L5
0°	27,83	27,94	27,86	27,76	27,91
30°	27,89	27,87	27,90	29,91	27,84
60°	27,92	27,90	27,84	27,88	27,95
90	27,95	27,85	27,87	27,95	27,94
120	27,93	29,94	27,95	27,93	27,91
150°	27,95	27,89	27,96	27,97	27,94



Desenho meramente ilustrativo pois esse paquímetro é analógico



## Experimento - 3

Avaliação da circularidade interna do anel

**Exp 3 B** – Com base nos dados da planilha determinar analítica e graficamente (plotar os resultados):

- a) Círculo de mínima zona MZC
- b) Mínimo círculo circunscrito
- c) Máximo círculo inscrito
- d) Círculo de referência
- e) Círculo de referência por mínimos quadrados

**Considerem excentricidade 0**



## Experimento - 4

### Avaliação cilíndricidade de um tubo

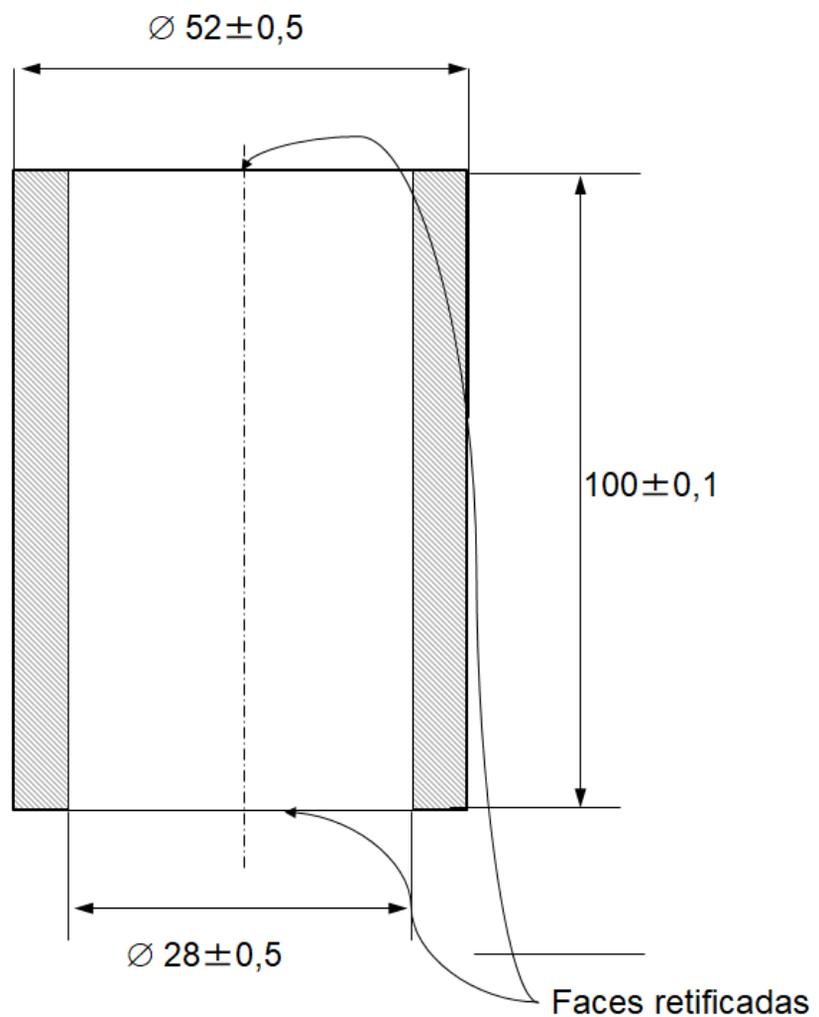
#### Descrição da peça

Tubo de ensaio tribológico

Material: Aço ABNT 1045 temperado

Medição dos diâmetros interno e externo

- Paquímetro digital
- F.O. 0-155mm
- Resolução: 0,01mm





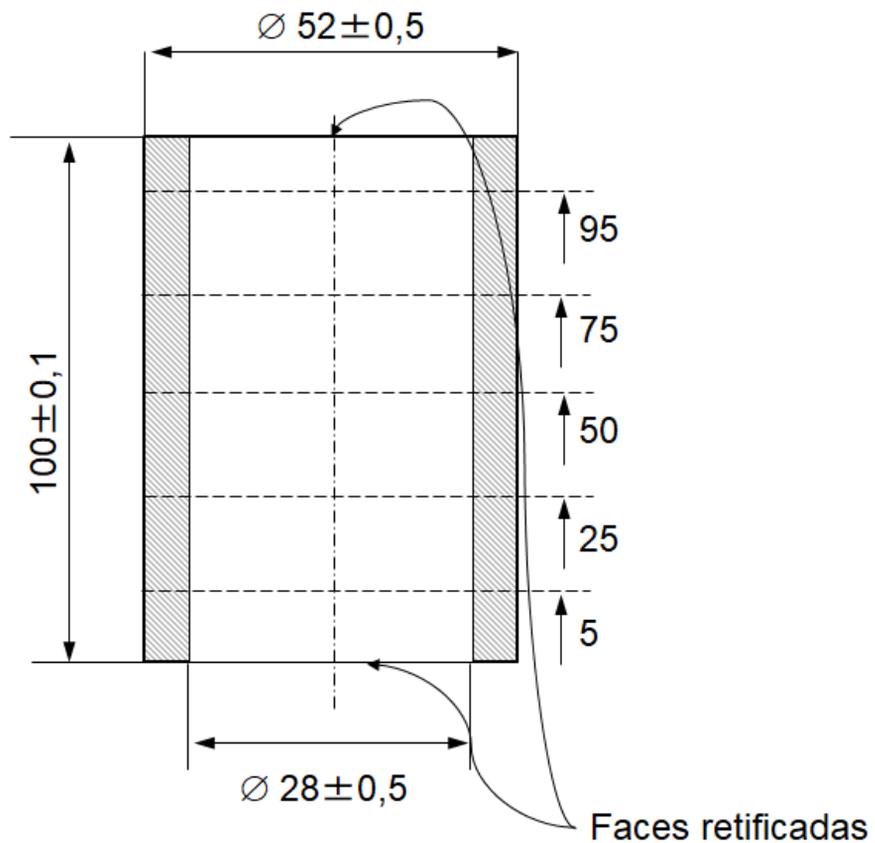
# Experimento - 4

## Avaliação cilíndricidade de um tubo

theta	0°	30°	60°	90°	120°	150°
h=5mm	26,01	25,99	26,01	26,01	26,01	25,99
h=25mm	25,99	26,02	26,02	25,99	26,02	25,99
h=50mm	26,00	25,96	26,01	25,99	26,01	25,96
h=75mm	26,01	26,01	26,01	26,02	26,01	26,02
h=95mm	25,99	26,03	26,02	25,99	26,02	25,99

theta	180°	210°	240°	270°	300°	330°
h=5mm	26,01	26,01	26,01	25,99	26,01	26,01
h=25mm	26,02	26,02	26,02	26,02	25,99	25,99
h=50mm	26,01	26,01	26,01	25,96	26,00	25,99
h=75mm	26,01	26,01	26,01	26,01	26,01	26,02
h=95mm	26,02	26,02	26,02	26,03	25,99	25,99





## **Experimento - 4**

### Avaliação cilíndricidade de um tubo

**Exp 4** – Com base nos dados da planilha determinar analítica e graficamente (plotar os resultados) a cilíndricidade da peça.

**Considerem excentricidade 0**



## Relatório do Laboratório 2

Grupo:      1- Nome                                  No. USP:  
              ---  
              n - Nome                                 No. USP:

Experimento - 1

Solução

Experimento - 2

Solução

---

Experimento - 4

Solução

Mostrar os cálculos e hipótese assumidas na solução dos experimentos

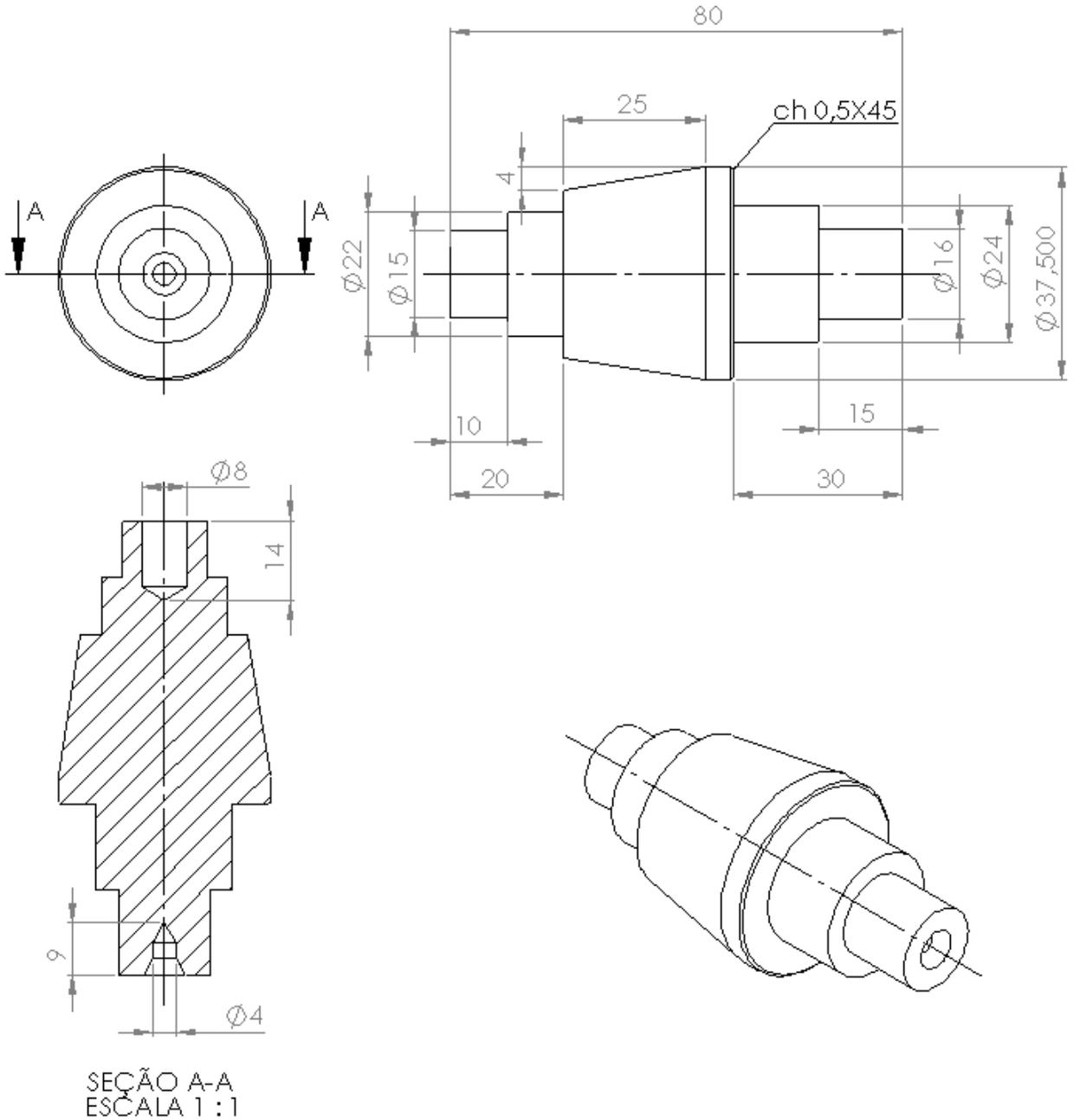


## **Laboratório Virtual 3**



## Experimento - 1

### Desenho da peça ser fabricada





## Experimento – 1

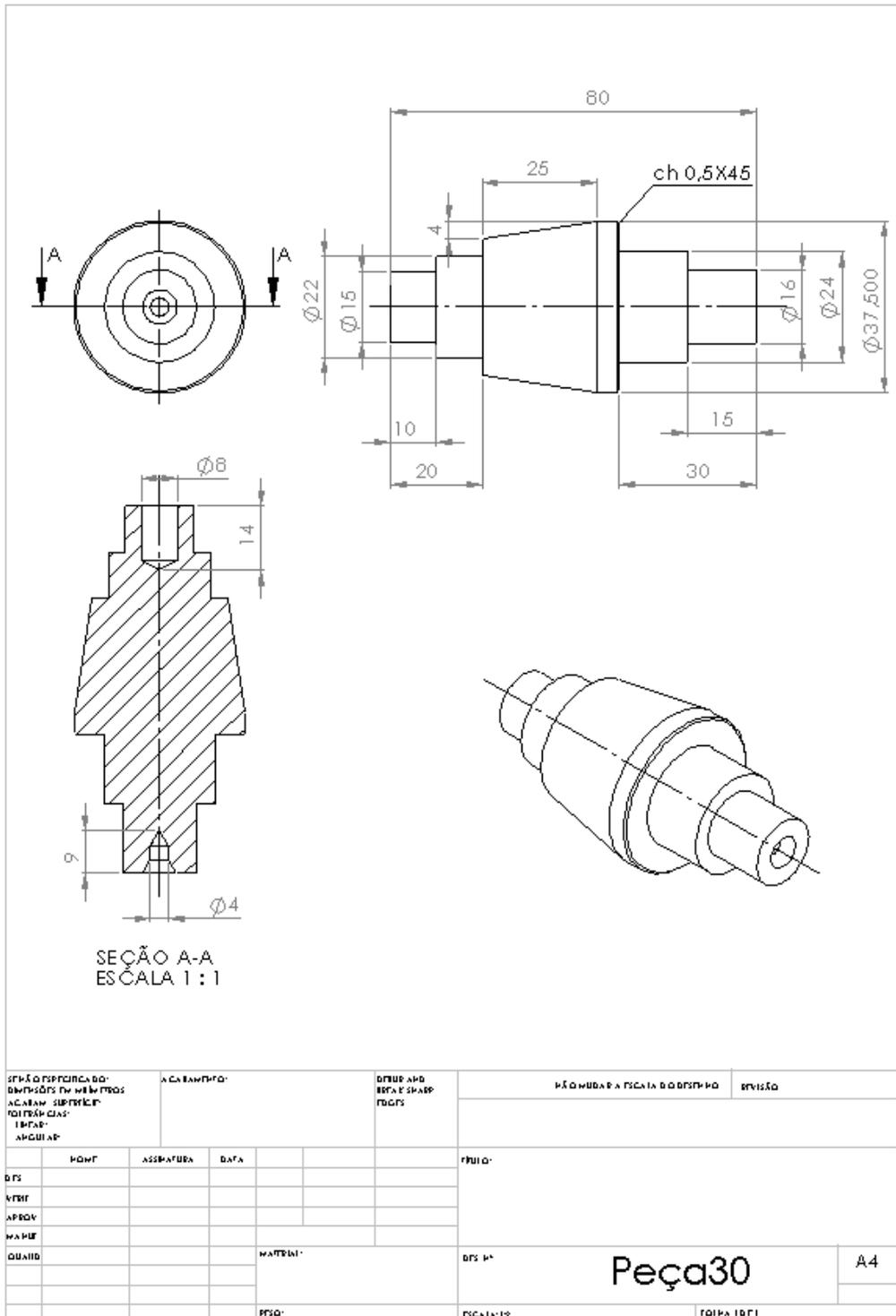
**Exp 1** – Com base no desenho da página anterior:

- Determinar a sequência de usinagem.
- Definir a velocidade de corte para alumínio – Grupos pares
- Definir a velocidade de corte para Bronze – Grupos ímpares
- Calcular a velocidade de corte para cada operação com base na velocidade de corte
- Definir uma profundidade de corte com base no desenho da ferramenta.



# Experimento – 1

## Desenho de fabricação da peça ser fabricada

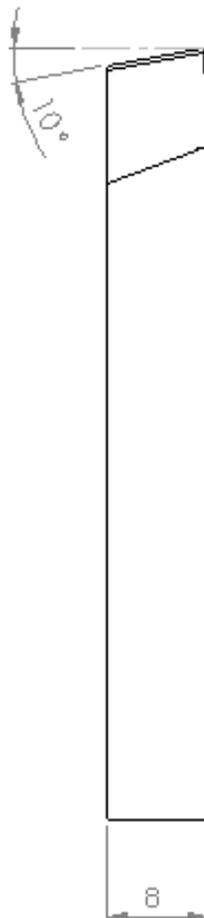
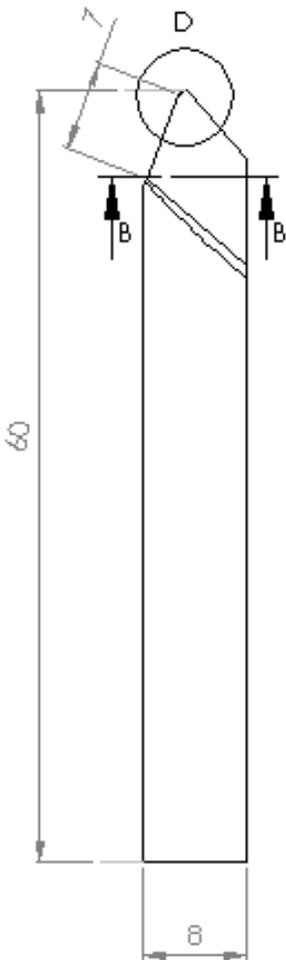
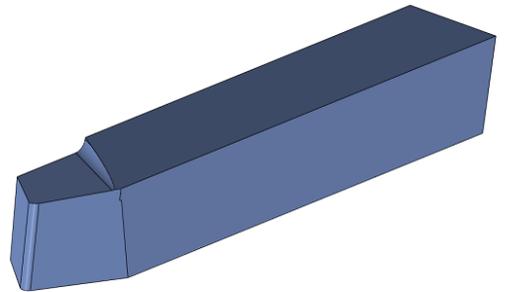
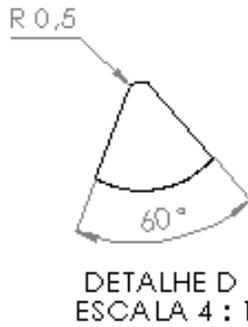
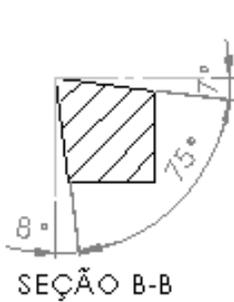




# Experimento - 1

## Desenho ferramenta

**Material: Aço Rápido (HSS)**



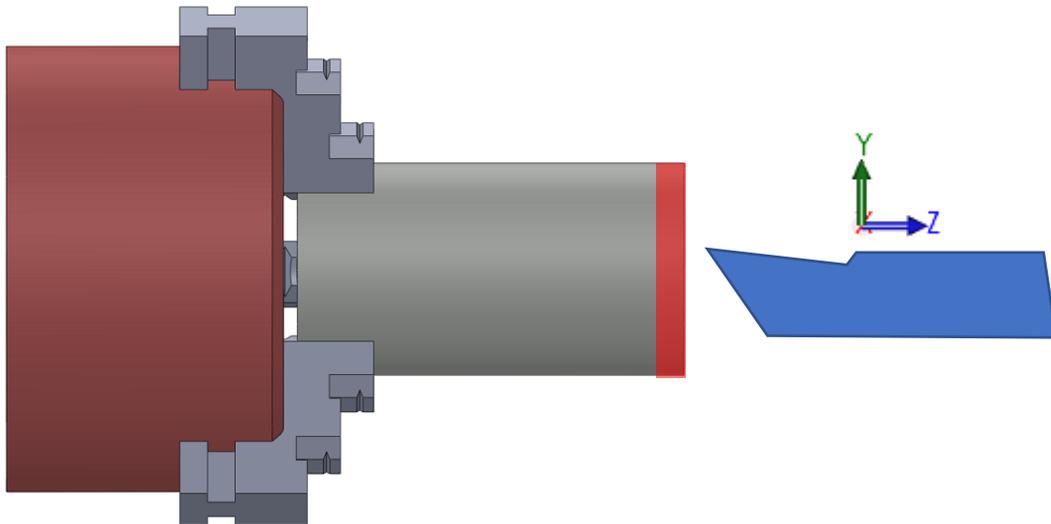


## Experimento – 1

### Exemplo de sequência de fabricação

#### Operação 1 – Faceamento do lado A

- Fixar peça na placa de três castanhas autocentrante.
- Rotacionar em 90° o porta-ferramentas
- Ligar o torno a 800 rpm
- Usar avanço manual
- Executar faceamento
- Desligar o torno



#### Operação 2 – Faceamento do lado B

- Soltar peça na placa de três castanhas
- Rotacionar a peça e fixar novamente
- Fixar peça na placa de três castanhas autocentrante.
- Rotacionar em 90° o porta-ferramentas
- Ligar o torno a 800 rpm
- Usar avanço manual
- Executar faceamento
- Deligar o torno

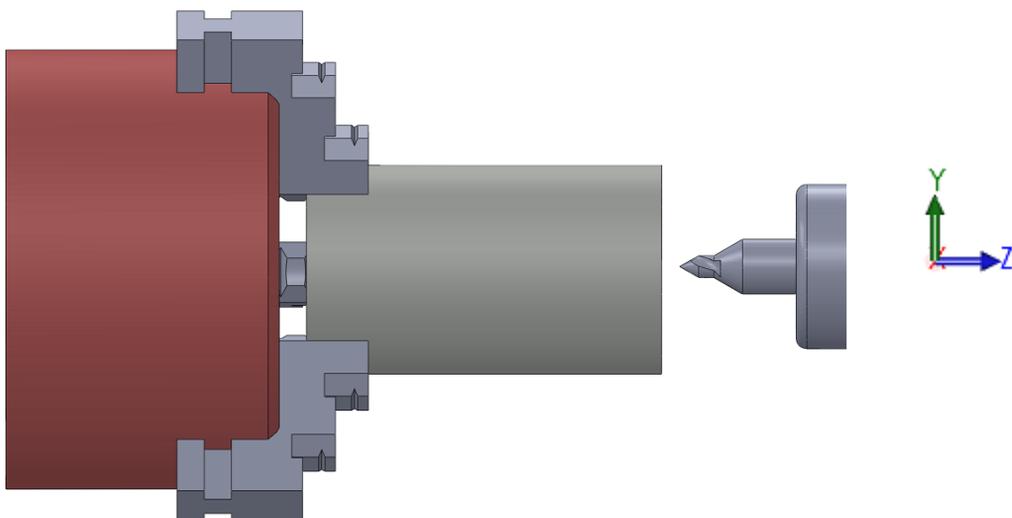


## Experimento – 1

### Exemplo de sequência de fabricação

#### Operação 3 – Furação de centro

- Rotacionar em 90° o porta-ferramentas (voltar a posição original)
- Fixar mandril com broca de centro 4mm no cabeçote móvel
- Aproximar cabeçote móvel
- Ligar o torno a 1.200 rpm
- Usar avanço manual
- Usar fluido de corte
- Executar furação
- Desligar o torno
- Afastar o cabeçote móvel
- Retirar mandril com ferramenta



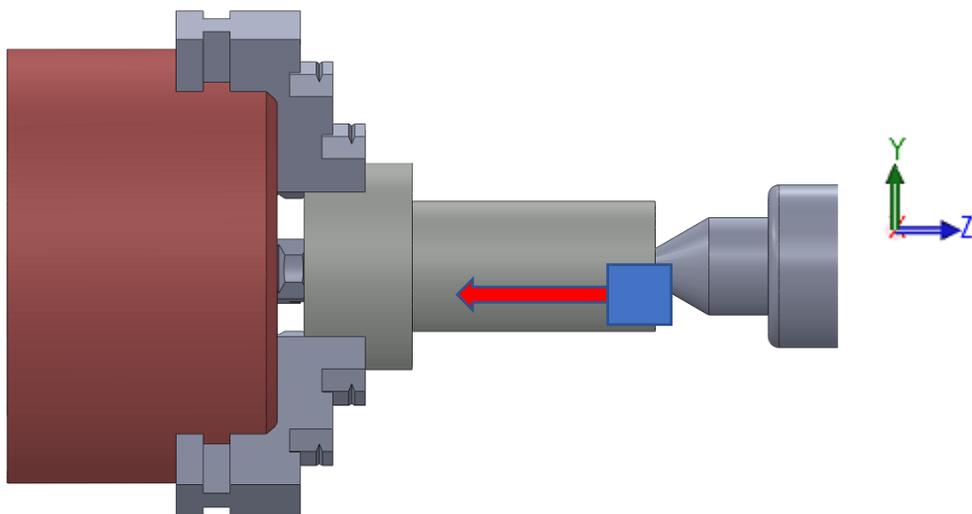


## Experimento – 1

### Exemplo de sequência de fabricação

#### Operação 4 – Rebaixo do diâmetro 24 mm X L=45

- Montar contra-ponta rotativo no cabeçote móvel, aproximar e fixar
- Ligar o torno a 1000 rpm
- Tangenciar a peça com a ferramenta na face
- Executar 4 passes de desbaste ( $a_p = 1,5$  mm)
- Executar um passe de acabamento ( $a_p = 1,0$  mm)
- Afastar a ferramenta
- Desligar o torno
- Medir a dimensão de 24 mm



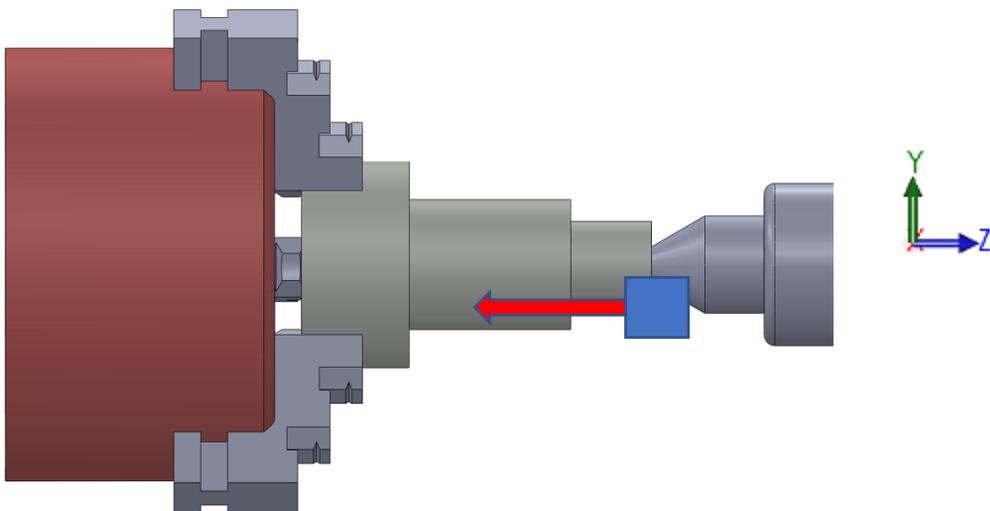


## Experimento – 1

### Exemplo de sequência de fabricação

#### Operação 5 – Rebaixo do diâmetro 24 mm X L=45

- Ligar o torno a 1500 rpm
- Tangenciar a peça com a ferramenta na face
- Executar 2 passes de desbaste ( $a_p = 1,5$  mm)
- Executar um passe de acabamento ( $a_p = 1,0$  mm)
- Afastar a ferramenta
- Desligar o torno
- Medir a dimensão de 16 mm



E assim segue até ter a peça pronta.



## Relatório do Laboratório 3

Grupo:      1- Nome                                  No. USP:  
              ---  
              n - Nome                                 No. USP:

Experimento – 1

Solução

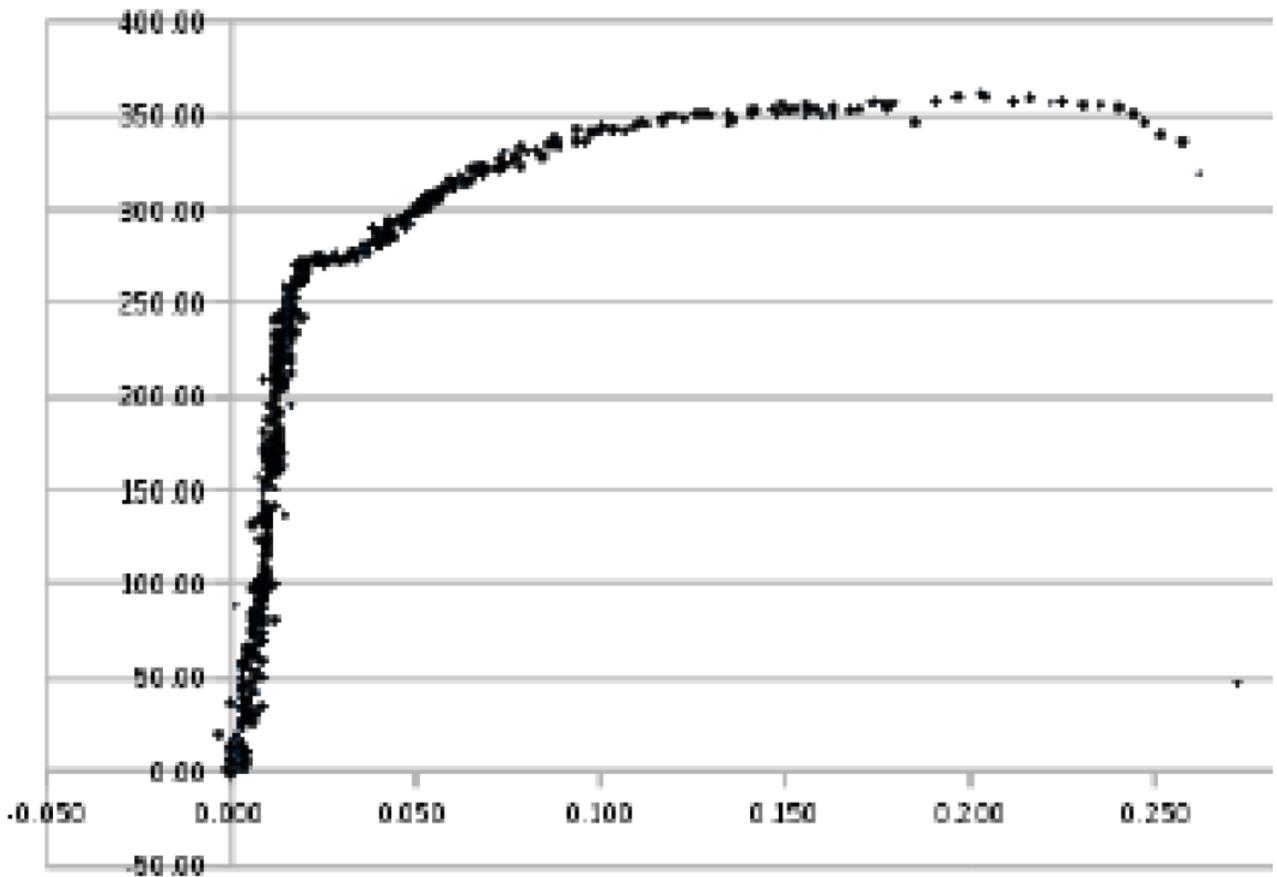
Mostrar sequencia de usinagem da peça conforme exemplo

Pode desenhar a mão livre

Mostrar os cálculos e hipótese assumidas no desenvolvimento da sequência



## **Laboratório Virtual 4**



**Exp 1** – Com base na curva experimental acima:

- Determinar a tensão de escoamento.
- Determinar a tensão máxima
- Determinar a tensão de ruptura
- Calcular Tenacidade, Ductilidade e Resiliência.
- **Identificar o material ensaiado**



## Relatório do Laboratório 4

Grupo:      1- Nome                                  No. USP:  
               ---  
               n - Nome                                      No. USP:

Experimento – 1

Solução

Responder os questionamentos

Mostrar os cálculos e hipótese assumidas no desenvolvimento

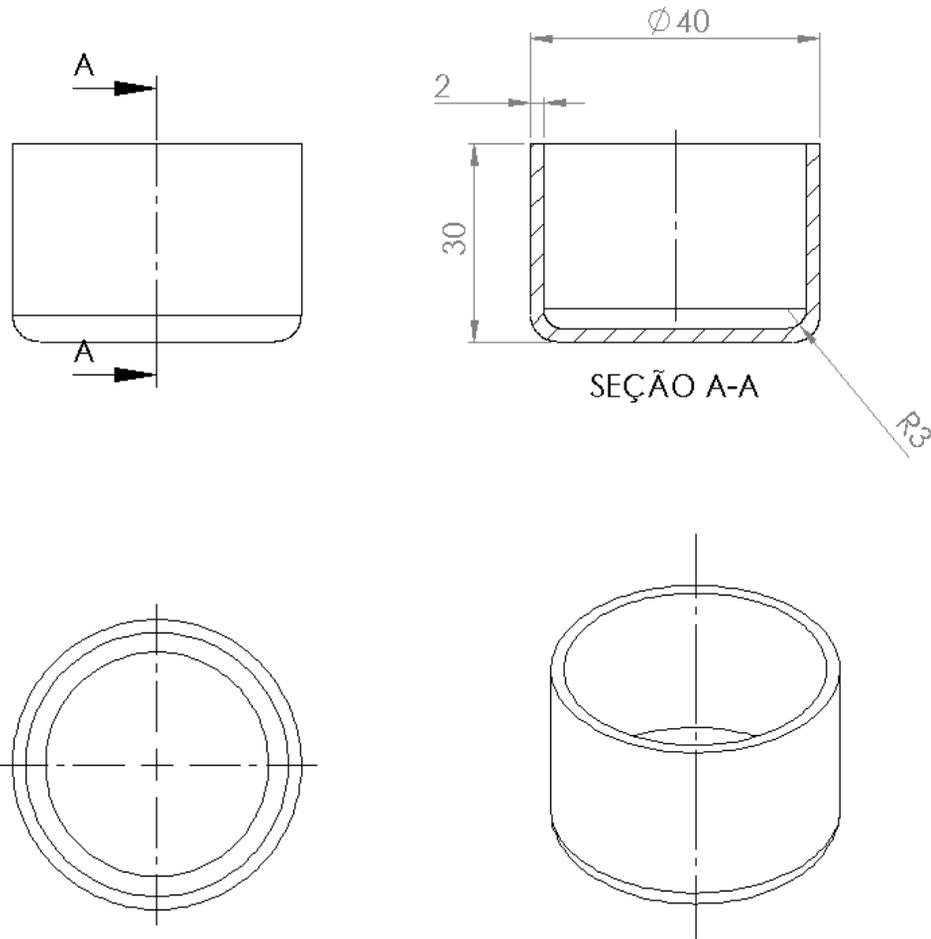


## **Laboratório Virtual 5**



# Experimento - 1

## Desenho da caneca



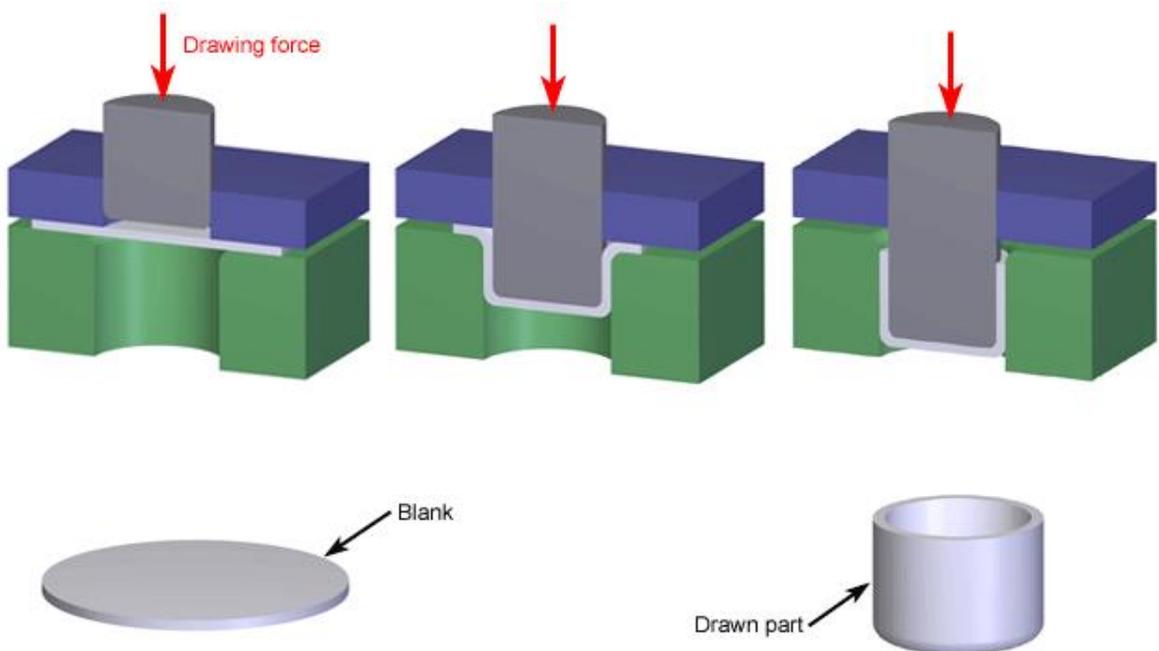


## Experimento – 1

### Definição do material

Grupos Pares: Alumínio, espessura 2mm

Grupos Ímpares: Latão, espessura 2mm





## Experimento – 1A

### Corte do Blank

- Determinar o diâmetro do blank
- Fazer um esboço da matriz de corte do blank
- Determinar a folga entre matriz e o punção para o corte do blank
- Determinar a força de corte do blank
- Fazer um esboço da matriz de embutimento da caneca
- Determinar a folga entre matriz e o punção de embutimento
- Determinar a força de embutimento
- Considerar  $\eta=0,8$



## Experimento – 1B

### Embutimento da caneca

- Selecionar a prensa mais adequada para as duas operações
- Projetar a alça da caneca
- Selecionar um processo de soldagem para unir a caneca com a alça, justificar sua escolha.
  
- **ATENÇÃO:** toda a formulação está disponível no roteiro original da aula presencial.



## Relatório do Laboratório 4

Grupo:      1- Nome                              No. USP:  
               ---  
               n - Nome                                No. USP:

Experimento – 1

Solução

Responder os questionamentos 1A e 1B

Mostrar os cálculos e hipótese assumidas no desenvolvimento

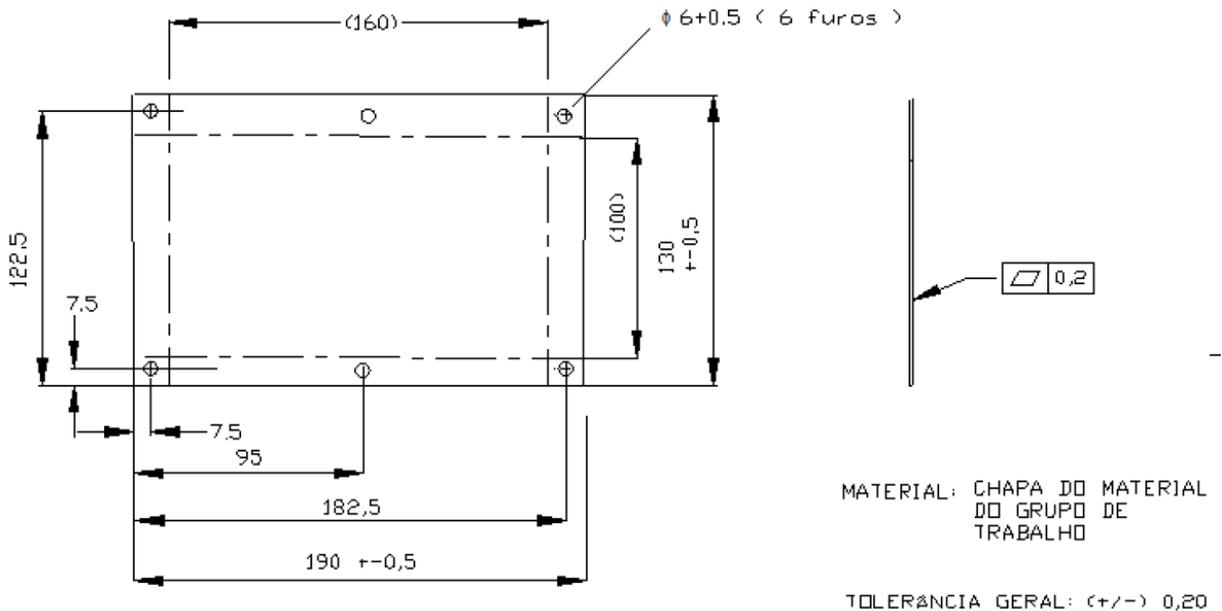


## Laboratório Virtual 6



## Experimento – 1

### Desenho da placa



Grupos Pares: Alumínio, espessura 2mm

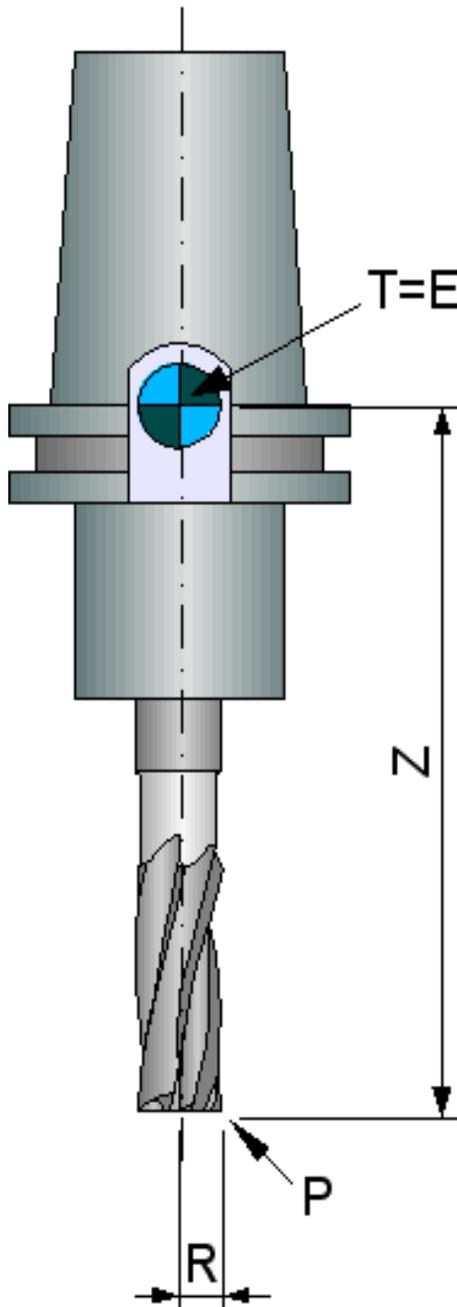
Grupos Ímpares: Latão, espessura 2mm

Assumir que a placa já está com a furação necessária para fixação na fresadora CNC



## Experimento - 1

### Desenho da ferramenta



- $R = 3 \text{ mm}$  ( $\varnothing 6 \text{ mm}$ )
- $P = 0,2 \text{ mm}$
- $Z = 220 \text{ mm}$
- 3 cortes



## Experimento – 1

- Escrever as iniciais do nome de cada membro da equipe na tabuleta
- Elaborar o programa CNC, modo fresamento de topo
- Executar a simulação utilizando o CNC simulator
- O relatório deve conter o programa CNC, cálculo dos parâmetros de usinagem (rotação, avanço e profundidade de corte), e imagens da simulação.
- o relatório junto com o vídeo da simulação deve ser enviado por e-mail.



## Relatório do Laboratório 4

Grupo:      1- Nome                      No. USP:  
              ---  
              n - Nome                      No. USP:

Experimento – 1

Solução

Identificar as letras que serão usinadas

Programa CNC, identificando o que está sendo executado

Figuras com a execução de cada letra no simulador

Mostrar os cálculos e hipótese assumidas no desenvolvimento

+

Enviar o vídeo da simulação



**- Fim -**