

INFORMAÇÕES GERAIS DO TRABALHO

Título do Trabalho: Elaboração de projeto conceitual de impressora 3D multimaterial.

Autor (es): Camila Gonçalves Castro, Ítalo Ângelo Oliveira Dias, Marcelo Júnior Barbosa de Souza Baêta do Amaral e Thiago Augusto Souza Moreira.

Palavras-chave: Design de produto, design de máquinas e equipamentos, manufatura aditiva, impressora 3D.

Campus: Congonhas.

Área do Conhecimento (CNPq): 61200000 6.12.02.002 30800005 30803055.

RESUMO

A popularização de equipamentos e peças em torno do mundo da manufatura aditiva está diminuindo o custo do produto final, propiciando ao consumidor a possibilidade de adquirir um bem nunca antes imaginado. As impressoras 3D mais populares utilizam como base polímeros, usualmente ABS e PLA, através da tecnologia de Modelação por Deposição Fundida (FDM), ou seja, o polímero é aquecido e depositado por camadas formando a peça desejada. Um novo projeto conceitual de impressora 3D e a necessidade que o mesmo produza produtos que estão além da sua capacidade básica, ou seja, uma impressora diversificada capaz imprimir materiais além de ABS e PLA. A meta para a concretização deste projeto é um documento detalhado e com especificações de um projeto realmente capaz de ser executado. Dito isso, o presente resumo expandido, apresenta o estado atual da execução do descrito anteriormente, com uma metodologia base quantitativa-qualitativa, ou seja, busca através de dados referente à pesquisa exploratória feita, análises estatísticas mais aprofundadas acerca do assunto. Dentre os feitos até aqui, destaca-se a produção de um bom suporte de fontes, através de uma bibliometria e referencial bibliográfico com alguns dos principais artigos encontrados, a pesquisa em torno do mercado nacional de impressoras 3D visando a compra de duas máquinas, uma já montada e configurada e outra servindo de apoio ao entendimento acerca dos componentes e sistemas presentes, além de fornecer peças de reposição a pronto serviço. Apresenta também uma discussão sobre as principais variáveis que atuam diretamente no produto final, bem como um estudo real a cerca de uma peça simples que inicialmente foi feita em uma terceira impressora para observar os principais índices de mudança e finalmente aplicada a impressora designada ao projeto mostrando o real feito através do estudo. Por fim, é apresentado o início de uma Análise dos Modos e Efeitos de Falha que visa detalhar os principais problemas encontrados pelos usuários e suas respectivas soluções corretivas. O FMEA será de suma importância para o objetivo geral do trabalho ao conceituar um projeto que se diferencia dos atuais encontrados no mercado que minimiza os principais erros. Vale a ressalva que todos os dados de pesquisas serão confeccionados na produção de artigo(s) científicos, enriquecendo o atual momento 3D.

INTRODUÇÃO:

A Manufatura aditiva, ou prototipagem rápida, está ganhando muito espaço no cenário econômico mundial. Isso se deve a vários fatores, entre eles o rápido ciclo de desenvolvimento de produto gerado pela alta competitividade das empresas e pela criação de novos mercados no mundo (PRADELLA; FOLLE, 2014). A área é vista também como uma oportunidade de um grande avanço tecnológico, levando consigo as áreas de desenvolvimento industrial, design, engenharia de materiais e gerenciamento de negócios. A popularização se deve também a diminuição de custos dos equipamentos, e vendas diretas ao consumidor final. As impressoras 3D mais populares utilizam filamentos de polímeros, usualmente ABS e PLA, que são aquecidos e depositados sobre uma superfície, formando o produto por camadas.

O objetivo deste projeto é analisar o sistema de impressão 3D utilizados em manufatura aditiva, para fazer o projeto conceitual de um equipamento que utilize outras matérias primas em seu funcionamento, além dos polímeros já citados.

Para fazer o projeto conceitual de um equipamento que utilize outras matérias primas em seu funcionamento, foi analisado os modelos de Impressão 3D, ou Prototipagem Rápida no mercado atual sendo eles (HOTZA, 2009):

Estereolitografia (SLA ou SL): Processo de fotopolimerização de uma resina epóxi líquida, através de lasers ultravioletas.

Modelagem de rede a laser (LENS): Semelhante ao modelo SL, no LENS pó é injetado sob o foco do laser onde é fundido.

Modelação por deposição fundida (FDM): O processo baseia-se na deposição de camadas resultantes do aquecimento, e amolecimento de filamentos de material termoplástico.

Fabricação de objetos por camada (LOM): Fabricação através de colagens sucessivas de folhas de papel, que são cortadas por lasers.

Sinterização Seletiva por Laser (SLS): Fabricação através de uma câmara pré-aquecida, e laminação de camadas de pó correspondente à espessura das camadas.

Impressão tridimensional (TDP ou 3DP): Fabricação através de um material em pó juntados por um ligante líquido.

A tabela 1 compara as tecnologias de Prototipagem Rápida e mostra uma relação entre os custos relativos da aquisição da tecnologia, dos insumos e da precisão alcançada.

Tabela 1 – Tabela comparativa de tecnologias de Prototipagem Rápida.

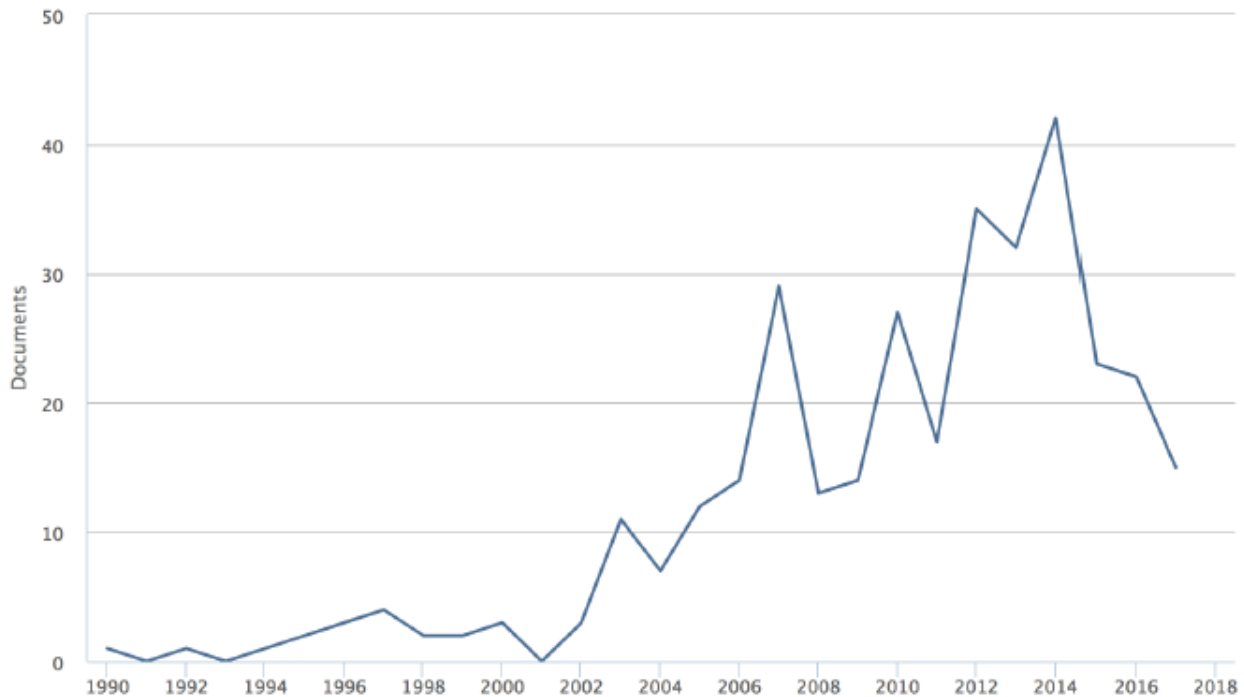
Tecnologias	SLA	LENS	SLS	FDM	3DP
Custo inicial de aquisição	Alto	Alto	Alto	Médio/ Baixo	Médio
Custo dos insumos	Alto	Não disponível	Médio	Baixo	Médio
Precisão	Alta	Baixa	Média	Média/ Baixa	Alta

Fonte: Adaptada Hotza (2009).

Segundo Raulino (2011), a técnica de FDM é a segunda mais utilizada no mundo, por isso os custos deste método tornam-se relativamente baixo em comparação aos outros. Para um projeto conceitual de um equipamento multimaterial, este método é satisfatório.

O método de impressão 3D é relativamente novo no mercado brasileiro, e a gama de empresas especializadas na venda de determinado do produto é pequena. Porém algumas já vem conquistando seu espaço no mercado. Um exemplo do início da atividade de pesquisa no brasil é ilustrado na figura 1, demonstrando uma pesquisa realizada na base de dados Scopus, com o termo “rapid prototyping”, e sua evolução ao longo do tempo, de 1990 até o ano atual, 2018.

Figura 1 – Distribuição temporal de artigos brasileiros na base de dados Scopus.



Fonte: Autores.

Por fim, este trabalho apresenta dados relativos às pesquisas feitas sobre impressão 3D, impressoras e possibilidades futuras.

METODOLOGIA:

O trabalho apresentado é caracterizado como qualitativo e quantitativo, ao descrever situações e na utilização de métodos estatísticos para análises dos dados, proporcionando um maior entendimento do objeto de pesquisa (MIGUEL, 2011).

O método quantitativo é desenvolvido através da coleta de informações e no exame da mesma através de técnicas estatísticas. Já o qualitativo, difere principalmente no quesito da não abordagem estatística do assunto, se propondo na estância do saber da natureza de um quesito social (DUARTE; et al, 2009). Os mesmos autores ainda indicam que ao se tratar dos métodos combinados, os mesmos interagem dinamicamente, se complementando, surgindo a abordagem quantitativo-qualitativa.

A pesquisa é exploratória uma vez que envolve um referencial bibliográfico, pesquisas com pessoas de relevância no assunto juntamente com análises buscando um refino na compreensão dos temas. Para Gil (1999), este tipo de pesquisa busca um aspecto geral sobre determinado assunto, objetivando um melhor entendimento dos fatos.

Sobre a questão das metodologias apresentadas até aqui, faz-se o destaque inicialmente, a produção de uma bibliometria que contempla temas básicos aos mais avançados da tecnologia de impressão 3D, desde o entendimento primário da manufatura aditiva em si até as diversas variáveis que interferem no quesito final do produto. Foram analisados artigos dos últimos 4 anos, na intenção de se estabelecer o estado da arte, propiciando ideias que contemplem o meio ambiente e o atual cenário mundial

econômico e tecnológico. Após análises e discussão, deu-se início a busca da obtenção da impressora 3D de tecnologia FDM e filamentos. Os quesitos principais de investigação foram: Preço; Assistência técnica e apoio; Credibilidade; Especificações técnicas. Levando em consideração tais fatores, foi discutido a possibilidade de compra com marcas renomadas no mercado brasileiro, como: Sethi3D, UP3D, Mousta, GTMax3D e Factor3D. Posteriormente a ponderações e argumentações foi acordado a máquina Graber i3 Acrílico Cristal da GTMax 3D, uma previamente montada e configurada e outra totalmente desmontada, com o intuito de maior entendimento do modelo 3D, além de ter prontamente peças de reposição.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

De resultado inicial, é posto o entendimento do processo de modelamento tridimensional, que consiste de maneira geral em um modelo previamente fornecido a um software e concretizado de acordo com as tecnologias descritas na introdução do presente trabalho, o projeto apresentado é inteiramente baseado por deposição de material fundido. Através da bibliometria e referencial bibliográfico estudado, foi entendido alguma das variáveis que mais impactam na produção da peça como: velocidade de impressão, temperatura do bico extrusor, temperatura da mesa, porcentagem de preenchimento da peça, espessura da camada, entre outras.

Ao serem estudados os filamentos encontrados no atual mercado, foi intensificado a pesquisa no material de PETG, Politereftalato de etileno com adição de glycol. O motivo de tal interesse é uma possível reciclagem de garrafas PETs para a produção de um filamento caseiro com viés ambiental. Decorrente a pesquisas e análises em conjunto, foi descoberto que o PET puro não é utilizado principalmente pela sua má adesão entre camadas, material muito frágil quando se liga a várias camadas, difícil configuração de trabalho e necessidade de um bom processo de reciclagem. A respeito do processo de extrusão do filamento, foi entendido que para obter um produto de alta qualidade, seria necessária uma pesquisa mais aprofundada no assunto, que exigiria tempo e custos, além de estar fugindo do objetivo principal do projeto que é fazer um modelo conceitual de uma impressora 3D capaz de trabalhar com diferentes materiais.

Após a chegada da impressora, foi feita a configuração inicial do software da impressora (RepetierHost), Arduino e de fatiamento (Slic3r) e então impressa a primeira peça. De começo foi efetuada uma análise em uma outra impressora situada no *Campus*. Com isso, identificou-se as principais variáveis que estavam influenciando em um acabamento ruim, como a temperatura da mesa, que estava inicialmente configurada em 100°C mas durante a impressão ficava em torno de 80°C, além da velocidade de impressão no interior da peça que estava em 60mm/s. Através de discussões, foi concluído de que a temperatura da mesa estava interferindo na adesão da peça a mesma, fazendo com que as primeiras camadas obtivessem um resfriamento mais rápido quando comparado ao necessário para uma melhor aderência. A velocidade mais alta ajudava no mesmo problema descrito anteriormente, fazendo com que o filamento extrusado não tivesse o tempo necessário para se consolidar e obter uma adequação a peça. Foram feitas, então, todas as alterações necessárias para um melhor acabamento da peça e foi utilizada a impressora que foi adquirida para o projeto. A a figura 2 mostra algumas imagens do software e da peça analisada, respectivamente, no primeiro teste da impressora.

1	Mesa de serviço	Base para a deposição do filamento	Desalinhamento	Peça inclinada	9	7	5	315	Fazer um ajuste fino na mesa Verificar no software se a EEPROM está ativada (Z offset ligado) Utilização de EPI's Verificar defeitos aparentes sobre a mesa antes da utilização
				Acabamento final ruim	3	10	8	240	
2	Bico extrusor	Extrusão do filamento fundido para a mesa	Entupimento/em perramento	Acabamento final ruim	9	7	10	630	Verificar o aquecimento e resfriamento do bico Regular o tracionador do filamento Verificar configurações em software Diminuir velocidade de impressão Limpar o bico antes da utilização
				Pulo de camadas					
			Bico mal configurado	Marcas na superfície do produto final					
				Filamento depositado em local não estabelecido	6	6	7	252	
3	Mola extrusora	Calibração da passagem do filamento até o extrusor	Apertada/folgada	Subimpressão				Ajustar a mola de acordo com as recomendações do fabricante verificando todas as situações possíveis	
				Descalibragem da extrusora	5	7	3		105
				Danificação de peças					
4	Filamento	Ser fundido durante o processo e produzir peças previamente e modeladas	Filamento de má qualidade	Corrosão do filamento	2	2	9	36	Verificar a exposição a produtos não recomendados/trocar de fornecedor Regular o tracionador do filamento Verificar o aquecimento e resfriamento do bico
			Peças desreguladas	Marcas do tracionador no filamento	6	7	4	168	
5	Motor	Transformar a energia consumida pelo sistema em energia mecânica		Sobreaquecimento/resfriamento	Filamento fundido parcialmente				Calibrar e regular todo o sistema de resfriamento (No caso da persistência, fazer uma análise peça a peça e fazer a troca)
			Filamento "sólido" antes de entrar em contato com a mesa		4	7	6	168	

				Problemas na taxa de deposição do filamento					
6	Eletrônica	Conexão dos comandos em softwares para os hardwares/ manter a segurança e o bom funcionamento do sistema em geral	Softwares desatualizados/má configurados Hardwares mal conectados/queimados	Problema na leitura dos dados pela impressora	3	9	8	216	Verificar a atualização de todos os drivers Verificar todos os hardwares envolvidos e suas conexões
7	Engrenagens/correias	Manter o funcionamento do sistema de transmissão	Engrenagens e correias não reguladas	Deslocamento das camadas em Z Danificação de peças Desalinhamento da movimentação entre eixos	7	8	6	336	Fazer uma marcação inicial na correia e na engrenagem antes do uso da impressora. Após o término, verificar se as marcas coincidem, caso negativo, fazer um ajuste nos parafusos desajustados

Fonte: Autores.

CONCLUSÕES:

A partir da premissa que a pesquisa ainda está em andamento e que os resultados são parciais, o encontrado até aqui se torna de maneira geral compatível com os projetados inicialmente.

Os próximos passos são: finalizar as análises propiciadas pelo FMEA que trará a ideia principal do projeto conceitual uma melhor eficácia, uma vez que conseguirá demonstrar as áreas de foco atuantes para trazer um modelo diferencial no mercado e mais eficiente. Além dessa futura etapa, será iniciada também uma análise comparativa entre os filamentos adquiridos, bem como ideias ainda em desenvolvimento com base na produção de peças, a fim de conquistar um parecer satisfatório para um maior entendimento que auxilia no objetivo geral do projeto. Dito isso, o projeto caminha para um ciclo completo de tudo o que foi proposto e definido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALVES, J. L. **A prototipagem rápida na indústria nacional**. Porto, 2015.
 DUARTE, E. N.; RAMALHO, F. A.; AUTRAN, M. M. M.; PAIVA, E. B.; ARAÚJO, M. B. S. **Estratégias Metodológicas Adotadas nas Pesquisas de Iniciação Científica Premiadas na UFPB: em foco a Série "Iniciados"**. Florianópolis, v. 14, n. 27, p. 170-190, 2009.

- GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.
- HOTZA, D. **Prototipagem rápida de pilhas a combustível de óxido sólido**: *Revista Matéria*. Florianópolis, v.14, n.4, 2009.
- MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Editora Elsevier, 2ª edição, 2011.
- OLIVEIRA, M. F.; MAIA, I, I. A.; NORITOMI, P. Y.; NARGI, G. C.; SOLVA, J. V. L.; FERREIRA. B. M. P.; DUEK. E. A. R. **Construção de Scaffolds para engenharia tecidual utilizando prototipagem rápida**: *Revista Matéria*. Florianópolis, v.12, n2, pp.373 – 382, 2007.
- PRADELLA, M.P.; FOLLE, L. F. **Análise de Mercado Sobre Tecnologias de Prototipagem Rápida por Adição de Material**. Gramado, v.1 n.4, 2014.
- RAULINO, B. R. **Manufatura Aditiva: Desenvolvimento de Uma Máquina De Prototipagem Rápida Baseada na Tecnologia FDM**. Brasília, 2011.

Participação em Congressos, publicações e/ou pedidos de proteção intelectual: