

# **AVALIAÇÃO DO USO DE MODELOS PRODUZIDOS POR ESTEREOLITOGRAFIA NA FUNDIÇÃO EM MOLDES DE AREIA AGLOMERADA POR RESINAS DO TIPO CAIXA FRIA FENÓLICO-URETANO**

## **Diovani Lencina, M. Eng. Mec.**

CEFET/RS - UNED de Sapucaia do Sul

UFSC - Departamento de Engenharia Mecânica – CIMJECT

Caixa Postal 476 – Florianópolis – SC – Brasil – CEP: 88040-900

diovani@cimject.ufsc.br

## **Carlos Henrique Ahrens, Dr. Eng. Mec.**

UFSC - Departamento de Engenharia Mecânica – CIMJECT

Caixa Postal 476 – Florianópolis – SC – Brasil - CEP: 88040-900

ahrens@cimject.ufsc.br

## **Wilson Luiz Guesser, Dr. Eng. Mec.**

Tupy Fundições e UDESC

Rua Albano Schmidt, 3400 – Joinville – SC – Brasil - CEP: 89206-900

wguesser@tupy.com.br

***Resumo:** O presente trabalho investiga o uso de modelos produzidos pela tecnologia de Prototipagem Rápida, denominada estereolitografia, na fundição em moldes de areia aglomerada por resinas do tipo caixa fria fenólico-uretano. O trabalho consiste na realização de um estudo de caso onde é avaliada a utilização de uma caixa de machos fabricada por estereolitografia em um equipamento Osborn Cold Box<sup>®</sup>. A referida caixa de machos apresenta duas cavidades, sendo que, sobre uma delas, foi depositada uma camada de cobre. Neste estudo são analisados aspectos tais como a vida da caixa de machos fabricada por estereolitografia, em comparação com as tradicionalmente fabricadas por usinagem em Ureol<sup>®</sup>, alumínio fundido e ferro fundido, além de características em relação ao acabamento superficial mais adequado para a realização da deposição de cobre.*

***Palavras-chave:** Prototipagem Rápida, Ferramental Rápido Direto, Modelos para Fundição em Areia Aglomerada por Resinas.*

## **1. INTRODUÇÃO**

Uma das soluções adotadas para solucionar o problema da comunicação e colaboração entre os membros de uma equipe de projeto é o uso de protótipos, que permite à equipe verificar aspectos estéticos, funcionais, ergonômicos, de montagem, etc., durante o ciclo de desenvolvimento do produto.

O maior nível de exigência em relação à qualidade e à velocidade de obtenção dos protótipos foi um dos principais motivos para o surgimento da Prototipagem Rápida (RP), que se baseia na obtenção de modelos físicos tridimensionais diretamente a partir de dados de CAD 3D ou obtidos a partir de um sistema digitalizador tridimensional. Enquanto os processos de fabricação tradicionais

têm como princípio básico o uso de técnicas de conformação ou subtração de material, as técnicas de prototipagem rápida, na sua grande maioria, fundamentam-se na adição de material.

Para dar início ao processo de Prototipagem Rápida, os dados 3D são divididos por programas especiais em seções planas (fatias) com espessuras da ordem de 0,1mm. Essas seções são então enviadas à máquina de prototipagem rápida que constrói a peça camada após camada. A geometria da primeira camada é definida pela forma do primeiro plano transversal gerado pelo programa de fatiamento. Ela é “soldada” a uma plataforma ou base e camadas adicionais são construídas sobre a primeira, adquirindo a forma de suas respectivas fatias. Esse processo é repetido até que a peça protótipo seja finalizada. Os vários processos de Prototipagem Rápida disponíveis no mercado diferenciam-se pelo tipo de material e princípio de adesão das camadas que são utilizados.

Os processos de Fabricação Rápida de Ferramental podem ser considerados como uma evolução dos processos de Prototipagem Rápida. Estes processos, objetivam a obtenção rápida, a partir do uso da Prototipagem Rápida, de ferramentas que podem ser usadas para testes ou pequenas produções em processos de fabricação tais como fundição e moldagem por injeção.

O emprego da Fabricação Rápida de Ferramental, permitiu uma interação ainda maior entre os membros das equipes de desenvolvimento de produtos que, agora, além da possibilidade de contar com as vantagens advindas da utilização dos modelos de verificação e funcionais, podem contar com informações relativas ao projeto final do ferramental, etapa essencial no processo de desenvolvimento de um produto.

O uso das tecnologias de Ferramental Rápido em processos de fundição, tem se resumido a estudos em alguns poucos campos de aplicação.

A estereolitografia, por exemplo, vem sendo empregada na obtenção de modelos de sacrifício na fundição por cera perdida, na confecção de modelos para a fundição em areia verde e no auxílio à fabricação de moldes de fundição metálicos.

No entanto, a área de fundição é muito extensa existindo ainda muitas aplicações da Prototipagem Rápida a serem estudadas. São raros os estudos, por exemplo, no que tange a utilização de modelos produzidos por estereolitografia na fundição em moldes de areia aglomerada por resinas.

Os modelos utilizados na fundição em areia aglomerada por resinas são tradicionalmente confeccionados através da usinagem de madeira, plásticos ou metais, estando sujeitos às limitações de complexidade geométrica e tempo de fabricação impostos pelos processos de usinagem. Outro método de fabricação empregado é a fusão de plásticos em moldes de silicone ou madeira, recaindo em limitações no que diz respeito à precisão dimensional inerentes a este método.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo avaliar o uso de modelos produzidos pela tecnologia de Prototipagem Rápida, denominada estereolitografia, na fundição em moldes de areia aglomerada por resinas do tipo caixa fria fenólico-uretano.

O trabalho consiste na realização de um estudo de caso onde é avaliada a utilização de uma caixa de machos fabricada por estereolitografia em um equipamento Osborn Cold Box<sup>®</sup>. A caixa de machos apresenta duas cavidades, sendo que, sobre uma delas, foi depositada uma camada de cobre.

Neste estudo são analisados aspectos tais como a vida da caixa de machos fabricada por estereolitografia, em comparação com as tradicionalmente fabricadas por usinagem em Ureol<sup>®</sup>, alumínio fundido e ferro fundido, além de características em relação ao acabamento superficial mais adequado para a realização da deposição de cobre.

Procura-se, com este trabalho facilitar o processo de desenvolvimento dos produtos fundidos através da obtenção econômica em curtos espaços de tempo de lotes pilotos de peças-protótipos nas fases iniciais de desenvolvimento destes produtos.

## 2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:

### 2.1. Modelagem CAD e construção das peças em estereolitografia

Para este estudo, foi escolhida como geometria um cotovelo para união de ½”, cujo macho deveria ser fabricado em um equipamento Osborn Cold Box<sup>®</sup>.

Para obter a geometria do macho de fundição deste cotovelo, foi projetada uma caixa de machos com duas cavidades (Figura 1), obtendo-se com cada macho a geometria interna de dois cotovelos. Partindo-se do desenho 2D da caixa de machos, o tempo gasto para a modelagem 3D no CAD SolidWorks 2001<sup>®</sup>, necessário para a geração do arquivo no formato stl, utilizado pelo equipamento de estereolitografia, foi de 5 horas.

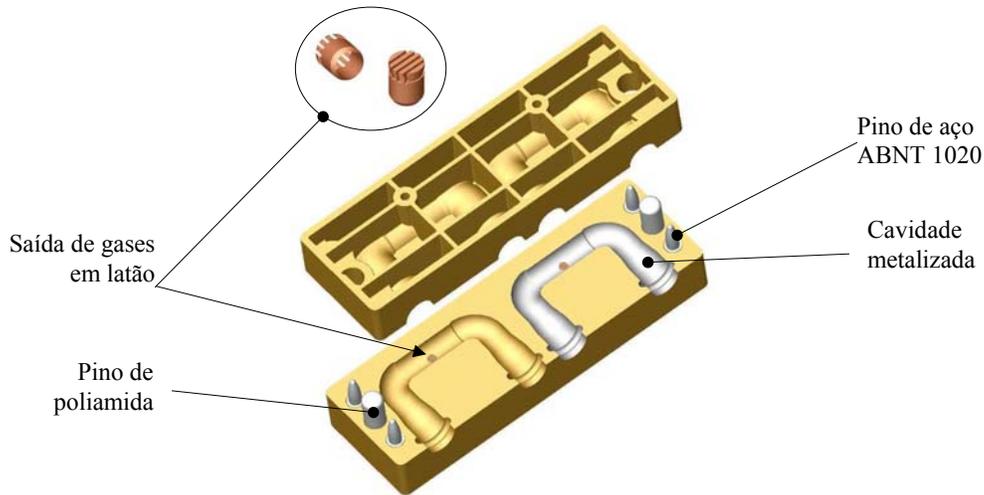


Figura 1 - Modelo CAD da caixa de machos.

A caixa de machos foi fabricada pelo processo de estereolitografia, com a resina DSM SOMOS 7110<sup>®</sup>, em um equipamento 3D Systems SLA 250-30<sup>®</sup> (Figura 2), em 45 horas (tempo de laser) mais uma hora de pós cura térmica e ultravioleta em forno.



Figura 2 - Caixa de machos sobre a plataforma do equipamento de estereolitografia, após a construção.

Antes de proceder à etapa de acabamento da caixa de machos, devido ao fato de uma das cavidades ter que ser submetida a uma deposição química de Níquel e Cobre, tornou-se necessária a realização de alguns ensaios experimentais para determinar qual o acabamento superficial mais adequado para se maximizar a aderência da camada metálica a ser depositada. Estes ensaios são descritos a seguir.

## 2.2. Experimentos de deposição metálica em função do acabamento superficial

Para este experimento, foram fabricados 16 corpos de prova (Figura 3), os quais foram submetidos, em grupos de quatro unidades, a acabamentos superficiais com lixa d'água grana 600, 800 e 1000 e com jato de microesferas de vidro. As rugosidades obtidas constam na Tabela 1 e na Tabela 2 .

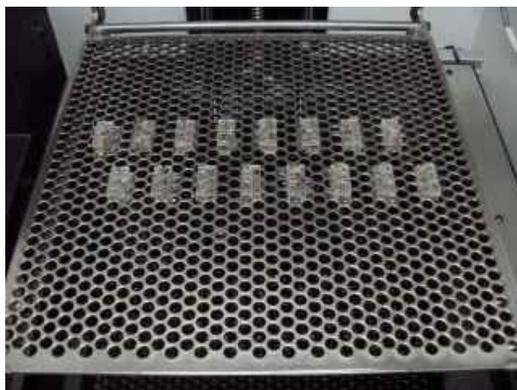


Figura 3 - Corpos de prova sobre a plataforma do equipamento de estereolitografia, após a construção.

Tabela 1 - Rugosidades dos corpos de prova para teste de recobrimento superficial com níquel.

	Ra (µm)					Rv (µm)					Rq (µm)					Rt (µm)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
600	0.32	0.28	0.32	0.31	0.29	2.61	1.98	2.37	2.31	2.06	0.40	0.35	0.41	0.40	0.37	2.97	2.47	2.91	2.70	2.80
600	0.32	0.31	0.33	0.31	0.33	2.60	2.30	2.31	2.54	2.52	0.42	0.39	0.42	0.40	0.42	2.87	2.97	2.90	3.13	3.12
600	0.33	0.33	0.37	0.33	0.40	2.34	2.30	2.50	2.27	2.93	0.42	0.41	0.46	0.41	0.52	2.90	2.76	2.97	2.86	3.86
600	0.29	0.30	0.30	0.29	0.29	2.29	2.34	1.98	2.25	2.03	0.38	0.39	0.37	0.38	0.36	3.07	3.38	2.28	2.67	2.72
800	0.63	0.70	0.70	0.61	0.66	3.92	4.82	4.52	3.88	4.00	0.79	0.89	0.87	0.75	0.82	4.61	5.45	5.15	4.79	4.59
800	0.74	0.76	0.76	0.70	0.77	5.20	4.77	5.09	4.82	5.20	0.93	0.93	0.95	0.89	0.97	6.48	5.84	6.85	5.41	6.19
800	0.59	0.62	0.61	0.63	0.61	4.21	4.30	4.32	3.98	4.29	0.76	0.78	0.77	0.77	0.76	5.09	4.95	5.47	4.65	5.15
800	0.67	0.68	0.68	0.67	0.70	4.47	4.64	4.42	4.35	4.68	0.84	0.86	0.85	0.82	0.88	5.24	5.41	5.03	5.46	5.61
1000	0.22	0.21	0.21	0.19	0.20	1.67	1.52	1.59	1.55	1.32	0.28	0.26	0.27	0.25	0.25	2.10	1.86	2.03	2.14	1.65
1000	0.20	0.20	0.20	0.22	0.22	1.58	1.42	1.39	1.63	1.76	0.26	0.25	0.25	0.28	0.28	2.06	1.67	1.70	1.95	2.11
1000	0.21	0.20	0.20	0.19	0.20	1.46	1.50	1.37	1.31	1.57	0.26	0.25	0.25	0.24	0.26	1.65	1.91	1.61	1.56	1.79
1000	0.19	0.20	0.18	0.20	0.19	1.46	1.37	1.46	1.41	1.56	0.24	0.25	0.24	0.25	0.25	1.94	1.60	1.69	1.56	1.99
JATO	0.20	0.25	0.22	0.22	0.26	1.75	2.21	2.15	2.28	2.21	0.27	0.34	0.31	0.31	0.34	2.42	3.84	3.17	3.51	3.17
JATO	0.25	0.24	0.25	0.20	0.22	2.72	2.32	2.33	1.63	2.01	0.36	0.33	0.34	0.26	0.29	4.02	3.57	3.38	2.60	2.85
JATO	0.23	0.24	0.28	0.25	0.32	1.97	2.38	2.48	2.11	2.21	0.30	0.33	0.37	0.34	0.42	3.01	3.27	4.22	2.90	2.85
JATO	0.25	0.26	0.26	0.27	0.30	2.43	2.55	2.96	2.76	2.73	0.36	0.36	0.38	0.38	0.41	4.11	3.79	4.48	4.40	3.55

Tabela 2 - Médias e desvios padrões das rugosidades medidas para os corpos de prova.

	Ra		Ry		Rq		Rt	
	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
600	0.30	0.018	2.27	0.253	0.39	0.03	2.77	0.20
600	0.32	0.010	2.45	0.139	0.41	0.01	3.00	0.12
600	0.35	0.032	2.47	0.273	0.44	0.05	3.07	0.45
600	0.29	0.005	2.18	0.162	0.38	0.01	2.82	0.42
<b>Média</b>	<b>0.32</b>	<b>0.02</b>	<b>2.34</b>	<b>0.21</b>	<b>0.40</b>	<b>0.02</b>	<b>2.92</b>	<b>0.30</b>
800	0.66	0.041	4.23	0.419	0.82	0.06	4.92	0.37
800	0.75	0.028	5.02	0.207	0.93	0.03	6.15	0.56
800	0.61	0.015	4.22	0.141	0.77	0.01	5.06	0.30
800	0.68	0.012	4.51	0.142	0.85	0.02	5.35	0.22
<b>Média</b>	<b>0.67</b>	<b>0.02</b>	<b>4.49</b>	<b>0.23</b>	<b>0.84</b>	<b>0.03</b>	<b>5.37</b>	<b>0.36</b>
1000	0.21	0.011	1.53	0.130	0.26	0.01	1.96	0.20
1000	0.21	0.011	1.56	0.153	0.26	0.02	1.90	0.20
1000	0.20	0.007	1.44	0.103	0.25	0.01	1.70	0.14
1000	0.19	0.008	1.45	0.071	0.25	0.01	1.76	0.20
<b>Média</b>	<b>0.20</b>	<b>0.01</b>	<b>1.50</b>	<b>0.11</b>	<b>0.26</b>	<b>0.01</b>	<b>1.83</b>	<b>0.19</b>
JATO	0.23	0.024	2.12	0.212	0.31	0.03	3.22	0.53
JATO	0.23	0.022	2.20	0.407	0.32	0.04	3.28	0.57
JATO	0.26	0.036	2.23	0.205	0.35	0.05	3.25	0.57
JATO	0.27	0.019	2.69	0.204	0.38	0.02	4.07	0.40
<b>Média</b>	<b>0.25</b>	<b>0.03</b>	<b>2.31</b>	<b>0.26</b>	<b>0.34</b>	<b>0.03</b>	<b>3.46</b>	<b>0.51</b>

Os corpos de prova foram submetidos a um tratamento de deposição química com níquel, dividido nas seguintes etapas:

- 1) Ataque químico em solução ácida (permanganato de potássio e ácido nítrico) a 40°C durante 5 minutos. O objetivo desta etapa é criar porosidades, de ordem de grandeza atômica, para ancoragem do paládio, que será depositado na etapa seguinte. Durante esta etapa ocorre a formação de óxido de manganês, impureza que deve ser retirada através da imersão por alguns minutos em uma solução de ácido sulfúrico diluído em água destilada.
- 2) Imersão em uma solução de paládio e ácido clorídrico durante 40 minutos, visando a criação de uma “âncora” a base de paládio para a deposição de níquel.
- 3) Imersão durante 15 minutos em uma solução a base de níquel a 65°C, resultando em um recobrimento superficial da peça com espessura de ordem de grandeza submicrométrica.

Os corpos de prova com níquel depositado foram submetidos a um teste de aderência que consiste em colar e descolar uma fita adesiva sobre a camada depositada. A adesão é considerada satisfatória se a fita descolada não levar consigo material depositado. Além deste teste, faz-se uma inspeção qualitativa do aspecto visual da superfície, e uma medição da resistividade elétrica da camada depositada. Sabe-se que, quanto menor for a resistividade elétrica, melhor será a deposição da camada metálica posterior.

Dentre os acabamentos testados, o que apresentou melhores resultados, em todos os aspectos, foi o que empregou a lixa de grana 1000.

### 2.3. Deposição metálica da caixa de machos

Determinado o acabamento superficial mais adequado, aplicou-se este acabamento (lixa grana 1000) sobre as cavidades das caixas de machos a serem metalizadas. Sobre as cavidades que não seriam metalizadas, realizou-se acabamento com lixa grana 400.

Sobre as cavidades com acabamento superficial com lixa grana 1000 foi depositada quimicamente uma camada de níquel com os mesmos parâmetros adotados nos ensaios com os corpos de prova. A Figura 4 mostra o resultado obtido com a deposição química de níquel.

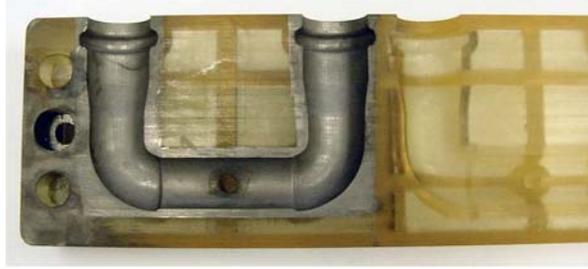


Figura 4 - Peça com níquel depositado.

A seguir, uma deposição de uma camada de aproximadamente  $20\mu\text{m}$  de cobre em banho eletrolítico (Figura 5). O tempo de deposição do cobre ( $t$ ) varia em função da espessura ( $e$ ) da camada a ser depositada, no caso  $20\mu\text{m}$  e da velocidade de deposição ( $v$ ) característica do banho utilizado,  $0,7\mu\text{m}/\text{min}$  com uma densidade de corrente catódica de  $3\text{A}/\text{dm}^2$ , a partir da seguinte equação:

$$t = \frac{e}{v} = \frac{20}{0,7} \approx 29 \text{ min} \quad (1)$$

A corrente ( $I$ ) a ser aplicada para a deposição é calculada em função da área ( $A$ ) a ser metalizada, no caso  $6.222,78 \text{ mm}^2$  por cavidade, e da densidade de corrente catódica ( $J$ ) aplicada, através da seguinte equação:

$$I = A \cdot J = 0,63\text{dm}^2 \cdot 3 \text{ A}/\text{dm}^2 \approx 1,89 \text{ A} \quad (2)$$

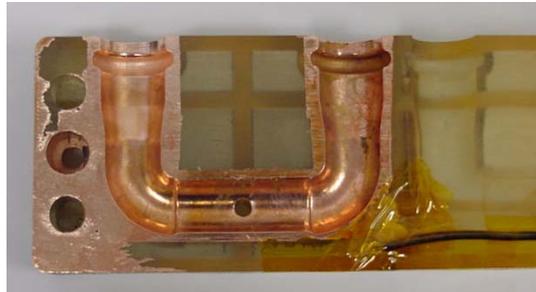


Figura 5 - Peça com cobre depositado.

Concluída a etapa de deposição metálica na superfície das cavidades da caixa de machos, procedeu-se a montagem dos pinos, buchas e saídas de gases nas caixas, conforme a Figura 1, estando a caixa de machos apta a ser testada na linha de produção.

#### 2.4. Ensaio operacional com a caixa de machos

O objetivo deste ensaio operacional é determinar a vida útil da caixa de machos fabricada em estereolitografia e em estereolitografia com recobrimento superficial de cobre, em comparação com as tradicionalmente fabricadas através de usinagem em Ureol<sup>®</sup>, alumínio e ferro fundido. Sabe-se,

através de estudos realizados pela Fundação Tupy, que uma caixa de machos montada em uma máquina Osborn Cold Box<sup>®</sup>, apresenta as vidas aproximadas mostradas na Tabela 3:

Tabela 3 - Vida em sopros de uma caixa de machos em função do material, em um equipamento Osborn Cold Box<sup>®</sup> (Fonte: Fundação Tupy S.A.).

<b>Material</b>	<b>Vida (sopros)</b>
Ureol <sup>®</sup> usinado	10.000
Alumínio fundido e usinado	15.000
Ferro Fundido e usinado	30.000

Antes da montagem da caixa de machos no equipamento Osborn, esta foi submetida a uma digitalização óptica em um equipamento GOM ATOS Standard<sup>®</sup>, mostrada na Figura 6. A digitalização gerou um modelo tridimensional (Figura 7) das cavidades para posterior comparação com o modelo a ser obtido da mesma forma após a caixa de machos ser colocada em produção no equipamento Osborn. A finalidade deste procedimento é, a partir desta comparação, determinar o desgaste das peças gerado pelo processo produtivo dos machos.

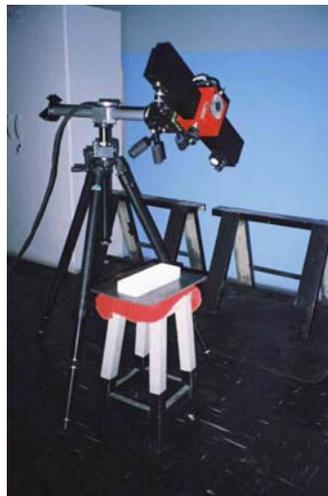


Figura 6 – Medição da caixa de machos em um equipamento de medição óptica GOM ATOS Standard<sup>®</sup>.

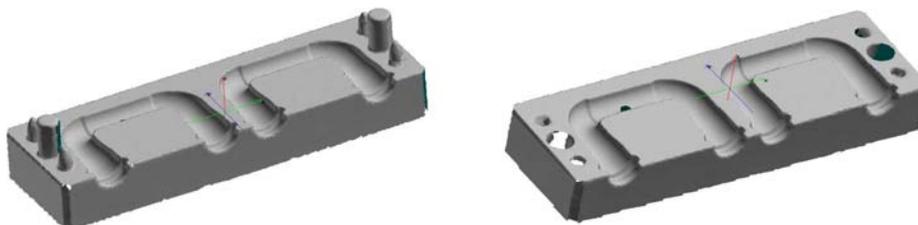


Figura 7 - Modelo tridimensional da caixa de machos digitalizado.

Após a digitalização, a caixa de machos foi montada em equipamento Osborn Cold Box<sup>®</sup> (Figura 8) e submetida, conforme recomendação de Hamilton (1990), a mil (1.000) sopros com os parâmetros da Tabela 4.



Figura 8 – Machos fabricados, em primeiro plano, com equipamento Osborn Cold Box<sup>®</sup>, ao fundo.

Tabela 4 - Parâmetros do ensaio operacional.

Parâmetro	Valor
Número de sopros por hora	80
Número total de sopros	1.000
Tempo de sopro (areia)	1s
Tempo de injeção de gás	2s
Tempo de lavagem (ar)	3s
Pressão de sopro	5,5 kgf/cm <sup>2</sup>
Pressão da injeção de gás	1,0 kgf/cm <sup>2</sup>
Pressão de lavagem	3,0 kgf/cm <sup>2</sup>
Granulometria da areia	AFS 72-80
Percentual de resina	0,8%
- Parte A	0,4%
- Parte B	0,4%
Fabricante da resina	Ashland Chemical
Desgaste máximo permitido	0,9mm

Após 837 ciclos, a caixa de machos apresentou um pequeno lascamento em uma das nervuras de reforço. Este lascamento foi provocado pelo fato das nervuras não terem sido suficientemente dimensionadas para suportar a pressão de fechamento (5,5 kgf/cm<sup>2</sup>) das placas da máquina Osborn que unem as duas metades da caixa de machos. Contudo, o dano foi irrelevante e não comprometeu o andamento do experimento, não se agravando, nem tampouco se repetindo, em outros locais da caixa de machos.

Após a conclusão dos 1000 sopros pré-estabelecidos, as duas metades da caixa de machos foram submetidas novamente à digitalização óptica, obtendo-se, assim o modelo tridimensional digitalizado da caixa de machos após a fabricação dos machos. Os modelos obtidos (desgastados), foram sobrepostos aos modelos originais (sem desgaste) obtendo-se, assim um modelo representa as regiões onde ocorreram alterações dimensionais em relação ao modelo original. As Figuras 9, 10, 11 e 12 mostram o resultado da medição. O equipamento foi calibrado para ter melhor resolução na

parte moldante da caixa de machos (cavidades), devendo-se, portanto, desconsiderar as regiões periféricas da caixa. A escala à direita das figuras mostra variações entre +0,050mm e -0,050mm.

Da análise das figuras conclui-se que o desgaste máximo ocorreu justamente naquelas regiões onde a areia era soprada com impacto frontal contra a caixa de machos, além de ser menor na cavidade recoberta com cobre do que naquelas sem recobrimento, como era de se esperar.

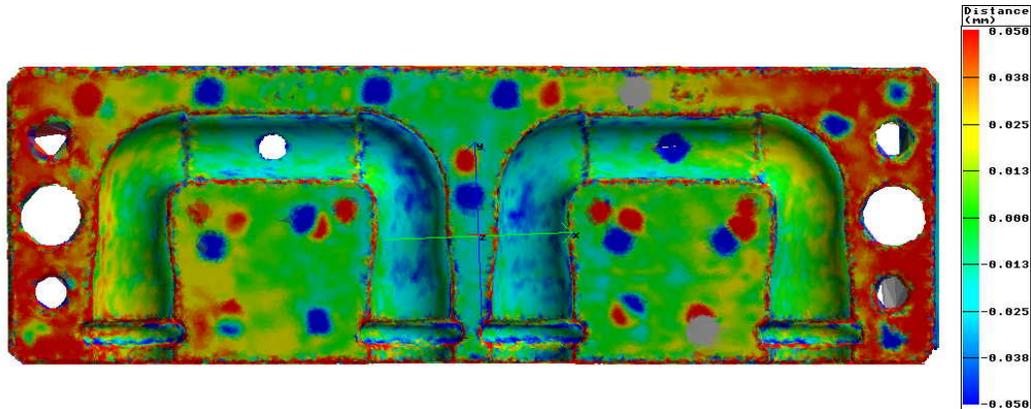


Figura 9 - Representação da variação dimensional da caixa de machos - lado fêmea - vista superior

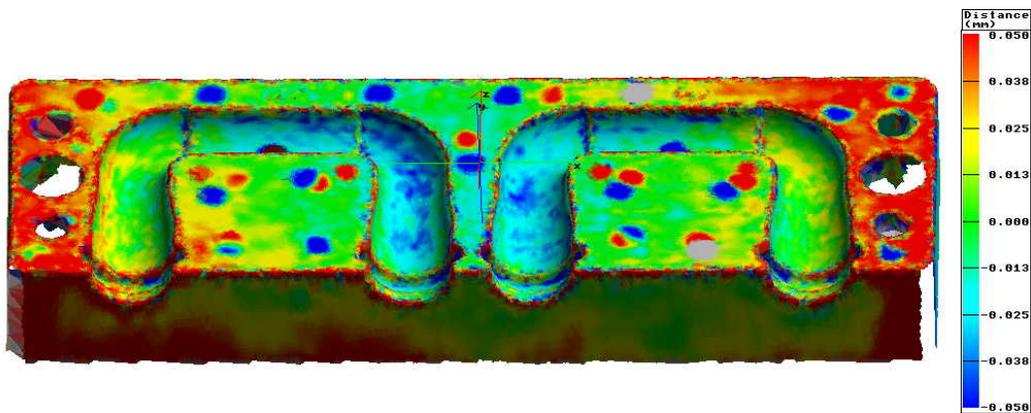


Figura 10 - Representação da variação dimensional da caixa de machos - lado fêmea - vista em perspectiva

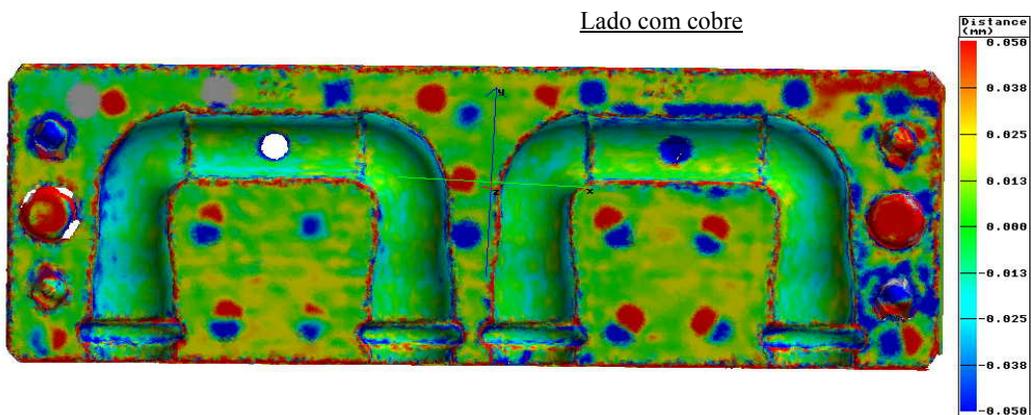


Figura 11 - Representação da variação dimensional da caixa de machos - lado macho - vista superior

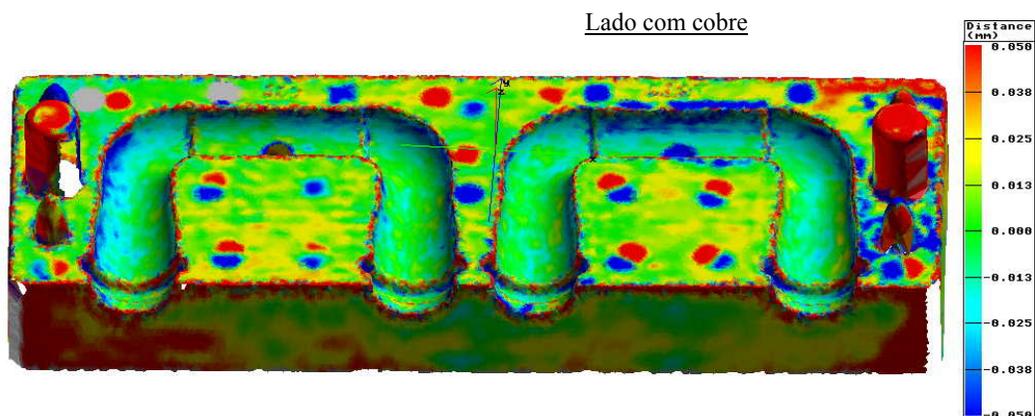


Figura 12 - Representação da variação dimensional da caixa de machos - lado macho - vista em perspectiva

Da análise das figuras conclui-se que, para atingir o desgaste máximo permitido para a caixa de machos, de 0,9mm, será necessário submetê-la a aproximadamente 18.000 sopros. Portanto, a vida da caixa de machos produzida por estereolitografia é aproximadamente 80% superior à obtida com a ferramenta de Ureol<sup>®</sup> usinado, 20% superior a obtida com a ferramenta fabricada em alumínio fundido e usinado e 60% inferior a de ferro fundido usinado.

Apesar da cavidade com cobre depositado ter apresentado um desgaste menor que as não recobertas, a Figura 12 e a Figura 13 mostram que houve um desgaste excessivo na região próxima à saída de gases da cavidade recoberta com cobre. Este desgaste deveu-se ao descolamento do filme depositado, revelando que o processo de deposição não foi vantajoso para este experimento.



Figura 13 – Detalhe do descolamento do recobrimento de cobre junto à saída de gases.

### 3. CONCLUSÕES

Embora, inicialmente, a idéia deste estudo fosse avaliar a adequação de caixas de machos produzidas por estereolitografia na obtenção de pequenos lotes de peças-protótipos fundidas, visando agilizar o desenvolvimento de novos produtos; percebeu-se, após o estudo, que essa expectativa foi plenamente superada. Haja vista o fato que a vida da caixa de machos testada foi superior à obtida em ferramentas obtidas por usinagem de Ureol<sup>®</sup> ou de alumínio fundido.

Soma-se à esta vantagem relativa à vida da ferramenta, a obtenção direta desta, a partir do modelo CAD, não estando sujeita às limitações geométricas impostas pelo processo de usinagem. Além disso, quando comparada àquelas obtidas através da usinagem de pré-formas em alumínio fundido, além das vantagens supracitadas, adiciona-se ainda a eliminação da necessidade de se fabricar um modelo fundição, para a obtenção do molde de fundição onde será confeccionada a pré-forma em alumínio fundido.

Disto tudo conclui-se que, a tecnologia de Prototipagem Rápida, denominada estereolitografia, está apta a ser plenamente utilizada, não somente na obtenção de protótipos de ferramentas, como

também na fabricação de ferramentas para a produção seriada de peças através dos processos descritos neste trabalho.

#### 4. AGRADECIMENTOS

À Fundação Tupy pelo total apoio à realização deste trabalho.

#### 4. REFERÊNCIAS

- Hamilton, E., 1990, "Patternmaker's Guide", American Foundry Society, Des Plaines, IL, USA, 680p.
- Gottschalk, K; Cariapa, V; Wick, G, 1995, "Feasibility of STL as an Alternative to Prototype Patterns for High-Speed Sand Casting", Transactions of the American Foundrymen's Society, V 103, Paper 95-91, P 711-720, 10 p.
- Archibald, J.J; Smith, R.L, 1988, "Resin Binder Processes", ASM International Metals Handbook, 9ª ed, vol. 15: Casting. pp. 214-221, USA.

### EVALUATION OF STEREOLITHOGRAPHY MODELS IN PHENOLIC URETHANE COLD BOX

#### **Diovani Lencina, M. Eng. Mec.**

CEFET/RS - UNED de Sapucaia do Sul

UFSC - Departamento de Engenharia Mecânica – CIMJECT

Caixa Postal 476 – Florianópolis – SC – Brasil – CEP: 88040-900

diovani@cimject.ufsc.br

#### **Carlos Henrique Ahrens, Dr. Eng. Mec.**

UFSC - Departamento de Engenharia Mecânica – CIMJECT

Caixa Postal 476 – Florianópolis – SC – Brasil - CEP: 88040-900

ahrens@cimject.ufsc.br

#### **Wilson Luiz Guesser, Dr. Eng. Mec.**

Tupy Fundições e UDESC

Rua Albano Schmidt, 3400 – Joinville – SC – Brasil - CEP: 89206-900

wguesser@tupy.com.br

***Abstract.** The present work investigates the use of models produced by Rapid Prototyping technology called stereolithography in Phenolic Urethane Cold Box (PUCB) process. The work consists of the accomplishment of a case study where the use of a core box produced by stereolithography is evaluated in an Osborn Cold Box<sup>®</sup> equipment. The related core box presents two cavities, being that, on one of them, a copper layer was deposited. In this study such are analyzed aspects as the life of the core box produced by stereolithography, in comparison with those traditionally manufactured by machining in Ureol<sup>®</sup>, casting aluminum and casting iron, beyond characteristics in relation to the more adequate superficial finishing for the copper deposition accomplishment.*

***Keywords.** Rapid Prototyping, Direct Rapid Tooling, Resin Bonded Sand Foundry Models.*