

INTELIGÊNCIA TECNOLÓGICA: IMPACTOS E PROJEÇÕES DA MANUFATURA ADITIVA NO SETOR METALOMECÂNICO

Pedro Kondak Villas Boas – UFRGS – Engenharia de Produção

pedrokvb@gmail.com

Marcelo Cortimiglia – UFRGS – Engenharia de Produção

cortimiglia@gmail.com

Resumo

As tecnologias de manufatura aditiva vêm assumindo mais relevância dentro do setor industrial. A grande versatilidade desta tecnologia pode causar fortes impactos dentro do setor metalomecânico. Portanto, do ponto de vista estratégico, sua evolução e seus possíveis impactos devem ser estudados e sistematicamente analisados para que as empresas do setor de manufatura consigam tomar as melhores decisões em relação aos projetos futuros. Tendo isso em vista, o presente trabalho tem como objetivo entender como acontecerá a evolução da tecnologia de manufatura aditiva, identificando aspectos críticos para a evolução e difusão da mesma. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática de artigos e vídeos sobre impressão 3D e o futuro da manufatura, além de entrevistas com profissionais da área de manufatura. Como resultado, foi gerado um modelo de Technology Roadmapping com prospecções sobre o futuro da tecnologia de manufatura aditiva. Destacaram-se no modelo prospecções nas áreas de mercado (manufatura, automóveis e medicina), tecnologia (manufatura aditiva, materiais, software e hardware) e conhecimento (regulamentações, educação e parcerias).

Palavras-chave: Inteligência Tecnológica, Manufatura Aditiva, Impressão 3D, *Technology Roadmapping, Framework.*

1. Introdução

O desenvolvimento de novas tecnologias influencia a forma como as pessoas se comunicam, trabalham e interagem no seu dia-a-dia. A partir da necessidade de melhorar a forma como determinadas atividades são executadas, o ser humano desenvolveu técnicas, ferramentas, processos e equipamentos que facilitam a realização de atividades e auxiliam na

solução de problemas (BROWN, 1993). Nas últimas décadas, os avanços tecnológicos mudaram radicalmente o dia-a-dia das pessoas e, ao que tudo indica, o ritmo de desenvolvimento tecnológico continua aumentando gradativamente. Para Brynjolfsson e McAfee (2014), a competição tende a se tornar mais dinâmica a partir do crescente ritmo de difusão de novas técnicas, o que exige que as empresas se adaptem de forma mais ágil aos novos modelos de negócio e tecnologias que adentram o mercado mundial. Neste contexto, para uma empresa se manter competitiva no mercado é de grande importância identificar e selecionar tecnologias e tendências que possam influenciar o seu modelo de negócio.

Durante as últimas décadas, empresas de diversos setores como Eastman Kodak, Blockbuster Inc. e, mais recentemente, a Motorola sofreram enormes impactos econômicos por não terem adaptado seus modelos de negócio às tecnologias emergentes da época. Segundo o McKinsey Global Institute (2012), até mesmo os setores mais consolidados da economia estão sofrendo grandes impactos relacionados à inovação tecnológica. No setor metalomecânico, por exemplo, uma grande variedade de inovações que envolvem nanomateriais (em particular, o grafeno), manufatura aditiva e inteligência artificial começa a traçar uma nova maneira de fabricação de produtos (WU et al., 2015; RAYNA, STRIUKOVA, 2016). Com as constantes mudanças do mercado cabe às empresas desenvolver suas inteligências tecnológicas para melhor posicionarem-se diante de novas demandas.

A Inteligência Tecnológica pode ser definida como o processo contínuo de aquisição, avaliação e comunicação de informações sobre as tendências tecnológicas necessárias para detectar oportunidades e ameaças em tempo hábil (LICHTENTHALER, 2004), o que se mostra fundamental para reduzir erros estratégicos diante de mudanças técnicas (COCCIA, 2009). Em países emergentes, nos quais o desenvolvimento de novas tecnologias acontece a uma taxa muito menor quando comparado a países desenvolvidos, o monitoramento e avaliação de tecnologias de origem externa pode ser um grande diferencial competitivo. Entretanto, o processo de monitoramento e análise de novas tecnologias, em sua maioria, é apenas realizado por empresas de grande porte, as quais possuem recursos suficientes para investirem na área de inteligência tecnológica. Às empresas de menor porte cabe, quando muito, acompanhar o noticiário tecnológico e tentar inferir tendências a partir de relatos de empresas de consultoria tecnológica, cujas previsões não têm demonstrado grande capacidade de acerto (DEDEHAYIR; STEINERT, 2016).

Há, contudo, técnicas como o *Technology Roadmapping* (TRM) que podem auxiliar empresas no campo da inteligência tecnológica. Embora não exista uma única definição, Lee e Park (2005) argumentam que o TRM é um roteiro de tecnologias que impactam tanto o presente quanto o futuro dos *stakeholders*, uma ferramenta para facilitar o delineamento da visão futura de um determinado campo de investigação composta pelo entendimento coletivo do impacto dos desenvolvimentos tecnológicos. Portanto, a técnica de mapeamento tecnológico se mostra uma eficiente ferramenta de planejamento, ajudando na identificação e mapeamento de carências tecnológicas em produtos, assim como no desenvolvimento de projetos que envolvam tecnologias alternativas às usualmente utilizadas (GARCIA; BRAY, 1997).

A partir da utilização de ferramentas como TRM, este artigo tem como objetivo entender como os principais processos de manufatura aditiva podem influenciar os processos de manufatura tradicionais ao longo dos próximos anos. O estudo visa mapear e analisar o potencial de evolução do mercado de manufatura aditiva em relação às tecnologias atuais e futuras (emergentes) através da utilização de TRM. A partir dos resultados obtidos através da construção do TRM, o estudo servirá de suporte às decisões estratégicas de empresas do setor metalomecânico. Além disso, o estudo tem como objetivo secundário contribuir com a pesquisa em modelos de mapeamento tecnológicos que possam ser utilizados por empresas de menor porte, um tema relevante na literatura sobre gestão de tecnologias. Para isso, o artigo está estruturado da seguinte maneira: após a (1) introdução, seguem seções nas quais são apresentados o (2) referencial teórico, (3) os procedimentos metodológicos e os (4) resultados, enquanto a seção final traz a (5) conclusão e sugestões para trabalhos futuros.

2. Referencial Teórico

Essa seção do artigo descreve brevemente conceitos relativos a métodos de manufatura tradicionais e métodos de manufatura aditiva, além de apresentar conceitos e métodos relacionados com adoção de inovação e prospecção de novas tecnologias e mercados. Portanto, serve de embasamento para a construção de um modelo de TRM na área de manufatura aditiva.

2.1 Métodos de Manufatura Tradicionais

Para melhor observação dos impactos das tecnologias de manufatura aditiva na

indústria moderna, é de grande interesse entender quais as principais técnicas utilizadas para a produção de peças na indústria metalúrgica atualmente. A seguir foram destacados e descritos os principais processos utilizados para transformação de metais em produtos finais.

2.1.1 Processos de Solidificação de Metais

Os processos de solidificação de metais ou de fundição são aqueles que envolvem o derrame de metal líquido em uma determinada cavidade para que o metal após esfriar-se e solidificar-se assuma o formato da cavidade na qual foi depositado. Este processo pode ser dividido em duas categorias: moldes descartáveis e moldes permanentes.

Nos processos de moldes descartáveis, a produção de peças, por vezes, é limitada pelo tempo necessário para a produção dos moldes que geralmente são feitos de areia-verde. Além disso, nesse método cada molde produz apenas uma peça e os moldes podem ser destruídos na solidificação das peças. Já os moldes permanentes são geralmente compostos por metais ou materiais cerâmicos e têm um custo de fabricação maior que os moldes descartáveis, entretanto, podem ser reutilizados inúmeras vezes facilitando a produção em larga escala (GROOVER, 2010).

2.1.2 Processos de Conformação Mecânica

O método de conformação mecânica engloba diversos processos nos quais o material é deformado plasticamente para alcançar as características necessárias. Este processo se dá através da aplicação de força sobre o metal gerando estresse e por fim deformando o material para que este adquira a forma desejada na operação. Os principais métodos utilizados para a deformação plástica são os de laminação, forjamento, extrusão, trefilação, dobramento, estampagem e corte. Além disso, dependendo das propriedades mecânicas desejadas para as peças, estes processos podem ser realizados em 3 condições distintas (frio, morno e quente), variando, assim, a dureza, rigidez, tenacidade e ductilidade do material deformado (GROOVER, 2010).

2.1.3 Processos de Remoção de Materiais

Os processos de usinagem são aqueles que dão forma e dimensão às peças através da remoção de materiais em excesso. Estas operações ocorrem através da penetração de ferramentas de corte na superfície do material para realizar a remoção do cavaco (material

irregular removido da peça) (BARRA, 2013). Os principais processos de usinagem, também conhecidos como processos convencionais de usinagem, são: serramento, aplainamento, torneamento, fresamento, furação, brochamento e eletroerosão, porém também são utilizados processos de abrasão para a remoção de material das peças (GROOVER, 2010).

2.1.4 Processos de União e Montagem

São considerados processos de união ou montagem aqueles utilizados para unir duas ou mais partes entre si ou em outra peça. Os métodos mais utilizados para a união de peças são os de soldagem, brasagem e colagem adesiva. No processo de soldagem, materiais metálicos ou até mesmo plásticos são unidos através da aplicação de calor nas áreas de contato entre eles, causando coalescência. Por sua vez, os processos de união através de brasagem ocorrem pela aplicação de um metal de união que é derretido e aplicado entre as áreas onde são desejadas a formação de uma articulação metálica forte, conectando e unindo as partes. Por fim, o processo de colagem adesiva é realizado pela união das partes através da adição de um polímero adesivo entre as partes (colagem adesiva) e no caso da união mecânica, a junção acontece através da utilização dispositivos fixadores que são encaixados entre as peças para que elas permaneçam unidas (GROOVER, 2010).

2.2 Processos de Manufatura Aditiva

Os processos de manufatura aditiva, também referenciados como processos de impressão 3D e prototipagem rápida, são os processos de fabricação de peças onde o material é adicionado camada a camada dando formato à peça. Existem diversos processos de manufatura aditiva como deposição por extrusão, *binding*, fotopolimerização, laminação e sinterização. Para abordar as técnicas baseadas em adição de camadas, as tecnologias são agrupadas de acordo com o tipo de estado em que a matéria-prima se apresenta, sendo eles: Líquido, Sólido e Pó (está classificação é adaptável já que algumas técnicas podem utilizar matérias-primas em diferentes estados) (NASCIMENTO, 2013).

2.2.1 Baseados em Líquido: A matéria-prima utilizada na fabricação da peça encontra-se no estado líquido antes do processamento. Nesta categoria deparam-se tecnologias envolvendo a polimerização de resina líquida por laser UV, jateamento de resina líquida, seguida de cura pela exposição à luz UV dentre outros. Os principais

processos são: Estereolitografia (*Stereolithography* - SLA), Base de Cura Sólida (*Solid Ground Curing* - SGC), Gotejamento (*Droplet Deposition Manufacturing* - DPM) e Processamento digital de luz (*Digital Light Processing* - DLP) (NASCIMENTO, 2013; GROOVER, 2010; DURÃO, 2016).

2.2.2 Baseados em Sólido: A matéria prima neste caso (também antes do processamento) se encontra em estado sólido. Existem processos que vão desde fusão do material antes da deposição e construção da camada (fusão de filamentos) até os que recortam as lâminas do material selecionado. Os principais processos são: Manufatura Laminar de Objeto (*Laminated-Object Manufacturing* - LOM) e Modelagem por deposição (*Fused-Deposition Modeling* - FDM) (NASCIMENTO, 2013; GROOVER, 2010; DURÃO, 2016).

2.2.3 Baseados em Pó: Aqui tem-se a matéria-prima na forma de pó antecedendo o processamento da mesma. O processamento do material pode ser feito a partir de exposição ao laser ou mesmo a um aglutinante. Os principais processos são: sinterização seletiva a laser (*Selective Laser Sintering* - SLS), fusão seletiva a laser (*Selective Laser Melting* - SLM) e fusão por feixe de elétrons (*Electron Beam Melting* - EBM) (NASCIMENTO, 2013; GROOVER, 2010; DURÃO, 2016).

Todas essas técnicas representam tipos de inovação tecnológica de processo. A inteligência tecnológica para compreender como essas inovações serão adotadas por empresas de um determinado setor passa pela compreensão das dinâmicas de adoção de inovação e tecnologia, as quais serão discutidas na próxima seção.

2.3 Adoção de Inovação

Esta seção busca destacar aspectos importantes para compreender as dinâmicas de adoção de inovação para a elaboração do TRM, incluindo informações valiosas para a realização do planejamento tecnológico e do ciclo de vida de produtos e tecnologias.

Apesar do ciclo de adoção de inovação ser de grande importância para empresas que lançam novos produtos e serviços no mercado, empresas cuja criação de produtos não faz parte de seu *core business* também devem se manter atentas a estas mudanças para entender o comportamento de seus clientes e adaptarem-se às mudanças de mercado (CRUZ, 2013).

Para a análise do processo de difusão de inovação, as empresas devem observar principalmente quatro fatores: (i) inovação, qualquer ideia, objeto ou prática percebida como nova pelos membros de determinado sistema social; (ii) canais de comunicação, meios pelo qual a informação é transmitida para os membros do sistema social; (iii) tempo, velocidade ou taxa na qual os membros do sistema aderem às ideias, técnicas ou processos percebidas como nova pelos membros de determinado sistema social; e (iv) sistema social, organizações, comunidades ou indivíduos que se comportam de forma favorável às mudanças geradas por determinadas inovações difundindo-a em seu meio (GOMES, 2007; ROGERS, 1995).

Levando em consideração os aspectos que influenciam no processo de difusão, os membros de um sistema social são categorizados em cinco tipos: inovadores, adeptos iniciais, maioria precoce, maioria tardia e retardatários. O Ciclo de Adoção de Inovação (ROGERS, 1995) é representado na Figura 1, onde é possível identificar a distribuição dos tipos de adotantes.

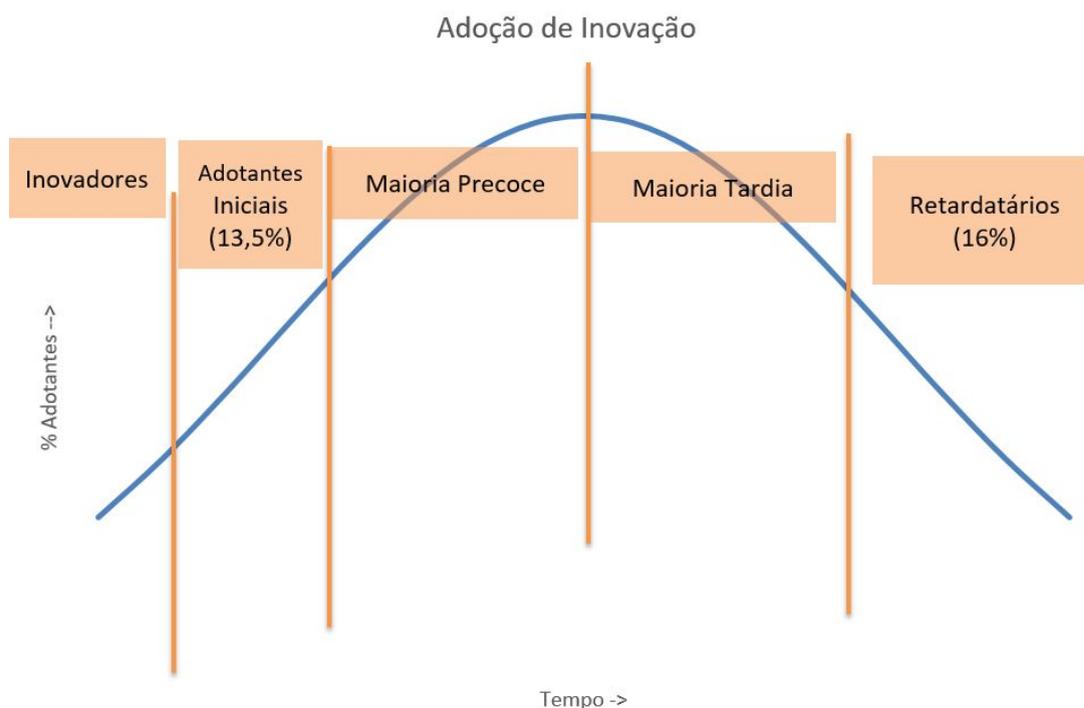


Figura 1 – Distribuição de frequência dos adotantes da inovação no tempo (ROGERS, 1995, p. 262).

Nesta classificação, os Inovadores são aqueles adotantes com maior disposição ao risco e que buscam experimentar novas ideias, criar novas soluções. Logo, eles acabam

servindo como porta de entrada para a difusão de inovações além de serem aqueles mais capazes de lidar com altos níveis de incertezas em relação às outras categorias de adotantes.

Os Adotantes Iniciais são geralmente considerados líderes nos seus sistemas locais que constantemente buscam investir e aplicar as técnicas adotadas pelos Inovadores em suas empresas. Em relação à Maioria Precoce, a adoção de uma inovação e sua decisão de inovação geralmente acontece após os resultados e opiniões positivas dos líderes de mercado (Adotantes Iniciais). Por sua vez, a Maioria Tardia adere às inovações somente depois da média dos membros do sistema e acaba fazendo-o por necessidades econômicas e para continuar competitiva dentro de suas comunidades. Por fim, os Retardatários são considerados mais conservadores e céticos em relação aos resultados advindos das inovações e acabam aderindo às novas técnicas por pura obrigatoriedade (SAVERY, 2005; ORR, 2003; ROGERS, 1995).

2.4 Technology Roadmapping

O *Technology Roadmapping* é uma das ferramentas mais utilizadas para a realização de Planejamento Tecnológico (DELFINO, 2010; LEE; PARK, 2005). O TRM serve como um instrumento, fornecendo um meio estruturado para explorar e entender os relacionamentos entre os mercados, produtos e tecnologias em desenvolvimento ao longo do tempo (PHAAL et al., 2004). No âmbito microempresarial, o TRM é proposto como processo desenvolvido a partir da análise das capacidades tecnológicas empresariais para estabelecer um planejamento em torno de futuras oportunidades de mercado e, por consequência, justificar investimentos e esforços para o alcance de objetivos estratégicos (KAPPEL, 2001; PHAAL et al., 2004). A aplicação da técnica de *TRM* acontece pela construção de um mapa gráfico estruturado em diferentes níveis, relacionando a evolução de tecnologias com o desenvolvimento de produtos, e os produtos com oportunidades de mercado, como pode ser visto na Figura 2 (ZHANG et al., 2013; PHAAL et al., 2004).

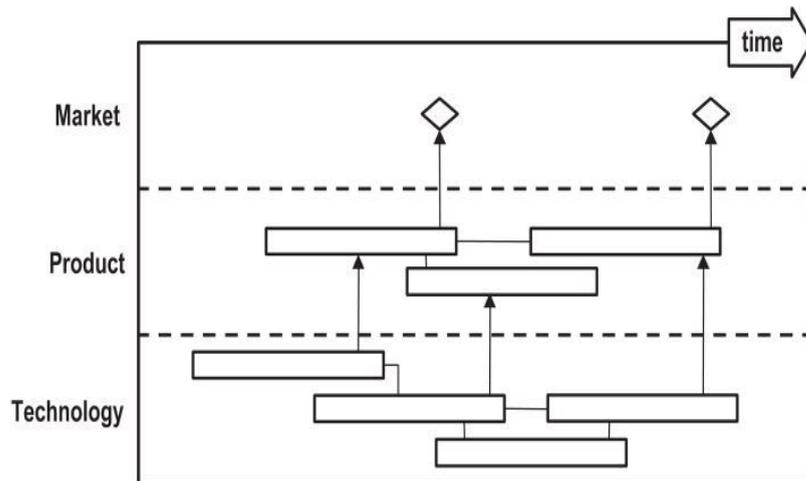


Figura 2 – Esquemática de um TRM, mostrando o alinhamento entre tecnologias, produto e oportunidades de mercado (PHAAL et al., 2004, p. 5-26).

Existem diversos modelos para a construção de TRM, mas neste artigo serão revisados dois dos principais: a metodologia abordada por Garcia e Bray (1997) e o *T-plan* descrito por Phaal et al. (2004). A metodologia de Garcia e Bray (1997) divide a aplicação do processo de TRM em três fases: Atividades Preliminares, Desenvolvimento do *Roadmap* Tecnológico e o Acompanhamento das Atividades.

Na fase de Atividades Preliminares são abordados fatores como a identificação da necessidade de criação de um *roadmap* e a participação de grupos de diferentes áreas para que o TRM consiga abranger o maior número de perspectivas. Também na etapa de Atividades Preliminares, deve ser realizada a identificação de membros-chave para a construção o TRM, definindo os *stakeholders* e seu grau de interação com o processo de planejamento tecnológico (GARCIA; BRAY 1997). Após a identificação dos membros-chave, deve ser estabelecido o escopo de mapeamento, especificando o contexto para o qual o *roadmap* está sendo desenvolvido e garantindo que o *roadmap* tenha uma visão e um roteiro para dar suporte a esta visão. Ainda na definição do escopo, devem ser definidos os limites da concepção do *roadmap*, como horizonte de planejamento (para indústrias ou corporações o horizonte é geralmente de 10 a 15 anos), o nível de detalhe e as limitações geográficas.

Na segunda fase do método de Garcia e Bray (1997), deve ser realizado o Desenvolvimento do *Roadmapping* Tecnológico. Para o desenvolvimento, o autor estabelece

algumas orientações a serem seguidas, como, a identificação do produto que será o foco do *roadmap*; identificação os requisitos críticos do sistema e seus objetivos; especificação das principais áreas de tecnologia; especificação dos *drivers* de tecnologia e seus objetivos; identificação de tecnologias alternativas e suas *timelines*; recomendação das tecnologias alternativas que devem ser monitoradas; e criação de um relatório sobre *roadmap* da tecnologia.

Enfim, na terceira fase do processo, Acompanhamento das Atividades, o *roadmap* criado previamente deve agora ser criticado, validado e aceito pelo grupo ou equipe responsável pela implementação do TRM. Em conjunto com a equipe de validação deve ser desenvolvido um plano de implementação que contemple quais decisões de investimento são mais recomendadas e quais tecnologias alternativas e capacidades devem ser desenvolvidas. Por fim, o planejamento tecnológico deve ser rotineiramente atualizado e reavaliado, tendo em vista que mudanças contextuais, sejam elas, sociais, técnicas ou econômicas podem afetar os pressupostos de continuidade entre passado e futuro utilizados na criação do *roadmap* (GARCIA et al., 1997).

Por outro lado, autores como Phaal et al. (2004) e Lee e Park (2005), sugerem novos formatos e *frameworks* de TRM com o intuito de flexibilizar o processo para que o mesmo possa ser facilmente customizado a fim de atingir objetivos mais específicos em circunstâncias com maior grau de variabilidade. A abordagem *T-plan* de Phaal et al. (2004), é um método do tipo “*fast-start approach*” desenvolvido para dar suporte a construção de *roadmaps* com objetivos comerciais diferentes, abrange planejamento de produtos, exploração de novas oportunidades, alocação e gerenciamento de recursos e estratégia e planejamento de negócios.

Os *roadmaps* de tecnologia, podem ser caracterizados de acordo com seu propósito, formato e uso. Os propósitos mais comumente abordados são: planejamento de produto ou serviços; planejamento de capacidades; planejamento estratégico; planejamentos a longo prazo; planejamento de ativos de conhecimento; planejamento de programas/projetos; planejamento de processos; e planejamento de integração. Em relação ao formato eles podem ser de múltiplas camadas, em barras, em tabelas, em gráficos, representações pictóricas, fluxogramas, camada única, e texto. Enfim, o uso do TRM tem sido mais utilizado de maneira

exploratória e não de maneira integrada e rotineira aos processos de planejamento das empresas. Entretanto, o modelo de aplicação *T-plan*, aborda formas de adaptar os processos de construção e avaliação do planejamento tecnológico para que a sua utilização ajude a estabelecer vínculos fundamentais entre recursos de tecnologia e *drivers* de negócio. Além disso, a abordagem de Phaal et al. (2004) auxilia na identificação de lacunas importantes na área de inteligência de mercado, produto e tecnologia. Por fim, com a utilização do modelo de TRM adaptado por Phaal et al., é possível desenvolver um roteiro tecnológico de alto nível, fornecendo apoio às estratégias de tecnologia e iniciativas de planejamento na empresa, e contribuindo na comunicação entre funções técnicas e comerciais.

O *T-Plan* proposto por Phaal et al. (2004) é baseado em quatro *workshops* que dão suporte para a construção de suas camadas considerando as seguintes dimensões: tempo, onde deve ser especificado o horizonte de tempo abrangido pelo estudo, assim como a escala (ex.: detalhamento do curto prazo ou de uma visão à longo prazo) e intervalos (tempo contínuo, intervalos de seis meses ou anuais) utilizados para a elaboração do documento; camadas, ou seja, a definição de faixas e subfaixas que darão forma ao *roadmap*, limitando o escopo e abrangência do roteiro; anotações, informações suplementares (como *links* entre camadas, indicações de caminhos críticos, oportunidades e ameaças) que beneficiam a interpretação do estudo por seus usuários; e processos, estratégia para atingir os objetivos propostos, abordagem seguida para o desenvolvimento do plano estratégico de mercado, produto e/ou tecnologia.

3. Procedimentos Metodológicos

A natureza da pesquisa desse trabalho pode ser classificada como aplicada, uma vez que busca resolver um problema real enfrentado por empresas do setor metalomecânico. Em função deste problema, a pesquisa pode ser considerada exploratória, pois pretende prover uma primeira compreensão sobre um fenômeno contemporâneo e complexo. Quanto às abordagens de pesquisa, a mesma pode ser classificada como qualitativa, pois emprega instrumentos de coleta e análise de dados qualitativos (revisão de literatura, entrevistas e consultas a especialistas). Quanto ao procedimento técnico, o estudo é caracterizado como levantamento, pois procede-se à solicitação de informações a um grupo de pessoas acerca do problema estudado para, em seguida, mediante análises, obterem-se as conclusões

correspondentes aos dados coletados.

Este trabalho está dividido em duas etapas principais, inspiradas nas etapas genéricas de um estudo de TRM conforme Garcia e Bray (1997) e Phaal et al. (2004):

1. A primeira etapa compreende a construção do TRM, e subdivide-se entre o estudo exploratório sobre adoção de tecnologias de manufatura e a elaboração e teste de um roteiro de entrevista para coleta de dados com acadêmicos e empresários, sendo esses tanto consumidores quanto fornecedores de tecnologias de manufatura.

2. Já a segunda etapa descreve a prospecção sobre o futuro da tecnologia de manufatura aditiva a partir do TRM, englobando a realização de entrevistas, interpretação e análise dos dados obtidos e elaboração de documento de síntese dos resultados.

Neste estudo, a aplicação do TRM é reduzida e focada exclusivamente ao entendimento de impactos da tecnologia no ambiente empresarial de manufatura do setor metalomecânico e nas oportunidades de mercado. Não é contemplada a análise de patentes, e há limitações quanto ao número de profissionais entrevistados e localização geográfica. Além disso, neste artigo, as camadas foram construídas a partir de dados secundários e as prospecções abordadas por meio de consulta a acadêmicos e profissionais das áreas de manufatura. Portanto, a não utilização da estrutura de *workshops* é um dos aspectos que delimita este estudo.

3.1 Construção do TRM

Na primeira etapa foram realizadas buscas ao longo de dois meses para a construção do TRM baseado em dados secundários. As principais fontes de dados secundários foram: empresas de consultoria em estratégia tecnológica (Gartner, IDC, Deloitte); imprensa especializada (blogs, revistas como MIT *Technology Review* e sites como *Business Insider*); publicações acadêmicas (artigos em periódicos, conferências e livros) onde foram consultados os seguintes bases de busca acadêmica: Google Scholar, Web of Science, Scopus e Scielo. Para identificação do material a ser consultado foi usada uma variação da técnica de revisão sistemática. Foram realizadas buscas na Web of Science combinando os termos '*additive manufacturing*' e '*impact*', restringindo os resultados a artigos publicados em periódicos e conferências nos últimos 10 anos, e restringindo as categorias a '*engineering manufacturing*', '*engineering mechanical*', '*metallurgy metallurgical engineering*', '*engineering industrial*', '*business, management*', '*operations research management science*' e '*planning*'

development'. Em seguida, os 72 títulos dos artigos resultantes foram lidos e classificados entre 'muito relevante', 'relevante' e 'pouco relevante', assim foram excluídos aqueles que não se enquadraram no problema de pesquisa (identificação e discussão de impactos da tecnologia), ou seja, tipicamente artigos propondo métodos, técnicas, materiais, modelos e ferramentas para manufatura aditiva. A partir disso, os vinte artigos classificados como 'muito relevante' tiveram seus resumos lidos e reclassificados de 1 (pouco relevante) a 10 (muito relevante). Restaram oito artigos com nota superior a sete que foram lidos e analisados para a construção do 'roadmap'.

Ademais, a mesma sistemática foi realizada para a classificação de entrevistas e vídeos educacionais no Youtube, combinando palavras como '*additive manufacturing*', '*impact*', '*innovation*', '*3D printing*', '*roadmapping*', '*business models*' e '*metal printing*'. Como resultado da revisão foram classificados 62 vídeos e, por fim, assistidos e analisados 26 vídeos, totalizando 23 horas de conteúdos que posteriormente serviram de insumo para prospecção da tecnologia de impressão 3D. Os vídeos foram selecionados através dos critério de *ranking* da plataforma do Youtube e pela leitura dos títulos de vídeos indicados pela plataforma como relevantes. Além disso, também foram consultados fabricantes e provedores de tecnologia (empresas que produzam e/ou vendam tecnologias de manufatura para o setor metalomecânico) (MAGNAGO, 2016).

3.2 Prospecção sobre o futuro da tecnologia a partir do TRM

Posteriormente, a partir das informações levantadas, foi possível elaborar e testar um roteiro para guiar entrevistas semi-estruturadas que foram feitas com 11 profissionais que já trabalharam ou ainda trabalham na indústria de manufatura. Para a identificação de especialistas, foram realizadas consultas a sites de universidades locais (p.ex., Vitrine Tecnológica UFRGS, site PROPESQ, Diretório de Grupos de Pesquisa CNPq), usando as combinações de palavras-chave já citadas na etapa 3. Também, uma amostragem do tipo bola-de-neve, identificando especialistas através da indicação de profissionais já conhecidos pelo autor e assim por diante e consulta a profissionais do arranjo produtivo local, profissionais da área acadêmica (professores e pesquisadores), profissionais fornecedores de máquina de manufatura aditiva, e profissionais utilizadores das tecnologias de manufatura aditiva e tradicionais.

O roteiro de entrevista foi construído com base no roteiro utilizado para TRM por Magnago (2016) e no questionário elaborado por Arigony (2012) para análise de capacidade tecnológica. Este roteiro contempla perguntas relativas à identificação de dados socioeconômicos dos respondentes (tempo de experiência no setor de manufatura, situação de mercado, marca de máquina que mais utiliza, formação e local de atuação profissional); perguntas relativas ao futuro tecnológico visionado pela entrevistado em relação às máquinas de manufatura aditiva e às tecnologias de manufatura tradicionais; definição do período em anos para o futuro estimado da implementação de novas tecnologias; identificação de barreiras para a utilização da tecnologia em larga escala; setores da economia que mais serão afetados com a difusão de novas tecnologias; e fatores que influenciam a adoção de tecnologia. Um modelo de roteiro de entrevista pode ser visto no Anexo A. Por fim, foi realizada a interpretação, análise dos dados obtidos, e elaboração do modelo final de TRM abordando as camadas de tecnologia, mercado e conhecimento

4. Resultados

Seguindo a metodologia, esta pesquisa foi construída usando fontes secundárias, entre elas, consultas à profissionais das áreas de manufatura subtrativa, manufatura aditiva, periódicos acadêmicos e imprensa especializada. Ademais, as entrevistas foram realizadas de forma presencial e por chamadas de áudio, abrangendo 11 profissionais das áreas de manufatura entre eles engenheiros industriais, engenheiros mecânicos, engenheiros mecatrônicos, desenhistas, empresários e designers sendo 7 deles da região sul do Brasil, 1 do México e 2 dos Estados Unidos.

Visando orientar esta pesquisa para a identificação de oportunidades e aspectos chaves da impressão 3D no sistema de manufatura metalomecânico, os resultados foram descritos em três áreas, sendo elas: conhecimento, tecnologias e mercado. Cada uma das áreas foi novamente subdividida em grupos para facilitar a visualização das prospecções. Enfim, os resultados são apresentados de acordo com as linhas que compõem o *roadmap*.

4.1 Conhecimento

Esta seção apresenta panoramas e projeções relacionadas à regulamentação, aspectos legais e éticos, educação e parcerias.

4.1.1 Regulamentação

É cabível dizer que qualquer pessoa que tenha a mesma máquina e arquivo digital da peça original pode criar réplicas idênticas às originais sem grande conhecimento técnico, isso se deve pela capacidade de replicabilidade e o baixo custo técnico de *setup* das impressoras 3D (SRAI; KUMAR, 2016). Através da internet as barreiras para a disseminação de arquivos de impressão 3D tornam-se cada vez menores, portanto, dificultam a garantia de proteção de propriedade intelectual. Isto pode gerar fortes consequências para as empresas que dependem de segredos de processos. As empresas terão que criar técnicas para impedir que seus arquivos confidenciais sejam distribuídos na internet ou enviados para concorrentes. Além disso, as empresas terão que desenvolver técnicas de autenticação de peças, ou seja, desenvolver mecanismos de produção que possam diferenciar a proveniência das peças, garantindo a rastreabilidade do produto até o fabricante que produziu a mesma.

Por outro lado, a facilidade de colaboração, irá disseminar rapidamente os conteúdos 3D, o que pode impulsionar o desenvolvimento de comunidades que trabalham em conjunto para o desenvolvimento de novos produtos (GANZARAIN; IGARTUA-LOPEZ, 2016). Além de questões de mercado, também devem ser levadas em consideração questões éticas, como a possibilidade da impressão de partes humanas, impressões de armas de fogo e armas brancas. Por fim, regulamentos também podem ser estabelecidos para impulsionar a difusão de certificações de qualidade ISO, ou similares, e estabelecer padrões de qualidade para materiais e processos.

4.1.2 Educação e Parcerias

A manufatura aditiva até os últimos anos era restrita aos ambientes de alto nível acadêmico, mas com a diminuição de seus custos ela foi fortemente adotada por pesquisadores e profissionais de diversas áreas. Hoje, as técnicas de manufatura aditiva já fazem parte, em pequeno grau, dos currículos de profissionais das áreas de engenharia e design. Além disso, no Brasil, já existem cursos técnicos de prototipagem rápida e modelagem sendo lecionados por instituições como o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). O fato de que a manufatura aditiva agora está sendo lecionada em diferentes níveis acadêmicos, serve como indicador de que essa tecnologia já está se desenvolvendo naturalmente nos mais diversos setores da economia (TECH PRO

RESEARCH, 2017). Enfim, com a contínua difusão da tecnologia e redução de seus custos, as tecnologias de manufatura aditiva devem penetrar todos os níveis de educação incluindo até mesmo o ensino fundamental em um futuro próximo (ARCOS-NOVILLO, 2017). Enfim, além do desenvolvimento natural do mercado as iniciativas como Fab Labs (oficinas com diversas tecnologias que permitem que qualquer pessoa fabrique protótipos) e parcerias entre centros educacionais e empresas privadas, devem impulsionar o ecossistema de manufatura impulsionando o desenvolvimento das tecnologias de impressão 3D.

4.2 Tecnologias

Esta seção apresenta panoramas e projeções relacionadas às tecnologias de manufatura aditiva.

4.2.1 Manufatura Aditiva

Para que a manufatura aditiva ganhe espaço no ramo metalomecânico é necessário que a tecnologia consiga ultrapassar determinadas barreiras. As principais barreiras encontradas pelas tecnologias de manufatura aditiva são relativas ao tempo de produção, automação das etapas, restrições do tamanho da peça, custo e precisão (ATTARAN, 2017). O tempo de produção de uma peça ainda é relativamente alto quando comparados com as tecnologias de manufatura tradicional, portanto, a produção de grandes volumes a manufatura aditiva custa mais que a produção através de métodos convencionais. Por outro lado, para a produção de peças com design muito complexo e com volume baixo, a impressão 3D vem ganhando mercado em determinados nichos. Outro aspecto relevante, é o grau de automação das máquinas de impressão 3D, para que uma peça metálica seja impressa, por vezes, são necessárias diversas etapas subsequentes à impressão, como: remoção dos suportes, tratamento térmico, tratamento superficial, usinagem de acabamento e inspeção. Essas etapas subsequentes acabam elevando os custos de manufatura e a complexidade do processo em geral. Além de que, questões como tamanho e tolerâncias da peça ainda precisam ser desenvolvidos permitindo maior precisão na produção de peças e maior viabilidade para imprimir peças grandes como eixos para carros, chassis e etc.

Para que as barreiras citadas sejam vencidas é necessário que os métodos de impressão 3D como LOM e SLS consigam se desenvolver para suprir as necessidades de aumento na velocidade de produção, automação e redução de custos.

Técnicas novas como *CLIP* (para materiais plásticos) e *Single Pass Jetting* (para materiais metálicos) vem ganhando notoriedade por oferecerem velocidades até 10 vezes mais rápidas que os sistemas tradicionais de manufatura aditiva. Além disso, máquinas que não necessitam a ajuda de operadores para a realização do pós-processamento já começaram a ser vendidas em 2017, comprovando que a tecnologia de impressão 3D para metais está avançando não somente na área de pesquisa, mas também trazendo novas possibilidades para o mercado (DESKTOP METAL, 2017).

4.2.2 Materiais

O desenvolvimento de materiais para manufatura aditiva vem abrindo caminho para utilização de diversas ligas metálicas até então consideradas de difícil tratamento pelos métodos convencionais. Metais amorfos, superligas metálicas, são duas vezes mais fortes e dez vezes mais elásticas que ligas de aço de alta qualidade (MILLER, 2014). Além disso, metais biocompatíveis como Cromo-Cobalto agora são passíveis de impressão 3D, incentivando o desenvolvimento de produtos nas áreas da saúde. Outros avanços notáveis estão sendo feitos com materiais como: fibra de carbono, titânio, inconel e termoplásticos com base em grafeno (GIFFI; GANGULA; ILLINDA, 2016). A expectativa futura também inclui compostos de cerâmica e metais que combinam a resistência ao calor da cerâmica com a dureza dos metais, além de materiais que apresentam alta resistência e baixo peso como: fibra de carbono, fibra de vidro, Kevlar e grafeno (MOLITCH-HOU, 2016). Enfim, a consultoria PwC (EARLS & BAYA, 2014) aponta tendências para desempenho durante o processo de produção, desenvolvimento de materiais que irão favorecer a produção de geometrias complexas e alteração das propriedades dos materiais através de combinações entre materiais.

4.2.3 Software e Hardware

A técnica de manufatura aditiva permite que novos designs de peças e formas sejam produzidos mais facilmente. Entretanto, ainda é relativamente grande o grau de complexidade e nível técnico necessário para modelar desenhar peças em 3D. No lado dos *softwares*, programas de modelagem, simulação e escaneamento ainda precisam se desenvolver, visando facilitar o acesso a estas ferramentas por leigos. Uma das grandes apostas para o futuro da impressão 3D se encontra na modelagem e simulação de estruturas reticuladas (*Lattice Model*). Através de modelagem de peças por estruturas reticuladas, foram alcançados ganhos

de até 30% na capacidade de absorção de impacto das peças e diminuição de peso e material de até 60% (W. TONG, 2016). Além disso, *softwares* de simulação e modelagem tendem a utilizar técnicas de inteligência artificial para a criação de peças com melhores propriedades mecânicas e menores custos de produção (W. TONG, 2016).

Entretanto, os avanços trazidos pelos softwares necessitam de avanços de hardware para conseguirem se desenvolver plenamente. Isto é, *hardwares* de escaneamento 3D e até mesmo mecanismos de proteção de marca, serão peças chaves para que a indústria consiga se desenvolver de forma sustentável e adotar o processo de manufatura aditiva em larga escala.

4.3 Mercado

Nesta secção são apresentadas projeções de impacto da manufatura aditiva nos seguintes mercados: automotivo, aeroespacial, manufatura em geral e medicina.

4.3.1 Automotivo e Aeroespacial

Hoje, boa parte indústria aeroespacial assim como a indústria automotiva já utiliza o processo de manufatura aditiva como um dos principais processos para prototipagem de novas peças. Além disso, peças para grandes aviões, carros personalizados e naves espaciais, ou seja, peças de complexidade média-alta, com baixo volume já estão sendo produzidas por métodos de manufatura aditiva. A utilização da manufatura aditiva nestes setores começa a reduzir o *lead-time* de produção e a diminuir o peso total das peças, conseqüentemente, criando máquinas mais leves e aumentando sua eficiência energética (ARCOS-NOVILLO, 2017).

4.3.2 Manufatura

No setor de manufatura, a tecnologia de impressão 3D deve começar a ser adotada de forma complementar aos métodos de manufatura tradicionais. No setor de sinterização, forja e fundição, empresas já começam a utilizar a manufatura aditiva para criar moldes de produção, portanto, diminuindo os custos de criação do molde e o tempo total de produção da peça (ATTARAN, 2017). Em outros setores como o de usinagem, dispositivos e fixadores que aumentam a produtividade de centros de usinagem para produções em larga escala já estão sendo feitos através de manufatura aditiva, assim como, gabaritos de medição para a inspeção de qualidade de peças específicas.

Além disso, algumas empresas já discutem os impactos que a impressão 3D pode causar nos setores de reposição de peças. O processo de reposição de peças por impressão 3D seria capaz de diminuir drasticamente os estoques necessários para reposição e além disso, permitir que áreas de difícil acesso também possam comprar peças de reposição por preços acessíveis (ARCOS-NOVILLO, 2017).

4.3.3 Medicina

A indústria médica encontrou maneiras revolucionárias de se beneficiar da manufatura aditiva. Fabricação de implantes personalizados, tais como aparelhos auditivos e próteses foram os primeiros mercados abertos a serem estudados. Os fabricantes e médicos agora podem verificar um paciente usando o *software* de CAD e produzir um implante ou prótese que se ajuste ao indivíduo (ATTARAN, 2017). Os implantes e gabaritos feitos sob medida irão reduzir o tempo e custo de cirurgias, bem como reduzir o risco de complicações pós-operatórias. Além disso, placas para proteção contra radiação em tratamento de câncer e próteses já estão em fase de teste em diversos centros médicos ao redor no mundo (TAVAKOLI, M.; LOURENÇO, J. , 2017).

4.4 Roadmap

Como resultado da técnica de TRM, através da revisão sistemática e das entrevistas realizadas foi criado o modelo final do *roadmap*, visível na Figura 2. A figura mostra de maneira mais clara e intuitiva as informações levantadas durante a pesquisa, evidenciando as principais prospecções para o futuro da impressão 3D para o período de 2020 até 2030.

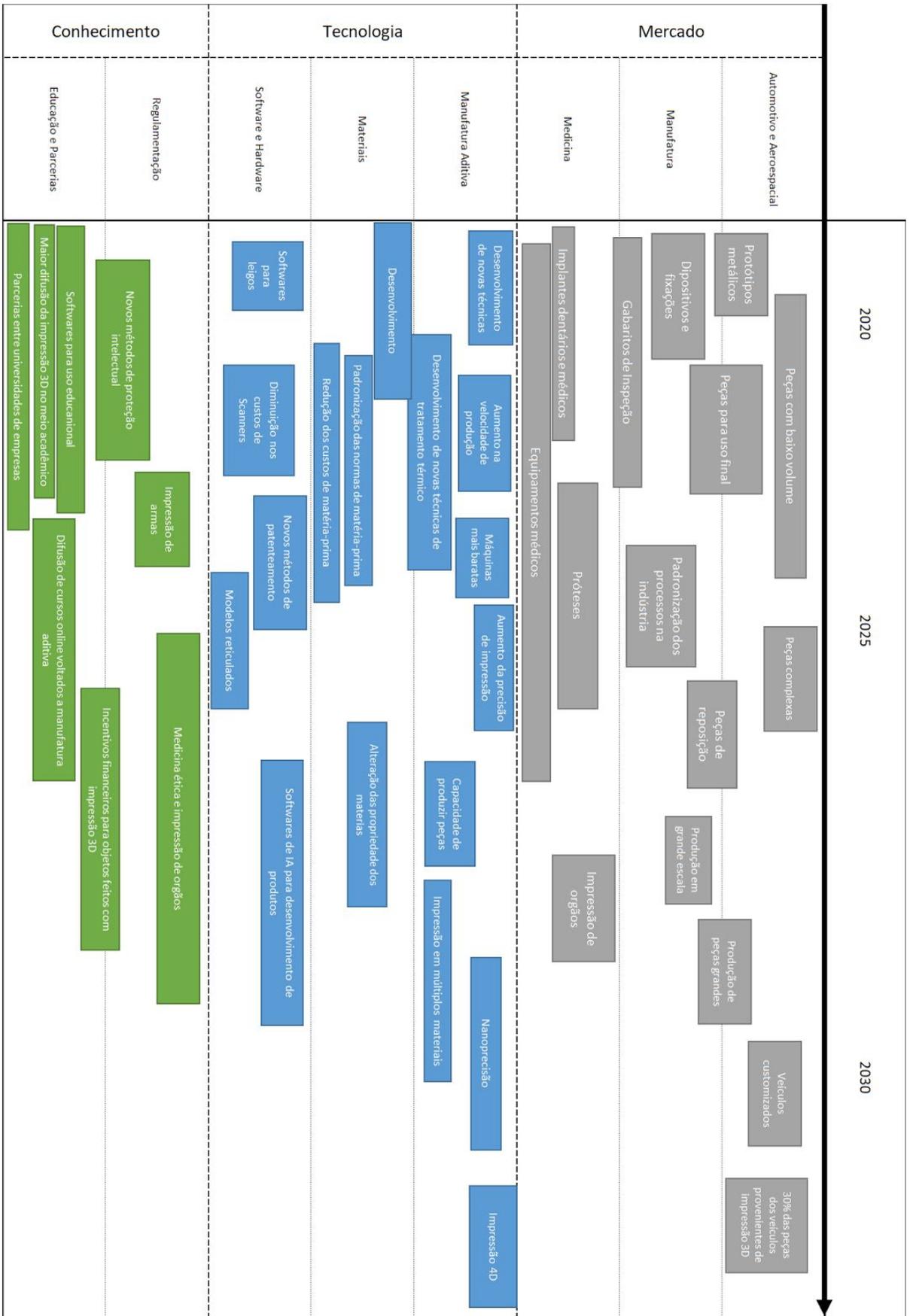


Figura 2 – Prospecções sobre o futuro da impressão 3D. (Fonte: Elaborado pelo Autor).

5. Conclusão

A tecnologia de impressão 3D se mostra como um proeminente avanço para o setor de manufatura. Por mais que esta tecnologia, ainda esteja em um momento de desenvolvimento e difusão no mercado mundial, exemplos de seus benefícios para produção de peças finais estão crescendo significativamente. Porém, para que esta tecnologia pare de ser vista como apenas um meio para criar protótipos, ainda são necessários avanços técnicos para que os custos de produção sejam reduzidos e a velocidade de impressão seja aumentada. Por outro lado, mercados que consomem peças customizadas com alto valor agregado já começam a ter suas necessidades supridas por fornecedores de serviços de impressão 3D.

Enfim, existem enormes oportunidades em uma variedade de indústrias para que as tecnologias de impressão 3D façam um impacto substancial sobre a forma como os produtos são fabricados. Porém, os especialistas acreditam que o setor manufatureiro metalomecânico tradicional não será fortemente impactado pela manufatura aditiva nos próximos 10 anos. Ao invés disso, a manufatura aditiva irá complementar as capacidades produtivas atuais, aumentando os níveis de produtividade e qualidade. Ademais, a tecnologia de manufatura aditiva para metais irá se estabelecer em nichos de mercado ainda não desenvolvidos ou então em nichos que são mal atendidos pelos métodos de manufatura tradicionais.

Para trabalhos futuros, sugere-se a análise de patentes das tecnologias de manufatura aditiva, visando entender quais são as principais técnicas e materiais existentes no mercado e quais os seus possíveis impactos. Outro ponto sugerido é o aumento do número de entrevistas realizadas com acadêmicos, considerando que, para este artigo, apenas um profissional da área acadêmica foi entrevistado. Além disso, pesquisas que avaliem o impacto da impressão 3D em outros cenários (biologia, serviços, alimentos construção civil), podem gerar resultados complementares a esta pesquisa.

6. Referências Bibliográficas

ARCOS-NOVILLO, DAVID A.; GÜEMES-CASTORENA, DAVID. Development of an additive manufacturing technology scenario for opportunity identification—The case of Mexico, In *Futures*, v.90, p. 1-15, 2017.

ARIGONY, J. Complexidade e capacidade tecnológica: uma análise no setor metalmeccânico da indústria do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS/Escola de Administração, 2012.

ATTARAN, M. The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing. *Business Horizons*, v. 60, p. 677-688, 2017.

BARRA, S.R. Introdução aos Processos de Fabricação dos Metais. Universidade federal do Rio Grande do Norte/Engenharia de Materiais, 2013.

BRAY, O.H.; GARCIA, M.L., 'Technology roadmapping: the integration of strategic and technology planning for competitiveness', *Proceedings of the Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*, 27-31st July, 1997.

BROWN, D.; Mechanical Milkman Allows Farmers a lie in. *The Daily Telegraph*, 1993, vol. 107, pp. 182-204.

BRYNJONLFSSON E.; MCAFEE, A. *The Second Machine Age – Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. New York: W. W. Norton Company, 2014. 336p.

COCCIA, M. Measuring the Impact of Sustainable Technological Innovation. *Int. J. Technology Intelligence and Planning*, Vol. 5, No. 3, pp.276–288, 2009.

CRUZ, M. O Ciclo de Adoção de Inovação, 2013. Disponível em: <<https://afrontablog.com/2013/10/11/o-ciclo-de-adocao-de-inovacao>>. Último acesso em 24/07/2017

CZINGER, K. 2 the art of manufacturing: entrepreneurship - business - innovation: Divergent 3D and Jeff Krause: SME; 2017 Disponível em <<https://makeitinla.org/podcast/kevin-czinger-divergent-3d/>> Último acesso em 18/11/2017.

DEDEHAYIR, Ozgur; STEINERT, Martin. The hype cycle model: A review and future directions. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 108, p. 28-41, 2016.

DELFINO, R. Technology Roadmapping em prol do desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos. *Rada Inovação*. Julho de 2010.

DESKTOP METAL. Desktop Metal Is Set to Change How Metal Is Manufactured with the Fastest Metal 3D Printing System in the World. Disponível em <<http://www.makepartsfast.com/desktop-metal-expanding-internationally/>> Último acesso em 18/11/2017.

DURÃO, C. S.; et al., Distributed Manufacturing of Spare Parts Based on Additive Manufacturing: Use Cases and Technical Aspects, In *Procedia CIRP*, Volume 57, Pages 704-709, 2016.

EARLS, A.; BAYA V. The road ahead for 3-D printers. Disponível em

<<http://usblogs.pwc.com/emerging-technology/the-road-ahead-for-3d-printing/>> Último acesso em 18/11/2017.

GANZARAIN, J.; IGARTUA-LOPEZ, J; et al. Barnelkar: A Collaborative university-industry learning experience to boost diversification strategy in smes, 2016.

GARCIA, M.L.; BRAY, O.H. Fundamentals of technology roadmapping. Report 970665, Sandia National Laboratories, 1997.

GIFFI, C.; GANGULA, B.; ILLINDA, P. 3D opportunity in the automotive industry. Delloitte University Press, 2016. Disponível em:

<https://dupress.deloitte.com/content/dam/dup-us-en/articles/additive-manufacturing-3d-opportunity-in-automotive/DUP_707-3D-Opportunity-Auto-Industry_MASTER.pdf> Último acesso em 18/11/2017.

GOMES, F. “O Modelo de Inovações, Estratégia e a Inovação”, 190 p., Rio de Janeiro, 2007.

GROOVER, M. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials 4th edition, Process and Systems. Printed in the United States of America. 2010.

KAPPEL, T.A. Perspectives on roadmaps: how organizations talk about the future. Journal of Product Innovation Management Vol 18, n. 1, p. 39-50, 2001.

LEE, S., PARK, Y. Customization of technology roadmaps according to roadmapping purposes: Overall process and detailed modules. Technological Forecasting & Social Change 72, p. 567–583, 2005.

LICHTENTHALER, E. Technological change and the technology intelligence process: a case study. Journal of Engineering and Technology Management vol. 21, pp. 331–348.

MAGNAGO, P. Procedimentos para avaliação tecnológica de equipamentos médico-hospitalares: um estudo aplicado à hemodiálise. Porto Alegre: UFRGS/PPGEP, 2016.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. Manufacturing the future: The next era of global growth and innovation. McKinsey Report, 2012. 184 p.

ORR, G. Diffusion of Innovation, by Everett Rogers, 2003. Disponível em: <<https://web.stanford.edu/class/symbssys205/Diffusion%20of%20Innovations.htm>>. Último acesso em 18/07/2017.

MILLER, R. Additive Manufacturing (3D Printing): Past, Present and Future. 2014. Disponível em:

<<https://www.industrialheating.com/articles/91658-additive-manufacturing-3d-printing-past-present-and-future>> Último acesso em 23/11/2017.

MOLITCH-HOU, M. Best 3D Printer Materials: Carbon Fiber Edition. Postado em Agosto 23, 2016. Disponível em: <<https://www.engineering.com/3DPrinting/3DPrintingArticles/ArticleID/12957/Best-3D-Printer-Materials-Carbon-Fiber-Edition.aspx>> Último acesso em 23/11/2017.

NASCIMENTO, A. A. Tendências Tecnológicas em Prototipagem Rápida e Manufatura Aditiva. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2013

PHAAL, R.; FARRUKH, C.J.P; PROBERT D.R. Technology roadmapping—A planning framework for evolution and revolution. *Technological Forecasting & Social Change* 71, p. 5–26, 2004.

RAYNA, T; STRIUKOVA, L. From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation. *Technological Forecasting & Social Change*, 2015.

ROGERS, E. M. Diffusion of innovation (Rev. ed.). 1995. New York, NY: Free Press.

SAVERY, C. Innovators or Laggards: Surveying Diffusion of Innovations by Public Relations Practitioners. Tese (Mestrado em Artes), Universidade de Akron, Akron, 2005.

SHAPIRA, Philip; GÖK, Abdullah; SALEHI, Fatemeh. Graphene enterprise: mapping innovation and business development in a strategic emerging technology. *Journal of Nanoparticle Research*, v. 18, n. 9, p. 269, 2016.

SRAI, J. S.; KUMAR, M., ET AL. (2016). Distributed Manufacturing: scope, challenges and opportunities. *International Journal of Production Research*, vol. 54, n. 23, 2016.

TAVAKOLI, M.; LOURENÇO, J.; ALMEIDA, A. "3D printed endoskeleton with a soft skin for upper-limb body actuated prosthesis," *2017 IEEE 5th Portuguese Meeting on Bioengineering (ENBENG)*, Coimbra, pp. 1-5, 2017,.

TECH PRO RESEARCH. Research: 3D Printing 2017: Benefits, trends, enterprise applications, 2017. Disponível em: <<http://www.techproresearch.com/downloads/research-3d-printing-2017-benefits-trends-enterprise-applications/>> Último acesso em 18/11/2017.

WU, DAZHON et al. Cloud-based design and manufacturing: A new paradigm in digital manufacturing and design innovation. *Computer-Aided Design*, v. 59, p. 1-14, 2015.

WU, TONG. et al, Multiphase topology optimization of lattice injection molds, In *Computers & Structures*, v. 192, 2017.

ZHANG, YI et al. An Yan Triple Helix innovation in China's dye-sensitized solar cell industry: hybrid methods with semantic TRIZ and technology roadmapping. Springer

Published online: 20 July 2013.

ZAWISLAK, P. A. Gestão da Inovação Tecnológica e Competitividade Industrial: uma proposta para o caso brasileiro. *Organizações & Sociedade*, vol. 2, n. 3, pp. 35-66, 1994.

ANEXO A - INVESTIGAÇÃO SOBRE A MANUFATURA ADITIVA (ROTEIRO SEMI-ESTRUTURADO)

DADOS DO RESPONDENTE

Perguntas relativas a identificação de dados socioeconômicos dos respondentes.

1. Formação Acadêmica:
2. Segmento(s) de mercado nos quais já trabalhou:
3. Idade:
4. Tempo de atuação na área:
5. Área em que trabalha atualmente:
6. Quais os principais meios para se manter informado sobre novas tecnologias (jornal, exposições, sites especializados, etc.)?
7. De 1 a 5, o quão familiar você é com os seguintes métodos de manufatura:

Fundição - Laminação - Estampagem - Torneamento - Retificação - Metalurgia do Pó - Manufatura Aditiva/ Impressão 3D - Sistema de Manufatura Flexível - FMS (*Flexible Manufacturing System*)

DADOS DA EMPRESA

Perguntas relativas a identificação de dados socioeconômicos das empresas (tempo de experiência no setor de manufatura, marca de máquina que mais utiliza, formação e local de atuação profissional).

8. Nome da Empresa:
9. Segmento(s) de Mercado que atende:
10. Idade da empresa:
11. Tamanho: Micro, Pequena, Média ou Grande

12. Quais os principais métodos de manufatura fornecidos pela empresa?
13. Quais as principais técnicas de manufatura que seus fornecedores utilizam?
14. Como são os recursos tecnológicos para o processo de produção (máquinas e recursos)?

PLANEJAMENTO TECNOLÓGICO

Perguntas relativas ao futuro tecnológico visionado pela empresa em relação às máquinas de manufatura aditiva e às tecnologias de manufatura tradicionais; definição do período em anos para o futuro estimado da implementação de novas tecnologias; identificação de barreiras para a utilização da tecnologia em larga escala; setores da economia que mais serão afetados com a difusão da nova tecnologia;

15. Que tipo de investimentos trariam melhorias no processo de fabricação utilizado pela empresa?
16. Que tipo de tecnologias poderiam ajudar a evolução das tecnologias de manufatura atuais?
17. Como você acha que as máquinas de manufatura serão no futuro?
18. Quais as maiores vantagens e desvantagem do método de manufatura utilizado por sua empresa?
19. Quais as barreiras para a utilização das tecnologias de manufatura aditiva em larga escala?
20. Quais os fatores mais custosos no seu processo de manufatura (tempo, MdO, MP, manutenção)?