

AVALIAÇÃO DA PROTOTIPAGEM RÁPIDA EM IMPRESSÃO 3D COMO UMA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA APLICADA AO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS - UM ESTUDO MULTICASO



Magna Caires Aguiar (UNIVEM)

magnaaaguiar@hotmail.com

Rodrigo Fabiano Ravazi (UNIVEM)

rravazi@hotmail.com

Vania Erica Herrera (UNIVEM)

vania.erika1@terra.com.br

Danilo Correa Silva (UNIVEM)

daniilocsilva@univem.edu.br

Edson Detregiachi Filho (UNIVEM)

engedson2009@gmail.com

O presente estudo tem a finalidade de mostrar que a Tecnologia de Prototipagem Rápida em impressão 3D, um processo baseado na adição de material em camadas sucessivas para construção de protótipos não é recente, porém nos últimos anos se tornou acessível e presente em diversos segmentos. No mercado atual a agilidade e diminuição de custos no desenvolvimento de produtos se tornam fatores diferenciais em termos de competitividade e a prototipagem entra como ferramenta crucial nesta estratégia. O método utilizado para desenvolvimento do trabalho está baseado na pesquisa bibliográfica em conjunto com a pesquisa descritiva, proporcionando a oportunidade de execução de entrevistas com empresas da região de Marília-SP. O principal resultado da pesquisa constatou que a Prototipagem Rápida em impressão 3D vem ganhando espaço no mercado se tornando uma febre mundial. Os equipamentos e seus processos são de fácil utilização, e quando bem utilizados, os benefícios se tornam bem visíveis.



Curitiba, PR, Brasil, 07 a 10 de outubro de 2014.

Palavras-chaves: Desenvolvimento de produto, protótipo, prototipagem rápida, inovação

1. Introdução

O desenvolvimento de produto é um processo de negócio que compreende um conjunto de atividades/fases desde a modelagem da ideia até a entrega de todas as informações necessárias para que a produção seja capaz de fabricar o produto desejado pelo cliente.

Em uma das fases do desenvolvimento de produto está compreendida a fabricação do protótipo, ou seja, a materialização da ideia inicial do projeto que possibilita a realização de testes, avaliações antes de confeccionar o ferramental definitivo.

A tecnologia denominada prototipagem rápida (RP) ou *Rapid Prototyping* em impressão 3D é a maneira inovadora para construção do protótipo. A sua correta utilização pode garantir a redução de erros, tempo e custos relacionados ao projeto. O princípio de funcionamento está baseado na deposição de material em camadas sucessivas. A prototipagem rápida em impressão 3D também pode ser utilizada para confecção de um ferramental rápido cujo intuito é utiliza-lo como matriz para fabricação de um pequeno lote de peças. Este procedimento pode ser realizado quando se precisa de um número maior de um mesmo protótipo. Se esta quantidade maior fosse confeccionada totalmente pela prototipagem rápida em impressão 3D não haveria viabilidade em termos de tempo e custo.

Diante disso, é relevante salientar que a prototipagem rápida em impressão 3D merece ser estudada porque pode oferecer ao desenvolvimento confiabilidade, maior qualidade aos produtos desenvolvidos e otimização de tempos e custos.

Portanto, o objetivo do presente trabalho é caracterizar a tecnologia de *Rapid Prototyping* (RP) ou Prototipagem Rápida em impressão 3D como sendo um ponto chave para o sucesso do desenvolvimento do produto. Defender que a sua aplicação pode possibilitar a redução significativa de custos, tempo total de desenvolvimento, juntamente com aumento de qualidade e agilidade que em consequência proporcionará alta competitividade no mercado.

O artigo está estruturado em X partes, sendo a primeira a revisão da literatura acerca do desenvolvimento de produtos e do princípio da prototipagem rápida. A terceira parte é apresentada a metodologia e, finalmente, as conclusões.

2. Revisão da literatura

2.1 O desenvolvimento de produtos

Segundo Barbosa Filho (2009), desenvolver um produto para um mercado é bem mais do que empreender transformando uma ideia ou necessidade em um projeto, e em seguida fabricá-lo. Com o crescimento da consciência ecológica, surge um novo perfil de consumidores que exige produtos robustos, duráveis e com estética agradável.

Rozenfeld et al. (2006), define o desenvolvimento de produtos em sete fases: conceber, conceituar, projetar produto e processo, homologar produto e processo, ensinar à empresa e iniciar a produção.

Conceber produto é a primeira fase que tem por objetivo compreender as necessidades e expectativas do cliente para planejar e definir o produto. Dentro desta fase podem ser desenvolvidas pesquisas encomendadas, observação de concorrentes, necessidade de melhorias, além da opinião do cliente, afinal é o principal alvo a ser atendido com o desenvolvimento do produto. Ao final desta fase é entregue como resultados “*deliverables*” a ideia pré-projetada e um cronograma com os marcos principais do projeto. (ROZENFELD et al. 2006)

Conceituar produto é a próxima fase que consiste em aperfeiçoar as diretrizes obtidas na fase anterior com informações mais detalhadas do produto que posteriormente se tornam especificações técnicas do produto. Nesta fase é importante envolver a qualidade, manufatura, projeto, marketing entre outros. Com as especificações técnicas definidas, é possível criar a estrutura de produto preliminar BOM – “*bill of material*”. Nesta fase com as diretrizes detalhadas e validadas pela equipe multifuncional em conjunto com a alta administração é tomada a decisão de dar-se continuidade ou não no desenvolvimento do produto.

Rozenfeld et al. (2006) descreve projetar produto e processo como a fase de detalhamento. Dá-se início ao detalhamento do produto levando-se em consideração a opinião de especialistas e o resgate de informações de produtos semelhantes. Esse detalhamento servirá de base para criação de novos desenhos e desenvolvimento de processos.

A construção do protótipo assume o propósito de aumentar as chances de detecção de

problemas nas fases iniciais. Ainda nesta fase, a equipe multifuncional tem a oportunidade de detectar itens críticos, problemas de importação, desenvolvimento de dispositivos, entrega de protótipos, falta de capacidade de uma máquina ou equipamento de teste, todos estes problemas são tratados como falhas potenciais. Com o auxílio da ferramenta FMEA (“*Failure Model and Effect Analysis*” ou Análise de modo de falha e efeito) estas falhas potenciais de projeto e processo são analisadas.

Homologar produto é a fase seguinte; todas as atividades desta fase estão relacionadas à aprovação do produto. As premissas e regras da norma ISO 9000 e QS são utilizadas para definir os programas de testes, planos de processo e de controle do protótipo, itens a serem comprados e serviços externos para a sua construção. Inicia-se a confecção do protótipo que será submetido a testes e avaliações, os resultados são expostos em um relatório. (ROZENFELD et al. 2006)

Neste sentido, torna-se notável que a construção do protótipo por meio da prototipagem rápida em impressão 3D pode ser uma tecnologia interessante dentro do desenvolvimento de novos produtos.

2.2 Princípio da prototipagem rápida em impressão 3D

O processo de fabricação de protótipos denominado RP em impressão 3D, é um processo baseado na adição de material em camadas sucessivas. Trata-se de uma tecnologia que já existe há duas décadas e está se tornando acessível a pouco tempo. (WENZEL, 2013)

Segundo Volpato et al (2007) esses processos podem ser classificados segundo o estado ou a forma inicial da matéria-prima utilizada na fabricação. Sendo assim, podemos dizer que as tecnologias de RP em impressão 3D são classificadas basicamente em três tipos: matéria prima líquida, sólida e em pó.

Para matérias primas que se apresentam líquidas antes do processamento, são utilizadas tecnologias que envolvem a polimerização do líquido por um laser UV, um exemplo é a Estereolitografia. Quando baseadas em sólido (filamentos, lâmina, etc), podem ser utilizadas tecnologias que fundem o material antes de sua deposição, um exemplo é a modelagem por fusão e deposição – FDM; ou tecnologias que recortam uma lâmina do material adicionado apenas, é o caso da Manufatura Laminar de Objetos – LOM. Quando baseadas em pó, um laser pode ser

utilizado para o seu processamento, é o princípio da tecnologia de Sinterização Seletiva a Laser – SLS. (VOLPATO et al, 2007)

2.2.1 Etapas dos processos de prototipagem rápida em impressão 3D

Apesar de existirem tecnologias diferentes, as etapas do processo de construção do protótipo são similares, conforme descrito no Quadro 1:

Quadro 1 – Etapas de construção de protótipo

Etapas do processo de construção de protótipo
1. Criação tridimensional em CAD (Desenho Auxiliado por Computador) da peça que está sendo projetada. 2. Conversão do arquivo CAD para extensão STL (<i>Stereolithography</i> - aproximação da superfície da peça usando malha de triângulos). 3. Planejamento do processo para a fabricação por camada (Fatiamento do arquivo STL em camadas, estratégias de deposição de material, posição de construção). 4. A fabricação, construção física do modelo, empilhando-se uma camada sobre a outra. 5. Limpeza e acabamento da peça. Estas são as etapas básicas, porém podem sofrer alterações de acordo com o fabricante da máquina e os diferentes tipos de processo de RP em impressão 3D.

Fonte: Elaboração própria com base em Volpato et al. (2007) e Gorni (2001)

Estas são as etapas básicas, porém podem sofrer alterações de acordo com o fabricante da máquina e os diferentes tipos de processo de RP em impressão 3D. (VOLPATO et al, 2007; GORNI, 2001).

3. Metodologia

A metodologia a ser utilizada para a realização deste trabalho está fundamentada na pesquisa bibliográfica. Este tipo de pesquisa gera grande conhecimento, porém não geram ações de aplicação imediata. (CERVO; BERVIAN, 2002)

Esse modelo de pesquisa pode ser usado individualmente ou em conjunto com a pesquisa descritiva. Tanto em um modelo como no outro, o objetivo principal é conhecer e analisar as informações científicas dos anos passados. (CERVO; BERVIAN, 2002, p. 65).

A necessidade de utilizar também a pesquisa descritiva nesse trabalho se deu com o intuito de entender a realidade das empresas, até que ponto elas conhecem a tecnologia apresentada neste trabalho.

Para melhor explorar a tecnologia de RP em impressão 3D, foi utilizado o modelo de estudo de caso, uma das subdivisões da pesquisa descritiva. Cervo e Bervian (2002) definem estudo de caso como análise e pesquisa sobre determinada organização, grupo, pessoa, família ou sociedade, que sejam por sua vez, representantes do universo estudado, possibilitando assim uma sustentável investigação de seus principais aspectos.

O instrumento utilizado para coleta de dados no presente estudo de caso foi o método de entrevista com três empresas da região de Marília-SP. O intuito foi obter dados que não podem ser encontrados em manuscritos, porém poderia ser fornecidos pelas empresas. As questões da entrevista foram definidas apenas depois da delimitação do assunto, revisão bibliográfica, definição dos objetivos, problemas e hipóteses. Por meio das informações obtidas com a experiência dessas empresas, conseguir-se argumentos e soluções que demonstram a relevância do estudo.

4. Análise dos Resultados

A seguir, serão apresentados os resultados adquiridos por meio do instrumento característico do estudo descritivo, ou seja, a entrevista desenvolvida com os sujeitos da pesquisa tendo como referência as empresas entrevistadas.

4.1 Empresa A

A Empresa A, localiza-se na Região de Marília/SP, sendo especializada na fabricação de equipamentos agrícolas. Iniciou suas atividades no ano 1949 e atualmente seus produtos são

dotados da tecnologia de agricultura de precisão. Para fins desta pesquisa foi entrevistado um engenheiro mecânico do setor de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

Segundo o entrevistado, a empresa conheceu a tecnologia de RP em impressão 3D há quase 10 anos e, desde então, tinha o interesse em adquirir tal tecnologia.

Há quatro anos a empresa A teve a oportunidade de adquirir umas das tecnologias de RP em impressão 3D. A tecnologia escolhida foi a FDM, uma modelação por extrusão de plástico. Alguns fatores decisivos para a escolha desta tecnologia foram o custo, seguida da resistência mecânica oferecida que possibilitava a utilização das peças impressas para teste, além da precisão e acabamento superficial.

O investimento na aquisição foi de R\$ 150.000,00 em um pacote que contemplava o equipamento com garantia de um ano e um pacote de treinamento para duas pessoas. Posteriormente houve uma taxa anual de R\$ 26.000,00 ao ano para renovar a garantia do equipamento, conjuntamente com manutenção. Para evitar este gasto, o engenheiro mecânico diz ter acompanhado o técnico responsável do fornecedor e aprendeu a dar a manutenção necessária.

A matéria prima do processo FDM utilizado pela empresa A é um material ABS plus em filete de plástico. O custo em reais (R\$) varia de acordo com a cotação do dólar (US\$), cerca de US\$ 250,00/1 Kg, e o material suporte US\$ 120,00/1 Kg. A tecnologia permite impressão em camadas de 0,254mm ou 0,325mm, porém, normalmente a empresa utiliza a camada mínima, 0,254 mm para garantir um melhor acabamento superficial.

Algumas vantagens e desvantagens foram detectadas no uso desta tecnologia. Entre as vantagens é a possibilidade de transmitir a ideia pré-projetada em um produto físico. Esse produto físico gera a possibilidade de maiores análises nas fases iniciais do desenvolvimento de produto, o que aumenta as chances de identificar falhas no desenho antes de confeccionar o ferramental definitivo. Como desvantagens, o engenheiro citou o alto custo do pacote de manutenção da máquina.

Com o uso desta tecnologia, houve a redução no tempo de desenvolvimento de produto de 30 a 40%. Essa redução está diretamente ligada à eliminação da necessidade de confecção de

molde, ajustes, teste e mais ajustes.

Sobre a otimização do volume de trabalho, a empresa já fez a experiência de empilhar as peças no programa da máquina, porém não houve sucesso. Talvez a falta de experiência no planejamento de impressão tenha causado o insucesso.

O engenheiro não relatou ter encontrado graves problemas em utilizar a tecnologia de RP em impressão 3D.

O engenheiro comentou que a empresa trabalha com peças robustas, e talvez uma tecnologia mais avançada atendesse melhor as expectativas de resistência mecânica. Por este motivo ele recomenda a utilização da RP em impressão 3D para outras empresas, porém uma tecnologia mais avançada.

4.2 Aplicação do Questionário na Empresa B

A Empresa B, é fabricante de equipamentos de ginástica, jardinagem, náutica e equipamentos agrícolas. A entrevista foi acompanhada por um engenheiro de testes e um supervisor de projetos.

A empresa B, à aproximadamente quatro meses, adquiriu uma máquina de impressão a jato de tinta (IJP), uma tecnologia Polyjet da Objet que utiliza um sistema de jato de tinta para depositar a resina em pequenas gotas sobre uma bandeja e, imediatamente após a deposição, lança uma luz UV para a cura da camada. A impressora admite o uso de dois materiais, uma resina para a peça e um material tipo gel também fotocurável para o suporte. Os dois materiais são importados e demoram cerca de 40 dias para chegar depois do pedido de compra.

Em termos de custo, o investimento no equipamento chegou a R\$ 100.000,00. O material utilizado para impressões é comprado em proporções de 1 Kg, o material para peça custa em torno de R\$ 800,00 e o material suporte R\$ 350,00.

Ao mencionar a avaliação para treinamentos, o engenheiro logo descreveu que um pacote de treinamentos foi adquirido junto à aquisição da máquina. Neste treinamento foi abordada a operacionalização da máquina, como ligar, trocar o material, limpar os bicos de injeção, alinhar os cabeçotes, desligamento adequado, frequência de limpeza com álcool isopropílico, entre vários detalhes de utilização do equipamento. Um técnico do fornecedor fica ainda

responsável pela manutenção preventiva da máquina por um período de 3 meses.

O engenheiro de testes relatou ter tido dificuldades para realizar a limpeza da máquina, porém, aos poucos foi pegando prática e as dificuldades foram sumindo.

A empresa B desenvolve produtos novos anualmente. Antes da aquisição da máquina de RP em impressão 3D, o tempo médio de duração do desenvolvimento girava em torno de um ano e quatro meses. Hoje, o supervisor de projetos afirma que ainda não é possível quantificar a redução de tempo em todo o processo de desenvolvimento de produtos com o uso da RP em impressão 3D devido ao curto tempo de utilização da máquina, porém, quando analisa-se somente o tempo de prototipagem das peças, já é possível ver reduções significativas. Peças que demoravam em torno de duas semanas para serem prototipadas, hoje demoram apenas algumas horas.

O supervisor relatou que antes de adquirirem a máquina de RP em impressão 3D, os protótipos eram usinados em madeira ou plásticos, às vezes em metal ou tinham seus moldes construídos prevendo futuras alterações. Disse ainda que ambos os processos são caros, e existia o risco da construção do molde não dar certo. Se a modificação não desse certo, a probabilidade de perder o ferramental e todo o investimento era alta.

Na hora de escolher a tecnologia de RP em impressão 3D, a empresa considerou a resolução, acabamento da peça e tempo de remoção do material suporte. Eles chegaram a avaliar a tecnologia FDM, porém a remoção do material suporte era realizada em um banho meio ácido por algumas horas, enquanto a PolyJet permitia a remoção do material suporte em minutos por um jato de água. A lavadora utilizada pela empresa B está representada na Figura 33.

A empresa B já precisou produzir um lote pequeno de peças prototipadas durante o desenvolvimento de seus produtos, e para facilitar o processo utilizaram a tecnologia de RP em impressão 3D para fabricar um ferramental rápido, ou seja, um molde prototipado. A empresa utilizou como matéria prima para formar a peça um poliuretano, um material composto pela mistura de um líquido polioliol e isocianato. Os líquidos foram misturados e derramados dentro da cavidade do molde prototipado, e depois de um tempo a mistura dos líquidos se solidificou formando a peça desejada. O molde foi reutilizado para fabricar mais peças, o que talvez ficasse caro se confeccionado totalmente em impressão 3D.

Apesar de ter pouca experiência com o equipamento, a empresa B já consegue perceber vantagens e desvantagens da RP em impressão 3D.

Como vantagens, o engenheiro resume na palavra agilidade. Ele diz que peças que demoravam semanas para serem construídas em fibra ou plástico, hoje são confeccionadas em horas pela impressão 3D.

Já como desvantagens o Engenheiro levantou dois fatos: alto custo da matéria prima, porém mesmo assim o investimento é válido quando se coloca do outro lado da balança a redução de tempo no desenvolvimento de produtos e a cautela em não produzir os ferramentais definitivos antes de ter certeza da concepção do produto. Outra desvantagem citada é a impossibilidade de reproduzir alguns materiais, ou seja, nem todos os protótipos podem ser testados de forma funcional, apenas visual.

Sabe-se que a tecnologia de RP em impressão 3D é utilizada na construção de protótipos para testes e os mesmos têm possibilidade de dar certo ou não. Sobre este assunto o engenheiro relatou que quando a peça não dá certo perde-se todo material, ou seja, ele não pode ser reprocessado. Completou ainda que a cada 1Kg de material utilizado para impressão, 300 gramas são descartados durante processo de nivelamento da camada.

Sobre a otimização do volume de trabalho, empilhamento de varias peças em uma mesma impressão, o engenheiro relatou já ter feito esta experiência obedecendo ao critério de 1mm de distância entre as peças, inclusive colocando peça dentro de outra peça. Este procedimento foi realizado no CAD e enviado para impressora em arquivo único.

O engenheiro recomenda o uso da tecnologia que está instalada na empresa B. Ele diz que a tecnologia é ótima, proporciona muita agilidade no desenvolvimento de produtos, permite testar a funcionalidade e o design do produto. A tecnologia da empresa B tem um ótimo acabamento superficial, o que permite reprodução real dos produtos que estão sendo desenvolvidos.

Sobre a possibilidade da RP em impressão 3D ser considerada como uma nova revolução industrial, o engenheiro acredita que existam grandes chances. Comentou sobre a leitura que fez na revista 4 (quatro) rodas e se deparou com uma matéria que dizia que os bicos de

motores de avião estavam sendo produzidos com impressão 3D em pó metálico para montagem do motor real, sem precisar recorrer a outros meios de produção.

4.3 Aplicação do Questionário na Empresa C

A Empresa C, é uma empresa familiar que atua no segmento alimentício há 56 anos. Suas atividades tiveram início com a fabricação artesanal de pipoca e amendoim. Hoje, é uma das gigantes no setor de doces e snacks. A empresa está presente no mercado de balas, caramelos, chicletes, pastilhas, confeitos, pirulitos e amendoins. Faz ainda exportação para mais de 60 destinos, incluindo os países do Mercosul, Austrália, África do Sul, parte da Europa e estados Unidos. Nesta empresa a entrevista foi realizada com um gerente de projetos.

Ao iniciar a entrevista, o gerente de projetos logo relatou que já conhece a tecnologia de RP em impressão 3D. Ele disse que apesar da tecnologia existir a muito tempo, apenas agora está sendo melhor disseminada devido a quebra de patentes. Comentou que teve oportunidade de ver equipamentos desta tecnologia em feiras e revistas. E já adiantou que hoje está trazendo a tecnologia para dentro da empresa.

A empresa desenvolve produtos com frequência, certa de 15 a 20 produtos novos por ano. Um tempo médio de 30 a 45 dias por produto. O interessante que hoje a empresa ainda utiliza o processo artesanal, uma espécie de usinagem em fibra para reproduzir os moldes pilotos em alumínio. Para isso a empresa desenvolveu um fornecedor na Turquia, que fornece os moldes pilotos em acabamento teflonado. Com a RP em impressão 3D esses moldes poderão ser produzidos internamente sem incomodo com importações.

O interesse da empresa em adquirir um equipamento de RP em impressão 3D está interligado com a estruturação de um centro de inovação. A tecnologia de RP em impressão 3D vai auxiliar no desenvolvimento de produtos com mais agilidade, fazer brindes rápidos para os clientes, imprimir o projeto do produto para verificar estética/design, realizar pesquisa de mercado com lotes pilotos. Resumindo, o intuito real da empresa é criar um centro de relacionamento com o cliente, onde se possa mostrar a estrutura da produção e a variedade de produtos em escala de produção reduzida antes de lançar o produto no mercado.

Hoje a tecnologia está mais acessível devido às quebras de patentes, porém talvez ainda apresente um alto custo para algumas empresas. A empresa C está adquirindo um

equipamento com custo de R\$85.000,00. A matéria prima é importada em filamentos sólidos. O gerente de projetos não soube informar em detalhes qual o tipo de processo da tecnologia que está sendo adquirida.

O interesse em investir na tecnologia de RP em impressão 3D surgiu desde o início do projeto para implantação do centro de inovação. O gerente relatou que a essência do negócio está em produzir mais rápido, melhor e interno com segurança para garantir a patente do produto.

Relatou ainda que há 3, 4 anos a empresa se preocupava em desenvolver fornecedores melhores, ter agilidade e qualidade, e hoje o centro de inovação ou loja conceito como muitos preferem dizer é uma ferramenta moderna que torna a empresa fornecedora de si própria, a ter agilidade e qualidade no desenvolvimento de seus produtos de forma sigilosa e inovadora.

4.4 Tabela Comparativa de Resultados

Para facilitar o entendimento dos resultados obtidos com a Pesquisa de Campo, segue a Tabela 2, contendo os dados comparativos das empresas envolvidas na Pesquisa.

Tabela 1 – Tabela Comparativa de Informações

TABELA COMPARATIVA DE INFORMAÇÕES			
Dados	Empresa A	Empresa B	Empresa C
Segmento de atuação no mercado	Agrícola	Ginástica, jardinagem, náutica e agrícola	Alimentícia
Desenvolvimento de produtos	Sim	Sim	Sim
Aplicam a RP em Impressão 3D no desenvolvimento de seus produtos	Sim	Sim	Tecnologia está sendo adquirida.
Finalidade da RP em Impressão 3D	Construção de protótipos	Construção de protótipos	Centro de Inovação
Experiência com a RP em Impressão 3D	4 anos	4 meses	-
Investimento na Tecnologia	R\$ 150.000,00	R\$ 100.000,00	R\$ 85.000,00
Processo utilizado	FDM	Impressão a jato de tinta (IJP)	-
Critério utilizado para escolher processo	Custo tecnologia	Acabamento superficial	-
Material utilizado	Filamento plástico ABS Plus	Material líquido	-
Custo matéria prima	US\$ 250,00 - Kg	R\$ 800,00 - Kg	-
Material suporte	Sim	Sim	-
Custo material suporte	US\$ 120,00 - Kg	R\$ 350,00 - Kg	-
Espessuras permitidas pela tecnologia	0,254mm	27 microns	-
Investimento em treinamento	Incluso no pacote máquina	Incluso no pacote máquina	-
Dificuldades em manusear equipamento	Não	Houve dificuldades na limpeza do equipamento no início	-
Vantagens da Tecnologia utilizada	- Transmitir a ideia em um produto físico. - Aumenta as chances de detectar falhas antes de construir ferramental definitivo	- Agilidade no desenvolvimento de produtos. "Peças que demoravam semanas para serem construídas em fibra ou plástico são impressas em horas."	-
Desvantagens da Tecnologia utilizada	- Alto custo do pacote de manutenção. - Necessidade de acabamento após impressão.	- Alto custo da matéria prima. - Impossibilidade de reproduzir alguns materiais.	-
Frequência de desenvolvimento de produtos	- Produtos pequenos semanalmente. - Equipamentos de grande porte em 3 anos.	Anualmente	15 a 20 produtos por ano
Tempo médio para desenvolvimento de produtos	2 a 3 anos	1 ano e 4 meses	30 a 45 dias
Modificações de projetos anteriores a prototipagem	- Construção de ferramental definitivo com previsão de ajustes.	- Construção de ferramental definitivo com previsão de ajustes.	-
Modificações de projetos com a prototipagem rápida	- Antes de construir ferramental definitivo.	- Antes de construir ferramental definitivo.	-
Redução no tempo de desenvolvimento de produtos	30 a 40%	Ainda não é possível dimensionar.	-
Otimização de volume de trabalho	Sim	Sim	-
Possibilidade de reprocessar matéria prima ?	Não	Não	-
Já construíram Ferramentais Rápidos?	Não	Sim	É um dos propósitos
Recomendam o uso da tecnologia ?	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaboração dos autores

5. Conclusões

De acordo com todas as informações levantadas e comparações dos resultados das entrevistas realizadas nas empresas da região de Marília/SP, conclui-se que a Tecnologia de RP em impressão 3D é uma ferramenta que, quando aplicada corretamente ao desenvolvimento de produtos proporciona a empresa agilidade e competitividade para inovar.

As entrevistas comprovam que as empresas estão investindo na tecnologia. Ao fazer um comparativo das experiências relatadas pelas empresas com a bibliográfica, comprova-se que os dados são semelhantes em toda a sua extensão, desde o princípio de funcionamento até as vantagens e desvantagens da tecnologia.

Uma das principais vantagens percebidas na tecnologia de RP em impressão 3D é a agilidade no processo de desenvolvimento de produtos. O fato de conseguir produzir um protótipo a partir de um desenho eletrônico sem envolver outros processos ou terceiros aumenta as chances de detectar falhas de projetos nas fases iniciais, onde ainda não houve grandes investimentos. Uma novidade que está ganhando espaço é a possibilidade de construir protótipos em materiais metálicos e cerâmicos.

Apesar das vantagens, ainda existem muitas desvantagens. O alto custo do equipamento, matéria prima e assistência técnica podem ser citados como desvantagens. O acabamento superficial final ou necessidade de realizar remoção de suportes também. Outro ponto de extrema relevância é a impossibilidade de fazer impressões com vários materiais, ou seja, para cada uma das tecnologias existentes é possível utilizar apenas um tipo material específico que seja compatível com a tecnologia. Existe ainda a impossibilidade de reproduzir alguns materiais mais rígidos, flexíveis ou mesmo transparente para testes funcionais, além da perda de dimensional do protótipo quando exposto muito tempo em temperaturas elevadas.

O cenário atual apresenta tendência para melhoria das tecnologias de RP em impressão 3D e seus materiais. O intuito principal é tentar diminuir ou mesmo eliminar as desvantagens percebidas pelos usuários atuais, até então comprovados na entrevista realizada neste trabalho. Diminuir ou eliminar as desvantagens significa dizer que a resistência mecânica e os danos causados ao meio ambiente pelo descarte do protótipo sejam melhorados. A redução do custo de equipamento, materiais e necessidade de acabamento também devem ser tratadas. E sem

dúvidas, os esforços aplicados à prototipagem rápida em impressão 3D vão caminhar para tornar o protótipo uma peça pronta para uso.

A RP em impressão 3D está crescendo e ganhando espaço dentro do desenvolvimento de produtos de maneira eficaz para garantir a competitividade das empresas, a qualidade de seus produtos e a sua sobrevivência no mercado por meio de um processo inovador.

Referências

BARBOSA FILHO, Antônio Nunes: **Projeto e Desenvolvimento de Produtos**. São Paulo: Atlas 2009.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino: **Metodologia Científica**. 5. Ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

GORNI, Antônio Augusto: **Introdução à Prototipagem Rápida e seus Processos**. Ed. Março 2001, pág. 230 – 239. Editor Técnico: Revista Plástico Industrial.

ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando A.; AMARAL, Daniel C.; TOLEDO, José C.; SILVA, Sergio L.; ALLIPRANDINI, Dário H.; SCALICE, Régis K.; **Gestão de Desenvolvimento de Produtos**. São Paulo: Saraiva 2006.

VOLPATO, Neri: **Prototipagem Rápida (Tecnologias e aplicações)**. 1. Ed. São Paulo: Blucher, 2007.

WENZEL, Karine: **Empresas investem na impressão 3D e reduzem drasticamente os tempos de elaboração de protótipos e desenvolvimento de produtos, garantindo inovação rápida e maior competitividade**. Ed. Março 2013, pág. 6 - 11. Editor Técnico: Revista Manufatura em Foco.