

UMA ANÁLISE DIMENSIONAL E DE ACABAMENTO SUPERFICIAL DO PROCESSO DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA FDM 2000

Neri Volpato

Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - PPGEM/DAMEC/NuFER
Av. Sete de Setembro, 3165, Curitiba – PR, CEP 80230-901
nvolpato@cefetpr.br

José A. Foggiatto

CIMJECT-Departamento de Engenharia Mecânica-UFSC
Caixa Postal 476, Florianópolis-SC, CEP 88040-900
Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - DAMEC
Av. Sete de Setembro, 3165, Curitiba – PR, CEP 80230-901
foggiatto@cimject.ufsc.br

Israel Mercer Neto

Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - DAMEC/NuFER
Av. Sete de Setembro, 3165, Curitiba – PR, CEP 80230-901
israelmercer@yahoo.com.br

Resumo. *As tecnologias de Prototipagem Rápida (PR) se caracterizam como processos de fabricação por adição de sucessivas camadas de material, sendo a geometria da peça obtida diretamente de um modelo geométrico 3D do CAD. Estas tecnologias surgiram com a finalidade inicial de fabricar protótipos visuais, onde não se exigia muita precisão dimensional. No entanto, o campo de aplicação destas tecnologias vem se ampliando, incluindo-se áreas onde não só a precisão é importante, mas também o acabamento superficial e a resistência mecânica. Dentre estas aplicações destacam-se a confecção de modelos para processo de cópia ou transferência da geometria e a fabricação de insertos para moldes protótipos (Ferramental Rápido). Este trabalho investiga a tolerância dimensional linear nas três direções principais de fabricação (X, Y e Z), a tolerância angular e a rugosidade de peças obtidas pela tecnologia de PR denominada de FDM (Fused Deposition Modeling), modelo FDM 2000. Uma caracterização geral do processo é apresentada.*

Palavras-Chave: *Prototipagem Rápida, Manufatura por Camada, FDM*

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia de Prototipagem Rápida (PR) se caracteriza como sendo um processo de fabricação por adição de sucessivas camadas de material, diferenciando-se dos processos tradicionais que envolvem principalmente a remoção de material (Fig. 1). A geometria da peça a ser fabricada é obtida diretamente de um modelo geométrico 3D do CAD que é “fatiado” eletronicamente gerando os contornos 2D de cada camada. Há várias tecnologias de PR no mercado utilizando distintos meios de adição de material, mas todas baseadas no mesmo princípio de manufatura por camada. Estas tecnologias surgiram no final da década de 80 com a finalidade

inicial de fabricar protótipos visuais, onde não se exigia muita precisão dimensional (Beaman, 1997; Jacobs, 1996). Observa-se, no entanto, que a exigência da qualidade dos protótipos vem aumentando. Segundo Vasudevarao et al (2000) e Bellini e Güçeri (2003), a PR está se direcionando para a fabricação rápida, ou seja, buscando utilizar o modelo obtido como peça final. Sendo assim, existe uma crescente preocupação na obtenção de peças de boa qualidade superficial, resistência mecânica e precisão dimensional. Adicionalmente, a PR vem sendo aplicada na fabricação de modelos para cópia ou transferência de geometria, como por exemplo, em processos de micro-fundição. Outra aplicação é na fabricação de insertos de moldes protótipos, em uma área conhecida como Ferramental Rápido [Beaman, 1997; Jacobs, 1996; Gomide, 2000]. Cedorge e Colton (2000), chamam a atenção que a rugosidade tem grande efeito sobre a força de extração do moldado de uma cavidade de um molde na aplicação em Ferramental Rápido. Sendo assim, o conhecimento da tolerância dimensional nas principais direções de fabricação (X, Y e Z), da tolerância angular e da rugosidade torna-se importante para a caracterização de um determinado processo de PR.

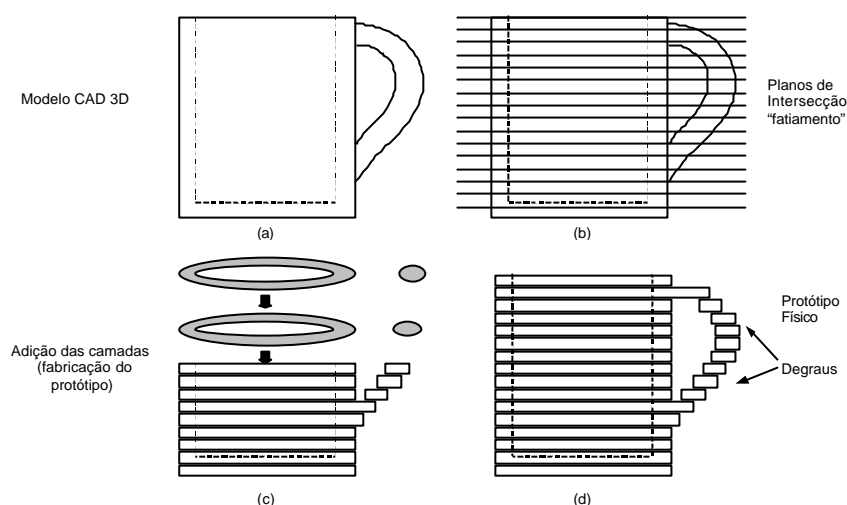


Figura 1. Princípio da fabricação por camada da Prototipagem Rápida: (a) modelo 3D, (b) “fatiamento”, (c) adição das camadas e (d) protótipo físico final

Uma das tecnologias de PR bastante difundida é a FDM (*Fused Deposition Modeling* ou Modelagem por Fusão e Deposição). Esta tecnologia constrói o protótipo por deposição de um material por um cabeçote extrusor. O Núcleo de Pesquisa em Projeto e Fabricação de Ferramentas (NuFER), do CEFET-PR, possui um equipamento FDM 2000 que, além de ser utilizado para obtenção de protótipos, vem sendo investigado para a obtenção de insertos de molde de injeção [Ahrens et al, 2002; Volpato et al, 2002]. O objetivo deste trabalho é investigar as tolerâncias dimensional e angular e a rugosidade superficial do protótipo, quando da variação de alguns parâmetros de processamento (espessura de camada e distância entre as trilhas de preenchimento). Este artigo apresenta inicialmente uma descrição da tecnologia FDM, relata os experimentos e metodologias utilizadas neste estudo e em seguida, avalia os resultados das características acima mencionadas.

2. PRINCÍPIO DA TECNOLOGIA FDM

A tecnologia FDM de prototipagem rápida constrói o protótipo utilizando um sistema que combina o movimento de um cabeçote extrusor nas direções X e Y com a ação de uma plataforma que se desloca na direção Z (Fig. 2). O cabeçote extrusor traça primeiro o perímetro (contorno) da seção transversal e depois o preenche com uma estratégia tipo *raster*, construindo assim cada camada. A Fig. 3 mostra esquematicamente uma camada de material sendo depositada com alguns dos parâmetros de controle da deposição do filamento extrudado (espessura de camada, de preenchimento, do contorno e o *gap*).

O processo FDM permite a obtenção de protótipos nos seguintes materiais: cera, poliéster, poliestireno, ABS, policarbonato e polifenilsulfone. Um dos materiais comumente utilizados é o ABS P-400. É possível também a aplicação desses protótipos na área médica com o MABS (*methyl methacrylate* ABS) que permite a esterilização.

A tecnologia FDM necessita da criação de suportes para viabilizar a construção de geometrias suspensas, ou seja, regiões da peça que não possuem o apoio natural das camadas precedentes durante algum estágio do processo de fabricação do protótipo. O cálculo do suporte é realizado automaticamente pelo sistema responsável pelo processamento da geometria para a fabricação e a máquina FDM possui um segundo bico, que é exclusivo para a geração dos suportes. O material do suporte é mais frágil do que o material do protótipo, sendo de fácil retirada nas regiões de livre acesso. Para regiões de difícil acesso, a *Stratasys* (empresa que comercializa a tecnologia FDM) desenvolveu um material para suporte que permite a sua remoção por imersão em solução líquida (sistema *WaterWorks*).

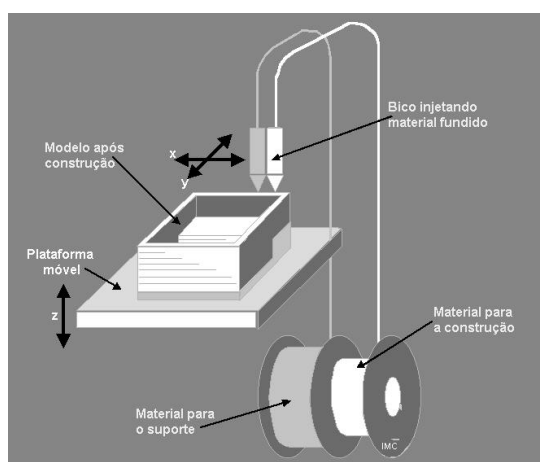


Figura 2. Esquema simplificado do processo FDM

A plataforma móvel utiliza um bloco plano descartável, feito em espuma rígida de poliuretano, como fundação. A espuma permite uma boa aderência quando a primeira camada é depositada garantindo que o modelo não se mova durante o restante da construção.

As peças são construídas em uma cabine com temperatura controlada que varia em função do diâmetro do bico e do material que está sendo extrudado. Esta cabine possui também ventilação forçada na duas laterais (direção X) apontando para o centro da mesa X Y (plataforma), auxiliando na rápida solidificação do filamento sendo depositado. Para o caso do ABS P-400 utilizando bico *Tip12* (0,305mm de diâmetro), é recomendado manter o interior da cabine a 70°C.

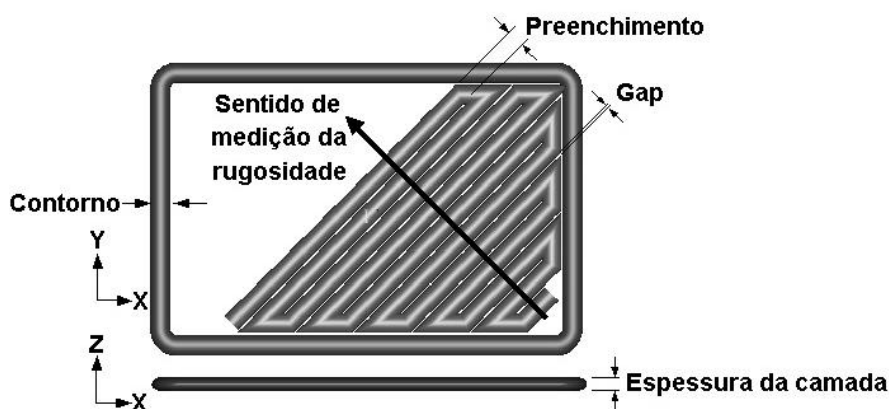


Figura 3. Representação esquemática de uma camada de material sendo depositado no processo FDM com alguns dos parâmetros de controle

3. DESCRIÇÃO DOS EXPERIMENTOS E METODOLOGIAS

Todos os protótipos utilizados para os estudos foram fabricados no equipamento FDM 2000 da *Stratasys* em ABS P-400. Alguns dos parâmetros do processo foram variados e serão apresentados em cada estudo.

3.1. Análise Dimensional Linear

Para a análise dimensional nas três direções de fabricação, foi utilizado a geometria mostrada na Fig. 4, utilizada em estudos semelhantes realizados pelo CIMJECT/UFSC, com dimensões externas de aproximadamente 40x40x40mm. Cada parede do modelo possui degraus externos e internos nos três eixos de trabalho. Os degraus internos nos planos ZY e XZ permitirão verificar a tolerância dimensional de regiões construídas a partir do suporte gerado para sustentá-las.

Num estudo dimensional na direção Z, de adição das camadas, deve ser levado em conta o fato de que uma determinada dimensão será dividida pela espessura de camada a ser utilizada. Esta peculiaridade faz com que possamos ter uma diferença matemática de até quase uma espessura de camada. Desta forma, com o objetivo de eliminar esta parcela variável da análise e estudar somente a tolerância de fabricação, as alturas dos degraus foram ajustadas para que gerassem um número exato de camadas. Foram então modeladas duas peças considerando as alturas de camadas de 0,178mm e 0,254mm, que são as mais usuais para o bico de *Tip12*. Como forma de exemplificação, a Fig. 4 mostra esquematicamente os valores da altura do segundo degrau para as duas peças. A de espessura de camada 0,178mm ficou com 9,968mm, o que corresponde a 56 camadas, e a de espessura de camada 0,254mm ficou com 10,16mm, correspondente a 40 camadas.

Foram fabricados três protótipos de cada dimensão em Z para análise dimensional. Os principais parâmetros de processo de fabricação dos modelos são: espessura do contorno e do preenchimento de 0,305mm e *gap* de 0. A única variação foi a espessura de camada, de 0,178mm e 0,254mm.

Após a fabricação dos protótipos, a medição foi realizada com um paquímetro com resolução de 0,01mm.

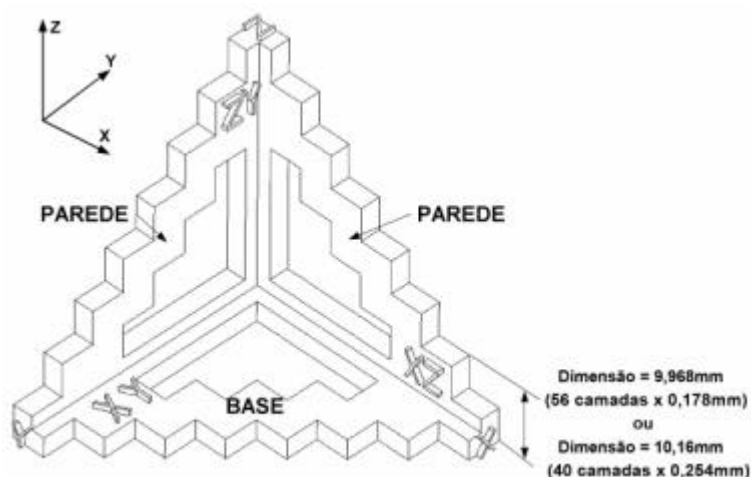


Figura 4. Geometria da peça para a análise dimensional

3.2. Análise Dimensional Angular

Para a análise dimensional angular utilizou-se dois modelos de peças como mostrado na Fig. 5a e 5b. No modelo da Fig. 5a, a variação entre as rampas inclinadas é de 1 grau e o da Fig. 5b é de 5 graus. A variação é menor na primeira porque se procurou verificar, além da precisão dimensional, qual o efeito da fabricação de uma parede inclinada com e sem suporte, isto é, se o suporte afeta a precisão no ângulo sendo fabricado. O sistema de controle do processo FDM gerou suporte na superfície inferior das paredes inclinadas com ângulos de 43, 42, 41 e 40°. Já nas rampas com 5 graus de variação verificou-se apenas a precisão nos ângulos formados, pois todos foram construídos com suporte.

Foram fabricados três protótipos de cada geometria para esta análise. Os principais parâmetros de processo de fabricação dos modelos foram: espessura de contorno e de preenchimento de 0,508mm, *gap* de 0 (zero) e espessura de camada de 0,254mm. A medição dos ângulos foi realizada utilizando-se uma Máquina de Medir por Coordenadas da Zeiss, com apalpador com ponta esférica de 2mm de diâmetro. Os valores foram obtidos através do ângulo entre uma reta definida por três pontos em cada superfície inclinada e uma reta na base da peça (única para todas as rampas). Foram medidos os ângulos tanto da superfície inferior quanto da superior de cada rampa objetivando verificar alguma variação do ângulos entre estas.

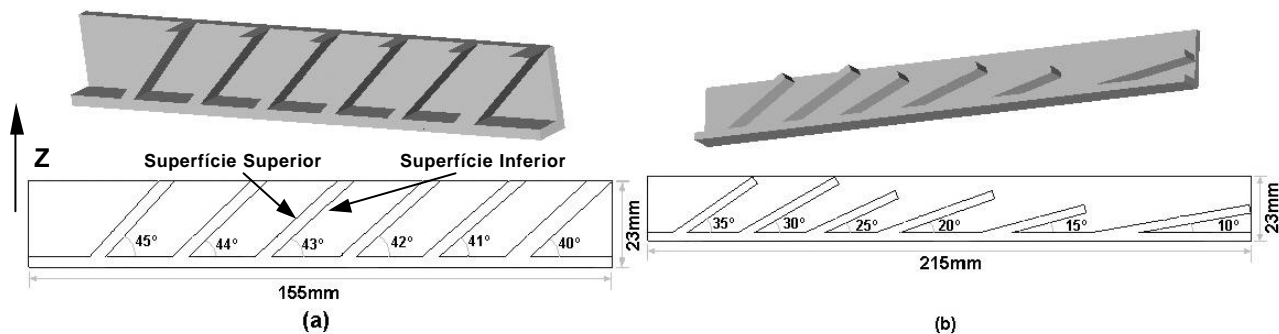


Figura 5. Geometria da peça para a análise dimensional angular, a) variação de 1º grau e b) variação de 5 graus

3.3. Análise da Rugosidade

Os protótipos confeccionados camada por camada têm o inconveniente de produzir, em superfícies curvas ou inclinadas, pequenos degraus. Esse defeito superficial, chamado de efeito escada, pode ser minimizado ao se escolher corretamente o sentido de construção. Quando possível, é recomendado que as superfícies curvas e inclinadas sejam dispostas de forma a evitar o aparecimento desses degraus. Pode-se afirmar que o efeito escada em peças obtidas pelos processos de PR é dependente de fatores como geometria da peça, orientação de fabricação e espessura de camada, sendo que, o fator mais relevante sobre a qualidade de um protótipo é a espessura da camada (Anitha et al, 2001). Por outro lado, as superfícies paralelas à plataforma móvel são também afetadas por parâmetros de construção como a espessura do contorno e do preenchimento e o *gap*.

A geometria utilizada para o estudo da rugosidade superficial foi uma placa de 20x30x2mm. O objetivo deste experimento foi medir rugosidade na superfície superior da placa (gerada pelo preenchimento), na superfície inferior (também gerada pelo preenchimento, mas que foi depositada sobre o suporte) e na superfície obtida pelo empilhamento das camadas (parede a 90º graus). Desta forma, esta placa foi fabricada em duas posições diferentes, uma deitada (X=20mm, Y=30mm e Z=2mm, sendo Z a direção de adição das camadas), para a medição da rugosidade superior e inferior, e um em pé (X=30mm, Y=2mm e Z=20mm), para a rugosidade na superfície de empilhamento. Foram fabricadas placas com três combinações de parâmetros de processo, variando-se a espessura de camada e o valor do *gap*. A opção com *gap* negativo foi escolhida por possibilitar a obtenção de uma peça mais densa, ou seja, com menos vazios devido à trajetória do

raster de preenchimento (porosidade de processo), e conseqüentemente, mais resistente. A Tabela 1 apresenta um sumário dos parâmetros e combinações das placas utilizadas neste estudo.

Tabela 1. Sumário das placas utilizadas para medição da rugosidade

No da Peça	Espessura camada (mm)	Gap (mm)	Contorno (mm)	Preenchimento (mm)	Posição fabricação
1	0,178	0	0,305	0,305	deitada
2	0,178	0	0,305	0,305	em pé
3	0,254	0	0,305	0,305	deitada
4	0,254	0	0,305	0,305	em pé
5	0,254	0,025 (Negativo)	0,305	0,305	deitada
6	0,254	0,025 (Negativo)	0,305	0,305	em pé

Foram fabricadas três peças em cada opção de processamento.

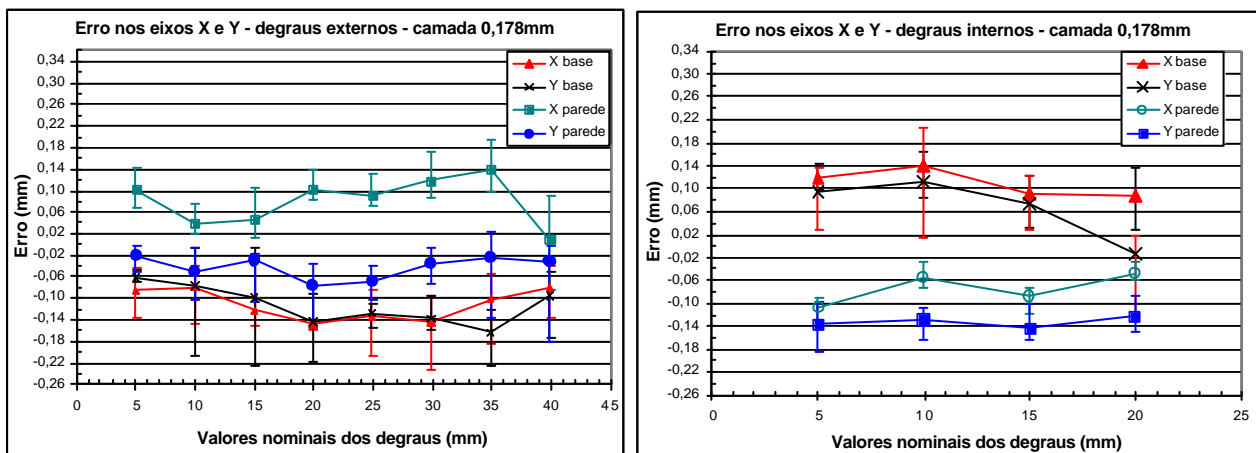
A medição foi realizada com um rugosímetro Perthometer S8P (Perthen, Mahr, Germany) e os parâmetros utilizados foram: $\lambda_c=2,5\text{mm}$ (*cut-off*), $LT=17,5\text{mm}$ (comprimento total) e $LM=12,5\text{mm}$ (comprimento útil). A rugosidade foi medida a 90 graus em relação ao preenchimento (direção do *raster*), como representado na Fig. 3. Todas as medidas foram repetidas três vezes para obtenção da média.

4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nas seções a seguir são apresentados todos os resultados das medições realizadas. Neste estudo, entende-se por Erro (ou desvio), a diferença entre a média dos valores medidos e a dimensão nominal.

4.1. Dimensional Linear

A Fig. 6 apresenta dois gráficos com os resultados dos erros das dimensões lineares dos degraus externos (a) e internos (b) na direção X e Y, da base e parede da peça com a espessura de camada 0,178mm (ver Fig. 4 para indicação da localização da base e parede). Inicialmente, observa-se que as dimensões da base e da parede apresentam uma diferença um tanto inesperada, sendo os valores da base, que fica em contato com o suporte, sempre menores do que os da parede. Como o posicionamento do cabeçote extrusor em X e Y não muda ao longo do eixo Z, esta diferença deve estar relacionada com uma contração diferenciada nas duas regiões.



(a)

(b)

Figura 6. Variação dimensional linear externa (a) e interna (b) na direção X e Y da base e parede da peça com espessura de camada 0,178mm

Praticamente não há diferença considerável entre os erros nas direções X e Y. Analisando os resultados da parede, observa-se que os degraus externos apresentam um erro na maioria positivo e os internos, negativo. Isto significa que na deposição do perímetro (contorno), o filamento está sendo posicionado sempre um pouco para fora do contorno 2D calculado.

O mesmo conjunto de resultados é apresentado na Fig. 7 para a peça com espessura de camada de 0,254mm. A diferença dimensional entre a parede e a base não se apresentou de forma considerável neste caso.

A variação dimensional linear na direção Z dos degraus externos (a) e internos (b) das peças com espessura de camada 0,178 e 0,254mm estão apresentados na Fig. 8. Pode-se observar uma pequena, mas constante, diferença entre as dimensões dos degraus da peça de espessura de camada 0,178 e 0,254mm, sendo a primeira na maioria com uma dimensão maior do que a segunda. Há também uma diferença entre o resultado dos degraus externos e internos de camada 0,178 e 0,254mm. Os valores dos degraus externos são positivos, enquanto o dos degraus internos são negativos. Pode-se inferir que o suporte gerado nos degraus internos afetaram um pouco os resultados dimensionais nesta região. É possível acrescentar ainda que, quando comparado com os erros na direção X e Y, o desvio na direção Z é levemente maior.

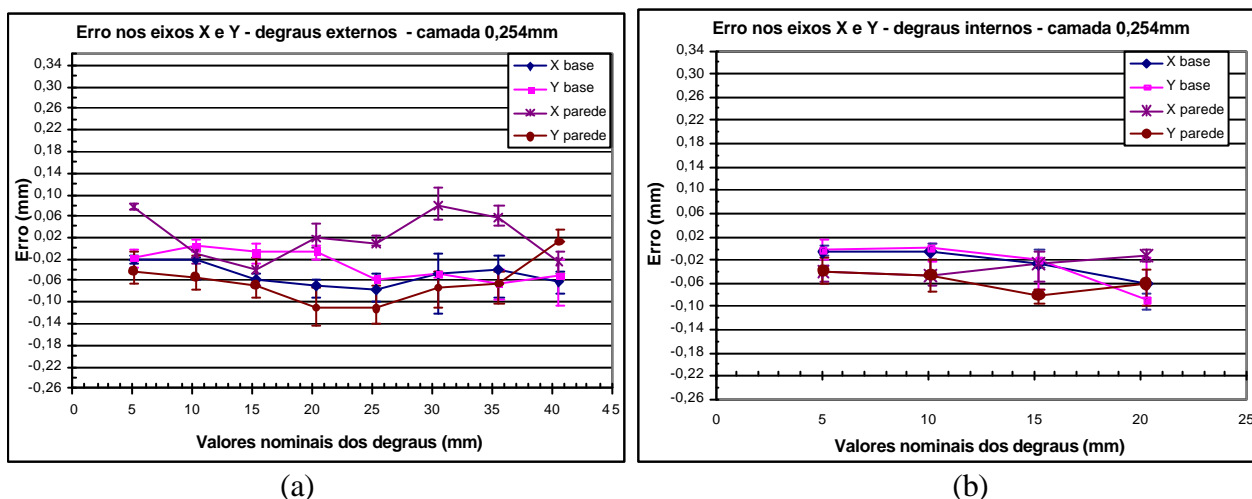


Figura 7. Variação dimensional linear externa (a) e interna (b) na direção X e Y da base e parede da peça com espessura de camada 0,254mm

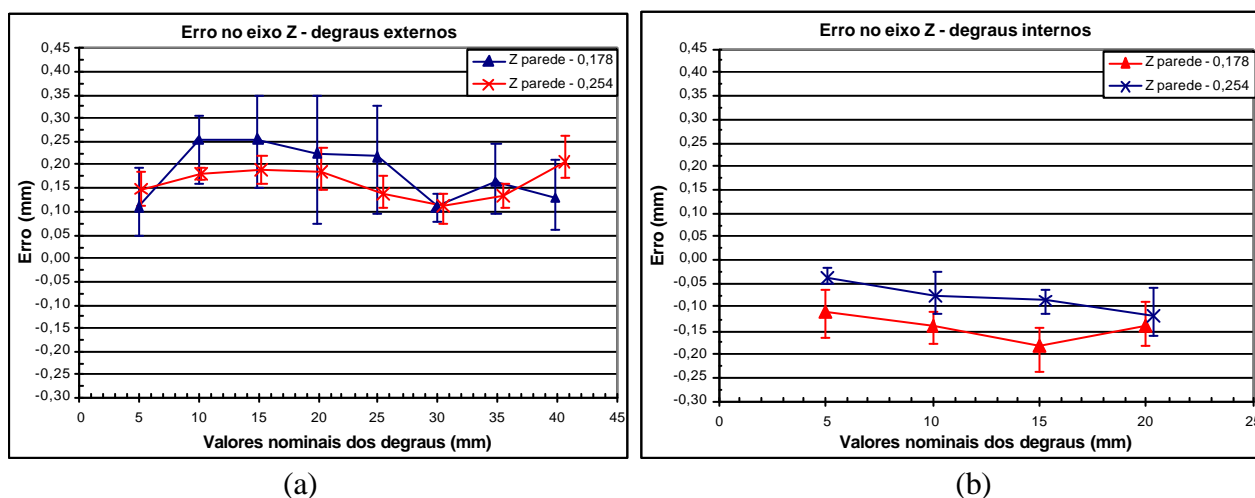


Figura 8. Variação dimensional linear externa (a) e interna (b) na direção Z das peças com espessura de camada 0,178 e 0,254mm

4.2. Análise Dimensional Angular

A Fig. 9 apresenta graficamente os resultados das medições angulares. Na peça com rampas variando de 10 a 35 graus (Fig. 9a), percebe-se uma diminuição do erro com o aumento do ângulo. É provável que esta redução seja resultante da maior influência do efeito escada nos ângulos menores na forma de medição (toque de um apalpador de ponta esférica). Esta explicação encontra respaldo no aumento do desvio padrão dos resultados dos ângulos menores. Nos resultados da Fig. 9b não é possível perceber uma influência nos ângulos das rampas obtidas com suporte (40, 41, 42 e 43°) e sem suporte (44 e 45°). Também não é possível distinguir uma diferença entre a superfície inferior e superior da rampa. O erro observado no ângulo de 35° é levemente menor do que o de 40°, o que é inesperado, uma vez que os mesmos foram fabricados com suporte. Observando as peças da Fig. 9a notou-se um leve empenamento da base em algumas delas, o que pode ter afetado os resultados. Este efeito não foi generalizado, o que abre uma discussão sobre a influência da posição e orientação das peças sobre a mesa nos resultados.

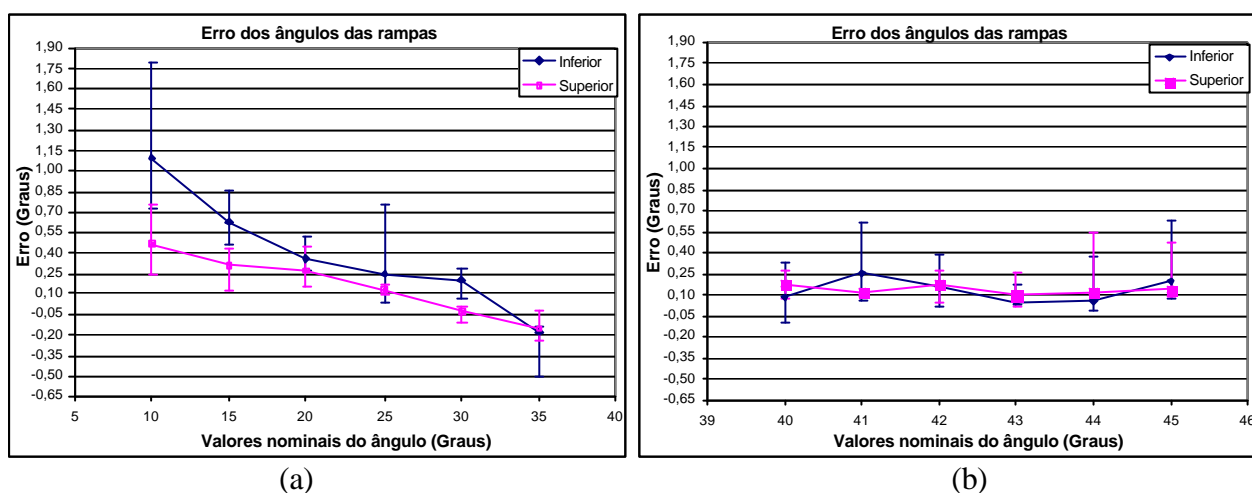


Figura 9. Resultados da variação angular

3.3. Análise da Rugosidade

A Tab. 2 apresenta um sumário dos resultados da rugosidade superficial. Os valores de espessura de camada e *gap* estão repetidos para auxiliar a interpretação dos mesmos. Os resultados mostram que não é conclusiva a diferença de rugosidade entre a superfície obtida pelo preenchimento superior e inferior, que foi construída em contato com o suporte. O mesmo pode ser colocado sobre a influência da espessura de camada nestas duas superfícies.

Tabela 2. Sumário dos resultados da rugosidade

No da Peça	Espessura camada (mm)	Gap (mm)	Deitada (X, Y) e superfície superior		Deitada (X, Y) e superfície inferior (lado do suporte)		Em Pé (Z)	
			Ra (Média)	Desvio padrão	Ra (Média)	Desvio padrão	Ra (Média)	Desvio padrão
1	0,178	0	9,690	0,663	9,292	0,744	-	-
3	0,254	0	12,990	0,361	10,076	1,050	-	-
5	0,254	0,025 (negativo)	6,309	1,584	15,347	1,520	-	-
2	0,178	0	-	-	-	-	11,982	4,009
4	0,254	0	-	-	-	-	10,712	3,311
6	0,254	0,025 (negativo)	-	-	-	-	19,396	5,101

Observa-se que a rugosidade da superfície superior no plano X-Y com o *gap* negativo foi bem menor do que para as demais condições. Uma possível explicação para este resultado é o fato do bico extrusor estar pressionando mais um filamento sobre o outro, atuando assim com um planificador da superfície. Já a superfície inferior apresentou uma rugosidade bem maior do que a superior. Uma inspeção visual desta superfície revelou a existência de uma ondulação que, provavelmente, foi formada pelo material depositado se moldar mais à superfície do suporte, que é mais irregular do que a da peça. Não houve uma diferença perceptível da rugosidade medida na direção de adição de camada em relação às superfícies de preenchimento. Houve também um aumento da rugosidade na superfície da direção Z com o *gap* negativo. Este efeito pode ser explicado pelo fato do perímetro de cada camada ser depositado primeiro e o preenchimento, com *gap* negativo, estar empurrando e deformando o filamento do contorno externo.

5. CONSIDERAÇÕES E CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que em relação a análise dimensional linear para a faixa de dimensões estudada (0 – 40mm), o processo FDM não apresenta diferença significativa nos valores dos erros em relação as medidas nominais nas direções X e Y. Pode-se afirmar que a variação dimensional está dentro da faixa de $\pm 0,18\text{mm}$ para estas direções. Há uma variação um pouco maior na direção Z (de adição das camadas), com as dimensões acima do valor nominal, sendo levemente diferenciado para diferentes espessuras de camada. A variação dimensional ficou dentro da faixa de $\pm 0,25\text{mm}$.

A variação angular ficou na faixa de $-0,3$ e $+ 1,3$ graus, sendo que não houve uma influência perceptível do suporte no resultado final do ângulo. Cabe ressaltar que este limite superior foi observado para os ângulos menores, onde é maior a influência do efeito escada nas medições.

Os valores de rugosidade nas direções medidas demonstram que as superfícies são bastante rugosas. Pode ser observado que para se utilizar o processo FDM para a confecção de moldes ou modelos para cópia, certamente será necessário um acabamento superficial. Obviamente em parede curvas e inclinadas, devido ao efeito escada, este procedimento tem que ser feito.

De uma forma geral, os resultados demonstraram alguns aspectos adicionais àqueles inicialmente investigados, como por exemplo, a variação dimensional inesperada entre a parede e a base da peça estudada. Este comportamento deverá ser analisado com mais critérios. Outro ponto a ressaltar é que verificou-se que seria aconselhável realizar um estudo analisando o efeito da posição de fabricação das peças na plataforma X-Y da máquina, em função da ventilação forçada unidirecional sobre esta plataforma.

6. REFERÊNCIAS

- Ahrens, C.H., Ferreira, A.C., Salmoria, G., Volpato, N.; Lafratta, F.H.; Foggiatto, J.A., “Estudo da Estrutura e Propriedades de Peças de PP Moldados por Injeção em Ferramentas de Prototipagem”, Anais do Congresso Brasileiro de Ciência dos Materiais - CBECIMAT, Natal, 2002, p. 1-6.
- Anitha, R., Arunachalam, S. and Radhakrishnan, P., 2001, “Critical parameters influencing the quality of prototypes in fused deposition modelling”, Journal of Materials Processing Technology, pp. 385-388.
- Beaman, J.J., Marcus, H.L., Bourell, D.L., Barlow, J.W. and Crawford, R.H., 1997, “Solid Freeform Fabrication: a new direction in manufacturing”, Dordrecht London: Kluwer Academic Publishers, 330 p.
- Bellini, A. and Güçeri, S., 2003, “Mechanical characterization of parts fabricated using fused deposition modeling”, Rapid Prototyping Journal, vol. 9, nº 4, pp. 252-264.
- Cedorge, T. and Colton, J., 2000, “Draft angle and surface roughness effects on stereolithography molds” Polymer Engineering and Science, vol. 40, nº 7, pp. 1581-1588.

- Gomide, R.B., 2000, “Fabricação de Componentes Injetados com Uso de Insertos de Resina Termofixa Produzidos por Estereolitografia”, Dissertação de Mestrado, CPGEM-UFSC, Florianópolis.
- Jacobs, P. F., 1996, “Stereolithography and other RP&M Technologies: from Rapid Prototyping to Rapid Tooling”, SME.
- Vasudevarao, B., Natarajan, D.P. and Henderson, M., 2000, “Sensitivity of RP surface finish to process parameter variation”, Solid Freeform Fabrication Proceedings, Austin-Texas, pp. 251-258.
- Volpato, N., Erthal, J. L., Foggiatto, J. A., 2002, “Prototipagem Rápida – A Experiência do NuPES/CEFET-PR Através de Estudos de Casos”, Anais do Congresso PlastShow 2002, São Paulo, p. 1-11 (em CD).

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

A DIMENSIONAL AND SURFACE FINISHING ANALYSIS OF THE RAPID PROTOTYPING PROCESS FDM 2000

Neri Volpato

Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - PPGEM/DAMEC/NuFER
Av. Sete de Setembro, 3165, Curitiba – PR, CEP 80230-901
nvolpato@cefetpr.br

José A. Foggiatto

CIMJECT-Departamento de Engenharia Mecânica-UFSC
Caixa Postal 476, Florianópolis-SC, CEP 88040-900
Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - DAMEC
Av. Sete de Setembro, 3165, Curitiba – PR, CEP 80230-901
foggiatto@cimject.ufsc.br

Israel Mercer Neto

Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - DAMEC/NuFER
Av. Sete de Setembro, 3165, Curitiba – PR, CEP 80230-901

Abstract. *The Rapid Prototyping (RP) technologies are layer manufacturing processes where the part geometry is built directly from data provided by a CAD system. This technologies were introduced aiming to obtain visual prototypes, where dimensional accuracy was not paramount. However, the application field of the RP has been changed, including areas where not only dimensional accuracy is important but also surface finishing and part strength. Some of these applications include the manufacturing of transfer models and inserts for prototyping mould (Rapid Tooling). This work investigates the dimensional accuracy in the three manufacturing direction (X, Y e Z), the angular accuracy and the surface roughness of the Fused Deposition Modeling technology, FDM 2000. A general characterisation of the process is presented.*

Keywords: *Rapid Prototyping, Layer Manufacturing,, FDM*