

Relatório e análise do trabalho realizado na fresadora didática.

Cristóvão Bartholo Gomes – 14/0135081

UnB, Brasília

30/11/2018

1- Objetivos:

O objetivo deste projeto é projetar, programar e posteriormente analisar a peça na fresadora didática utilizando a teoria aprendida em sala de aula. A partir da peça produzida analizaremos as medidas e erros dimensionais e geométricos da peça e faremos a análise de capacidade da máquina utilizada para a confecção da peça.

2- A peça:

A peça utilizada na confecção deste projeto foi uma placa de MDF com dimensões de 200 milímetros de altura e largura e 15 milímetros de profundidade. A peça foi colhida da carpintaria da UnB, onde teve seu dimensionamento de altura e largura corrigido conforme o especificado nos requisitos. Sobre a peça foi gravada através de dois passes uma borda de uma imagem através do fresamento com uso da fresadora didática.

3- O projeto:

Sobre a peça seria gravada uma borda de 175 milímetros de altura e largura, e em seu interior seria gravado um desenho planejado. O projeto especifica que a borda seria realizada com dois passes, o primeiro penetrando dois milímetros e o outro passe penetrando mais outros dois milímetros, totalizando numa profundidade de quatro milímetros.

Para esta confecção foi assumido que o diâmetro da ponta da ferramenta era de 4 mm, o e a profundidade máxima seria aquela da borda, ou seja, 4mm. O desenho foi feito inteiramente com uma profundidade de 2mm, além disso a zona de segurança ficou definida em Z à 5mm. O desenho é uma sátira do personagem Mickey Mouse do Walt-Disney, bem como a escritura da palavra “Mickey” em caixa alta, para acrescentar um pouco mais de complexidade ao projeto. Além disso houveram regiões de cavidade, realizados com diversas interpolações circulares na região dos dentes e olhos da imagem.

O esboço do projeto foi feito em papel quadriculado e posteriormente passado para o software CNC-Simulator, versão estudantil. Nele foi necessário escolher a máquina (foi escolhida uma máquina genérica de fresamento), a ferramenta e peça foram configuradas de acordo com os parâmetros especificados acima. Em seguida foi feito o código-G. A simulação no programa CNC-Simulator em 2D e em 3D estão mostradas nas Figuras 1 e 2, respectivamente. O material escolhido para a visualização na simulação em 3D serve somente ao propósito de fazer com que o material removido seja melhor observado.

Os parâmetros de processo estão especificados na Tabela 1.

4- O código:

Algumas limitações de driver impedem que a máquina execute certas funções, como por exemplo a movimentação linear com interpolação foi feita somente com o código G01 pois a máquina não suporta o comando G00. Por causa disso funções mais complexas não foram utilizadas, fazendo com que o código seja majoritariamente realizado pelas funções mais fundamentais que são G01, G02 e G03.

(\$Mill)
(\$Millimeters)
(\$AddRegPart 1)
(CRISMILLING)

```
%12
T1 M06
(Enter your CNC code here)
G92 Z20 X12.5 Y12.5
G01 X0 Y0 Z5
G01 Z-2
Y175
X175
Y0
X0
Z-4
Y175
X175
Y0
X0
G01 Z5
X10 Y135 (INICIO M)
G01 Z-2
Y155
Y145 X20
Y155 X30
Y135
G01 Z5 (FIM M)
X40 Y135 (INICIO I)
G01 Z-2
Y155
G01 Z5 (FIM I)
X70 (INICIO C)
G01 Z-2
X50
Y135
X70
G01 Z5 (FIM C)
X80 (INICIO K)
G01 Z-2
Y155
G01 Z5
X100
G01 Z-2
X80 Y145
X100 Y135
G01 Z5 (FIM K)
X110 (INICIO E)
G01 Z-2
Y155
X130
G01 Z5
Y145
G01 Z-2
X110
G01 Z5
Y135
G01 Z-2
X130
G01 Z5 (FIM E)
X150(INICIO Y)
G01 Z-2
Y145
X160 Y155
G01 Z5
X150 Y145
G01 Z-2
X140 Y155
G01 Z5 (FIM Y)
X80 Y20(INICIO PESCO)
G01 Z-2
Y40
G03 X68 Y53 R12
G01 Z5 (FIM PESCO)
X73 Y60 (INICIO ORELHA ESQ)
G01 Z-2
G02 X73 Y85 R-25
G01 Z5 (FIM ORELHA ESQ)
X70 Y90 (INICIO TOPO)
G01 Z-2
G02 X105 Y90 R20
G01 X115 Y75
G02 X150 Y80 R38(FIM TOPO)
G02 X150 Y70 R-7.5(INICIO FOCINHO)
G02 X150 Y80 R7.5
G01 Z5 (FIM FOCINHO)
X100 Y70(INICIO OLHO ESQUERDO)
```

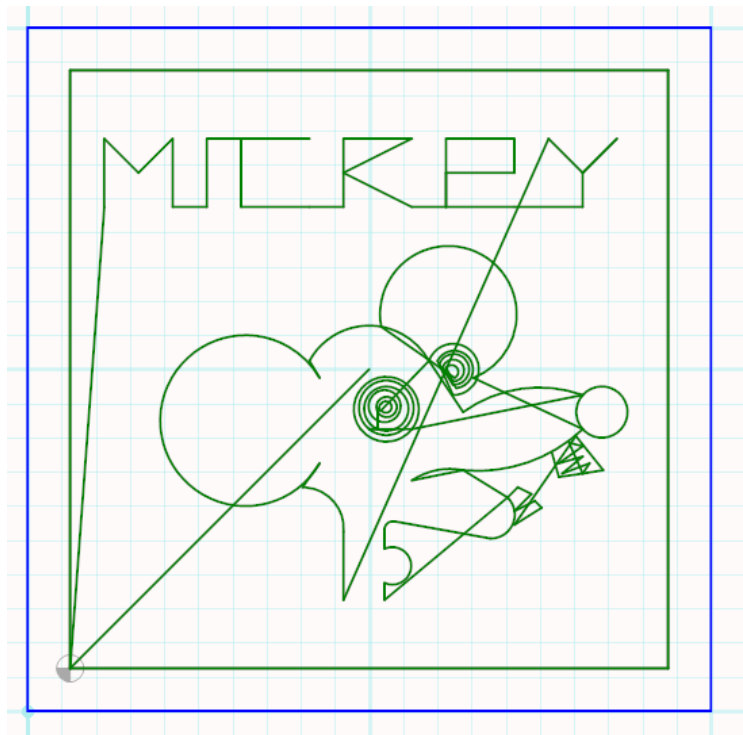


Figura 1 – Simulação 2D, CNC-Simulator



Figura 2 – Simulação 3D, CNC-Simulator

G01 Z-2
 G02 X85 Y70 R9.5
 G02 X100 Y70 R-9.5

 G01 X87.5 Y70
 G02 X97.5 R-8
 G02 X87.5 Y70 R8

 G01 X90 Y70
 G02 X95 Y70 R-6.5
 G02 X90 Y70 R6.5

 G01 X90 Y72.5
 G02 X90 Y81 R4.7
 G02 X90 Y72.5 R-4.7

 G01 X90 Y75
 G02 X90 Y78 R3
 G02 X90 Y75 R-3

 G01 X90.5 Y75.5
 G02 X91 Y77.5 R1.7
 G02 X91 Y75.5 R-1.7

 G01 Z5 (FIM OLHO ESQUERDO)
 X105 Y90 (INICIO OLHO DIREITO)
 G01 Z-2
 G02 X112 Y80 R-7.5

 G01 X107.5 Y90
 G02 X113 Y82 R-5.5

 G01 X108 Y89
 G02 X112 Y83 R-4.5

 G01 X109 Y88
 G02 X112 Y84 R-3.2

 G01 X110 Y88
 G02 X112,5 Y85 R-2

 G01 Z5 (FIM OLHO DIREITO)
 X91 Y100 (INICIO ORELHA DIREITA)
 G01 Z-2
 G02 X118 Y85 R-20
 G01 Z5 (FIM ORELHA DIREITA)
 X150 Y70 (INICIO BOCA-PESC)
 G01 Z-2
 G02 X115 Y58 R45
 G03 X100 Y55 R20
 G01 Z5
 X115 Y58
 G01 Z-2
 X128 Y50
 G02 X123 Y38 R7
 G01 X95 Y43
 G03 X92 Y40 R2.5
 G01 Y35
 G02 X92 Y25 R-5.5
 G01 Y20
 G01 Z5 (FIM BOCA-PESC)
 G01 X128 Y50 (INICIO DENTES INF)
 G01 Z-2
 X131 Y53
 X135 Y51
 X130 Y46
 X136 Y49
 X138 Y47
 X130 Y42
 G01 Z5 (FIM DENTES INF)
 X148 Y68 (INICIO DENTES SUP)
 G01 Z-2
 X156 Y58
 X150 Y57

 X146 Y66

 X150 Y65
 X143 Y60
 X150 Y62
 X144 Y57
 X152 Y60

 X150 Y57
 X143 Y56
 X141 Y63
 Z5
 M30



Figura 3 – Resultado Final, Peça fresada.

Diâmetro da ferramenta	4 mm
Profundidade em Z (desenho)	2 mm
Zero peça (mm)	(X,Y,Z) = (12.5 ,12.5, 20)
Zero ferramenta (mm)	(X,Y,Z) = (12.5 ,12.5, 20)
Altura de segurança em Z	5 mm
Avanço	450 mm/revolução
Velocidade de corte	900 rpm

Tabela 1 – Parâmetros de processo

5 – Análise de erro e capacidade

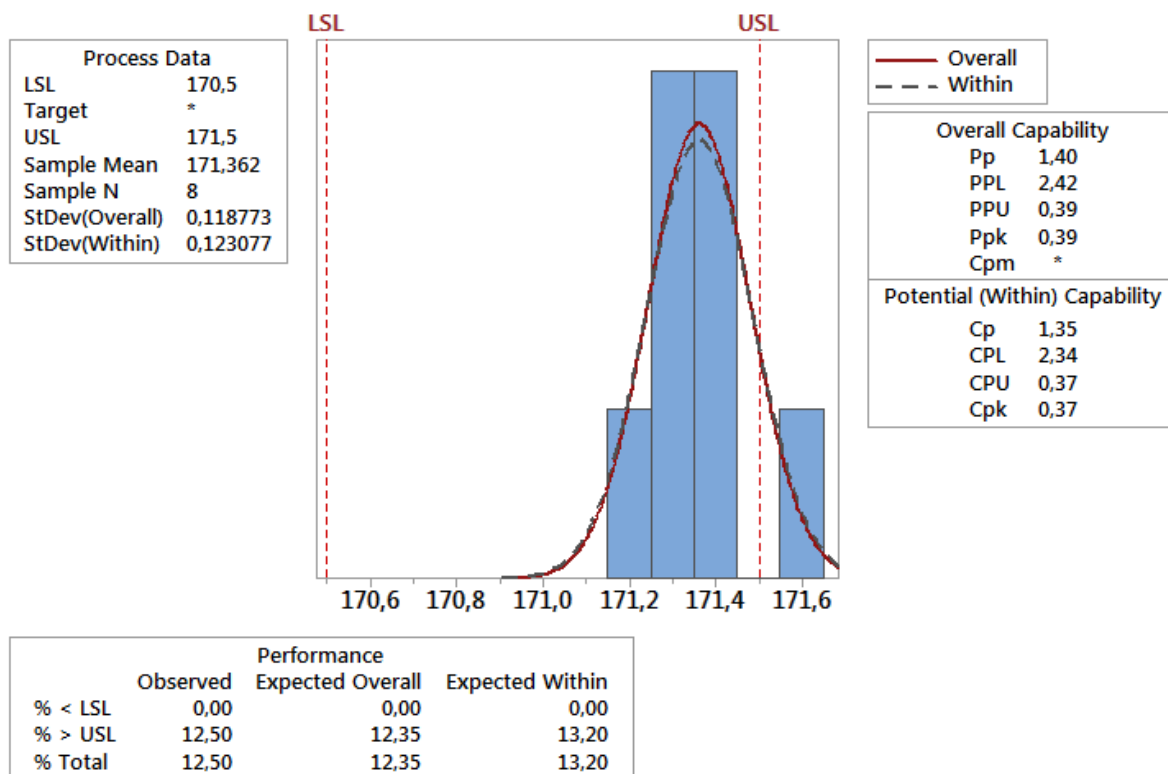
Com uso do paquímetro analógico, foram feitas dezesseis medidas nos valores das bordas, sendo oito delas a distância horizontal entre as bordas direita e esquerda e as demais a distância vertical das bordas acima e abaixo. A distância entre o centro de uma borda à oposta a ela foi projetadas para ter 175 mm, portanto o valor projetado para a medida do paquímetro seria esse valor menos diâmetro da ferramenta (duas vezes o raio, um raio a menos para cada borda), que resulta em um valor de 171 mm. Os valores medidos estão mostrados na Tabela 2.

	Horizontal	Vertical
1	171,6	171,3
2	171,4	171,3
3	171,4	171,2
4	171,3	171,3
5	171,3	171,2
6	171,4	171,2
7	171,2	171,2
8	171,3	171,3
Média	171.3625	171.25
Desvio Padrão	0.1188	0.0535

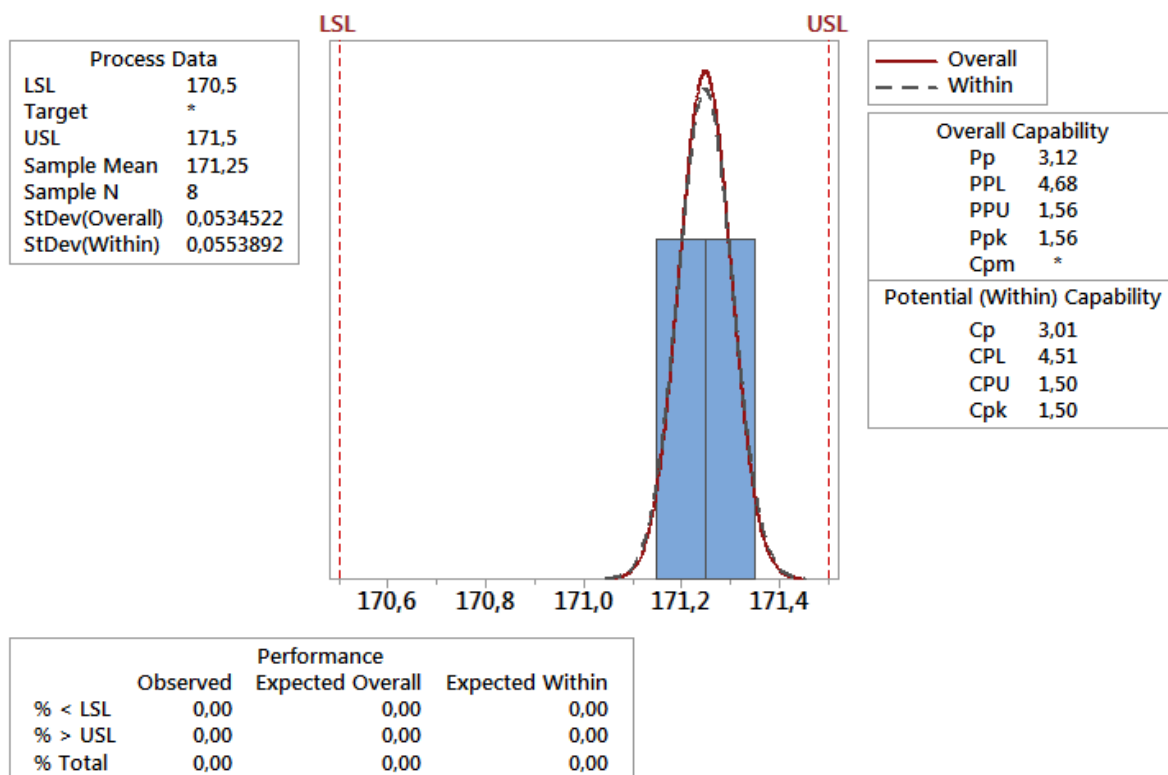
A análise de capacidade foi feita através do software *Minitab – Versão Estudantil*, sendo utilizada a distribuição normal e a capacidade para cada um dos eixos separadamente (horizontal e vertical, X e Y respectivamente).

Para este projeto foi determinado que o desvio do valor nominal máximo aceitado é igual a 0.5 mm, os graficos da análise de capacidade gerados pelo programa *Minitab – Versão Estudantil* estão apresentados na imagem 4.

Process Capability Report for Horizontal



Process Capability Report for Vertical



Pela análise dos gráficos gerados pode-se perceber que houve uma variação maior sobre o eixo horizontal (eixo X), fazendo com que os valores ficassem fora dos requisitados. já no eixo vertical (eixo Y) a variação ficou dentro dos requisitos. Vale observar também que a largura da distribuição sobre o eixo horizontal foi maior do que a do eixo vertical, isso pode estar relacionado a uma inclinação no eixo horizontal, o que faria com que a distribuição seja mais ampla.

Além disso, diversos outros fatores podem estar relacionados com os erros observados, dentre eles vibrações, má fixação da peça, imperfeições no zeramento que foi feito manualmente, retirada de cavaco ineficiente, etc.

Após a fabricação da peça, ela foi analisada por uma máquina de alta precisão disponível no laboratório da matéria de tecnologia de comando numérico, que gerou um relatório automático com os valores.

El. No.	Line No	Element	Pnt. Ref.	X-Coord. X-Angle Nominal	Y-Coord. Y-Angle Up/Lo	Z-Coord. Z-Angle Actual	Diameter Dist./Ang. Dev./Error	Variance mm
1	21	Dx Distância duas Retas Distancia XY		170.500	0.800 -0.800	171.296	0.796	-----*****
2	23	Dy Distância duas Retas Distancia XY		170.500	0.800 -0.800	171.224	0.724	-----*****
3	25	Comprimento Ly_1 Distancia XY		170.500	0.800 -0.800	171.125	0.625	-----*****
4	27	Comprimento Ly_2 Distancia XY		170.500	0.800 -0.800	171.311	0.811	0.011 -----+--->>
5	29	Comprimento Lx_1 Distancia XY		170.500	0.800 -0.800	171.103	0.603	-----*****
6	31	Comprimento Lx_2 Distancia XY		170.500	0.800 -0.800	171.455	0.955	0.155 -----+--->>
1	32	Ly_1 Retilidade			0.800		0.066	*-----
2	34	Ly_2 Retilidade			0.800		0.109	**-----
3	36	Lx_1 Retilidade			0.800		0.056	*-----
4	38	Lx_2 Retilidade			0.800		0.208	**-----
2	40	Ly_2 Paralelismo			0.800		0.348	***-----
4	41	Lx_2 Paralelismo			0.800		0.317	***-----
3	42	Lx_1 Perpendicularismo			0.500		0.589	0.089 --->>
4	43	Lx_2 Perpendicularismo			0.500		0.537	0.037 --->>
2	44	Ly_2 Perpendicularismo			0.500		0.178	***-----
2	45	Ly_2 Perpendicularismo			0.500		0.349	*****--

Imagem 5 – Relatório automático

Os valores nominais estabelecidos na geração deste relatório automático estão incorretos, entretanto há valores que mostram que há imperfeições de perpendicularismo nas retas horizontais, o que mostra que realmente houve um desvio destes valores, como previsto na análise com o paquímetro e na análise de capacidade nesta região.

Há duas principais causas que podem ter gerado esse erro, primeiro que houve uma má fixação da peça e segundo que o trilho do eixo X apresenta uma inclinação, como observado no trabalho com a vela, ou uma combinação destes dois fatores.

6- Conclusão

Ao longo deste projeto foi perceptível a necessidade da especificação dos parâmetros de planejamento, bem como analisar a capacidade da máquina na realização dele.

Notou-se que diversos fatores limitam e direcionam a fabricação da peça, como limitações da ferramenta, qualidade do material de fabricação, problemas na máquina (como foi o caso neste projeto com o torno didático, que apresentou uma inclinação em seu eixo X), limitações no driver da ferramenta que a impede de realizar certas funções em código G, material da peça não homogêneo, entre outros fatores.

A peça produzida não satisfaz os requisitos estabelecidos no projeto, isto pode ser atribuído a diversos fatores, dentre eles o fato da vela utilizada não era homogênea, vibrações, zeramento da peça impreciso (realizado manualmente) e eixos da fresa angulados.

7- Bibliografia

<http://alvarestech.com/temp/tcn/AnaliseCapabilidadeExemploRobo.pdf>
<https://www.youtube.com/watch?v=phreoIGpBXc>
<https://www.youtube.com/watch?v=A1R7rtHm7Dk>
<http://www.portalaction.com.br/566-%C3%ADndices-de-capacidade-do-processo-cp-e-cpk>