

ROADMAPPING TECNOLÓGICO A PARTIR DE PROSPECÇÃO EM DOCUMENTOS CIENTÍFICOS: ESTUDO DE CASO PARA O SETOR DE MANUFATURA HÍBRIDA

ANDREZZA LEMOS RANGEL DA SILVA

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Núcleo de Estudos Industriais e Tecnológicos – NEITEC, Escola de Química, Departamento de Processo Orgânicos, Brasil
alrsilva@ufrj.br

SUZANA BORSCHIVER

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Núcleo de Estudos Industriais e Tecnológicos – NEITEC, Escola de Química, Departamento de Processo Orgânicos, Brasil
suzana@eq.ufrj.br

RESUMO

A prospecção de tecnologia por meio da gestão de informação contida em documentos como patentes e artigos é extremamente útil para inferir o estado da arte de determinado setor, com o objetivo de gerar informações sobre a sua trajetória passada, presente e sobre as tendências futuras de mercado. O objetivo do presente estudo é apresentar uma metodologia de gestão da informação, dividida em três etapas, sendo a última delas a elaboração de um *roadmap* tecnológico. Para tal, utilizou-se o setor de manufatura híbrida como estudo de caso, para o qual foram analisados 39 artigos e 48 patentes depositadas. A análise estratégica do *roadmap* construído permitiu identificar contribuições de grandes instituições para o estado da arte do setor, como por exemplo, o instituto alemão Fraunhofer, que tem participação atual com estudos de processos, materiais e ferramentas e, no longo prazo, identificado por suas patentes, perspectivas de participação no mercado com processos e materiais.

Palavras chave: *technology roadmap*; mapeamento tecnológico; prospecção tecnológica; manufatura híbrida

1. INTRODUÇÃO

Os estudos de prospecção tecnológica, também chamados de *forecast(ing)*, *foresight(ing)* ou *future studies*, fornecem as principais tendências do estado da arte de um setor, produto, tecnologia, seja no contexto mundial, seja em uma análise corporativa e/ou segmentada. Estes estudos auxiliam a identificação de tecnologias promissoras, úteis para uma determinada organização ou país, bem como apontam para possibilidades de parcerias. A sistematização da prática de monitoramento tecnológico, a ser coberta pela prospecção tecnológica e de inovação, visa congrega a busca de soluções adequadas para a identificação e priorização de uma agenda de P&D e de melhor alocação de recursos financeiros e de políticas públicas (BORSCHIVER e SILVA, 2016).

A literatura cita inúmeros métodos de prospecção tecnológica, tais como a análise de cenários,

entrevista com especialistas, construção de matriz SWOT, a técnica de *brainstorming* metodologia Delphi, dentre outras. O objetivo do presente estudo é apresentar uma construção metodológica conjugando dois métodos prospectivos: a análise quantitativa e qualitativa de informação científica (artigos e patentes), também conhecida como bibliometria e patentometria, e o *Roadmapping* Tecnológico.

No que tange às informações científicas e tecnológicas, pode-se destacar o uso de artigos científicos (importante fonte de informações tecnológicas provenientes do meio científico), encontrados por meio de ferramentas de buscas, como Scopus e Science Direct, e o uso de bases de patentes, como o Espacenet, da União Européia, o USPTO, dos Estados Unidos, e o INPI do Brasil.

Um dos mecanismos mais utilizados pela comunidade científica para a disseminação dos resultados das pesquisas é a publicação de artigos em periódicos científicos. Os resultados de uma pesquisa científica necessitam ser formalmente divulgados para assegurar a autoria de quem os desenvolveu (PIZZANI et al., 2008). Pela sua condição de fonte de informação original e de qualidade, constitui-se como um veículo de transmissão do conhecimento produzido pelos pesquisadores, servindo de literatura-base para corroborar os estudos já existentes e inspirar novas pesquisas.

Por outro lado, uma das formas de se verificar o desenvolvimento tecnológico sobre uma determinada tecnologia é a análise dos documentos de patente. Os pedidos de patente depositados em um determinado país são considerados pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), governos e também por estudiosos em geral como um indicador dos avanços tecnológicos desse país (MUELLER, 2005). As patentes apresentam-se como excelentes indicadores de inovação, pois podem servir para medir os resultados de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), produtividade, estrutura e o desenvolvimento de uma tecnologia/indústria específica. Em virtude da relação existente entre as atividades de P&D e o número de pedidos de patente, é possível comparar, monitorar e analisar as atividades de pesquisa em uma área temática específica ou um novo setor. Estatísticas em patentes têm sido usadas como indicadores de resultados em atividades relacionadas à inovação. O número de patentes concedidas a uma dada empresa ou em um determinado país reflete o vigor tecnológico. Um exame nas tecnologias patenteadas pode produzir indicações da direção de mudanças tecnológicas (ALENCAR et al., 2007).

A avaliação dos dados coletados é uma fase muito importante, consistindo da análise dos mesmos para verificar sua relevância. Na interpretação dos dados, deve haver uma profunda preocupação com a agregação de valor às informações, característica principal dos serviços de informação. O valor agregado das informações contidas nas fontes anteriormente citadas depende da compilação e análise das mesmas, sendo extremamente importante o monitoramento da informação, tendo em vista os objetivos da organização em termos de atuação no mercado.

Desta forma, a prospecção de tecnologia por meio da gestão de informação, recorrendo-se a diferentes fontes, como patentes e artigos, é extremamente útil para inferir o estado da arte de determinado setor, com o objetivo de gerar informações sobre a sua trajetória passada, presente e sobre as tendências futuras de mercado.

Dentro da visão de prospectiva tecnológica e suas ferramentas, é possível inserir, com grande destaque pelo seu desempenho, a ferramenta do *roadmap*, que tem como grande vantagem sua abrangência e versatilidade pois, além da análise do ambiente, possibilita monitoramento de

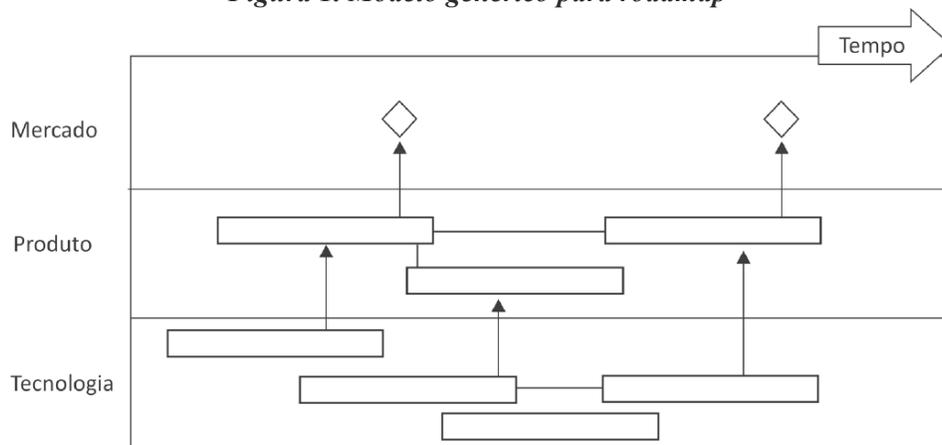
concorrentes ao longo do tempo, estabelecer tendências de mercado, estudar trajetórias tecnológicas, perfil das empresas e identificação de oportunidades de novos negócios.

O *Technology Roadmapping* (TRM) é uma técnica de planejamento e gerenciamento corporativo, que vêm sendo utilizada para alinhar objetivos organizacionais e recursos tecnológicos em empresas de manufaturas e de serviços. Importante método para desencadear o planejamento tecnológico colaborativo, o grande advento da sua aplicação nas empresas em nível mundial reside no fato de ser um processo dinâmico, que possibilita a experiência de pessoas trabalharem em conjunto e traçarem caminhos para o alcance dos seus objetivos.

O método serve para auxiliar na estruturação do processo de planejamento de uma instituição, indústria ou empresa, permitindo a visualização de lacunas no planejamento estratégico, através do alinhamento entre objetivos futuros e atividades presentes na organização. Isso permite a identificação e priorização de vantagens competitivas sustentáveis e a alocação correta de recursos humanos e tecnológicos.

Os *roadmaps* podem ter várias formas de apresentação, mas a aproximação mais comum é a do roadmap genérico (Figura 1), que consiste em uma representação gráfica baseada no tempo, compreendendo um número de camadas que tipicamente incluem perspectivas comerciais e tecnológicas (PHAAL et al., 2001). Para KAPPEL (2001), os *roadmaps* devem conter os parâmetros-chave mercado, produto e tecnologia ao longo do tempo para uma parte do negócio.

Figura 1. Modelo genérico para roadmap



Fonte de informação: Adaptado de PHAAL et alii (2003).

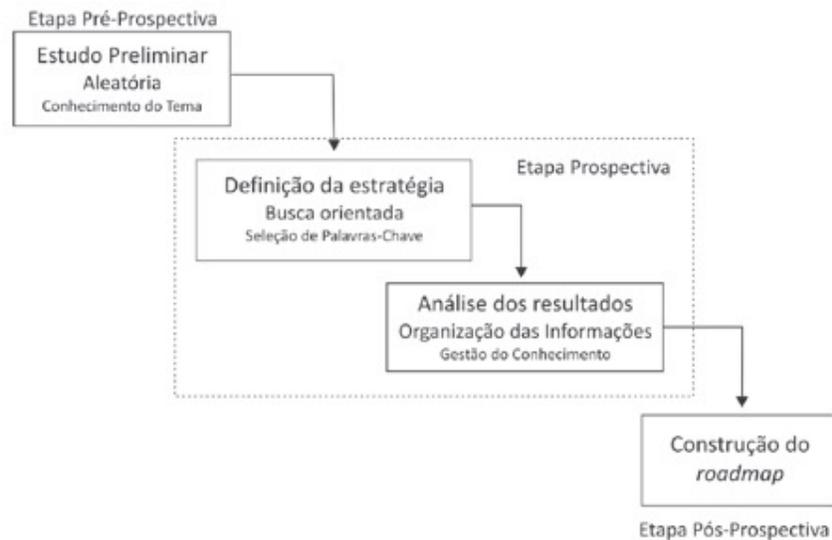
Para melhor ilustrar a conjugação dos dois métodos apresentados, será explorado o caso prático de identificação de tendências tecnológicas para a indústria de manufatura, mais especificamente para o segmento de manufatura híbrida, de modo a suportar o processo de decisão de investimentos e alocação de recursos, em apoio ao setor industrial. O produto final, o *roadmap* tecnológico, apresentou os resultados em uma análise temporal, relacionando-os com fatores críticos referentes a mercado, produto e tecnologia.

2.METODOLOGIA

2.1. Aspectos gerais

A metodologia utilizada no presente estudo é composta por três etapas bem definidas, para identificação e análise das informações. A figura 2, a seguir, apresenta uma síntese destas etapas.

Figura 2. Organização do estudo



Fonte de informação: BORSCHIVER e SILVA, 2016

A primeira fase, chamada “Etapa Pré-prospectiva” consiste em uma pesquisa preliminar. É uma fase de busca geral sobre o assunto objeto de estudo, para identificar os principais aspectos conceituais, definir a abordagem do estudo e a estratégia de busca de documentos para a próxima etapa. A segunda fase, “Etapa Prospectiva”, é baseada em uma metodologia definida com base nas informações da fase anterior, com palavras-chave específicas (busca mais direcionada) e buscas de documentos técnicos (artigos científicos e patentes), acompanhada de uma análise detalhada, em que os documentos encontrados são analisados segundo critérios, tais como ano de publicação, país de origem, tipo de autor e foco sobre o objeto de estudo. E, finalmente, a última fase é “Etapa Pós-prospectiva”, onde todas as análises originadas nas etapas anteriores são dispostas em um mapa de acordo com a evolução temporal das tendências observadas. Todas essas etapas serão detalhadas em cada capítulo específico e ao longo do desenvolvimento do trabalho (BORSCHIVER e SILVA, 2016).

Importante destacar que o *Roadmap* Tecnológico será estruturado organizando-se os principais atores identificados durante a pesquisa (empresas, universidades, centros de pesquisa, governo), de acordo com o horizonte temporal, relacionando-os aos *drivers* de Mercado, Produto e Tecnologia, obtidos da etapa de prospecção tecnológica. Os estágios que farão parte do *Roadmap* e os seus respectivos conteúdos serão: “Estágio atual”, onde são apresentados os atores que já estão atuando na área do estudo e que são identificados por meio de mídia especializada, documentos de feiras e conferências e associações de classe, além dos documentos de artigos, e diretórios de empresas,

principalmente quando se trata de alguma publicação já em etapa comercial; “Curto prazo”, onde são mostrados os atores identificados por meio das informações das patentes concedidas; “Médio prazo”, onde são mostrados os atores identificados por meio das informações das patentes solicitadas; e “Longo prazo”, onde são mostrados os atores identificados por meio dos artigos científicos, com informações de pesquisas de bancada, testes e análises (BORSCHIVER e SILVA, 2016).

2.1. Etapa Pré-Prospectiva – Definição das palavras-chave

Conforme dito no tópico anterior, é nesta etapa em que se constrói o fundamento teórico do setor industrial ou da empresa a ser estudada. No caso do presente trabalho, originado de um estudo realizado pela equipe do Núcleo de Estudos Industriais e Tecnológicos (NEITEC-UFRJ) (www.neitec.com) para o Instituto Senai de Inovação em Laser, em 2016, analisaremos o setor de manufatura híbrida, um setor emergente e bastante importante para a indústria nacional.

Segundo a norma Alemã DIN 8580, o termo usinagem aplica-se a todos os processos de fabricação onde ocorre a remoção de material sob a forma de cavaco, que é caracterizando por apresentar forma geométrica irregular (BORGES, 2009).

De acordo com a literatura, o processo de usinagem pode ser dividido em convencional e não convencional. No processo convencional de usinagem, também denominado tradicional, a remoção do material ocorre através da interferência entre a ferramenta e a peça, sendo a ferramenta constituída de um material de dureza e resistência muito superior a do material da peça. Essa ferramenta deve ser penetrada na peça de trabalho a uma determinada profundidade. Além disso, um movimento relativo entre a ferramenta e a peça é responsável por gerar a forma desejada. A ausência de qualquer um desses elementos em qualquer processo de usinagem, como a ausência de contato ferramenta de peça ou movimento relativo, torna o processo um não-tradicional (EL-HOFY, 2005). São exemplos de processos convencionais: torneamento; fresamento; furação; retificação; mandrilamento; serragem; dentre outros.

A melhoria das propriedades mecânicas, térmicas e químicas dos novos materiais de engenharia tornou impossível a usinagem utilizando processos convencionais de corte. Os métodos de usinagem não convencionais desempenham um importante papel nas indústrias automobilística, aeroespacial, de moldes e de ferramentas (EL-HOFY, 2005) e são classificados de acordo com o tipo de energia utilizada para a usinagem dos materiais de trabalho, como:

- Mecânico - *Ultrasonic machining* (USM); *Water jet machining* (WJM); *Abrasive jet machining* (AJM).
- Térmico – *Electrical discharge machining* (EDM); *Electron beam machining* (EBM); *Laser beam machining* (LBM).
- Químico – *Chemical machining* (CHM); *Photo chemical machining* (PCM) (EL-HOFY, 2005).

Com o contínuo desenvolvimento da tecnologia e da crescente demanda por parte dos consumidores, as exigências são cada vez mais rigorosas nos processos de manufatura. Melhorar a produtividade está se tornando cada vez mais importante, assim como o consumo de energia e impacto ambiental. Muitas vezes os processos de usinagem convencional e não convencional possuem limitações, como a quantidade de peças a serem produzidas e a qualidade da superfície.

Para superar estas limitações, dois ou mais processos de fabricação podem ser combinados para formar um processo de manufatura híbrida, explorando as vantagens de um determinado processo de superar as limitações de outros (CHU et alli, 2014).

A partir da busca geral para entendimento do tema “manufatura híbrida”, foi feita uma pré-seleção de processos a serem estudados, limitando o escopo do presente estudo as palavras-chaves descritas na Tabela 1, a seguir. Vale ressaltar que, como o foco do estudo é a manufatura híbrida, a busca de informações na etapa prospectiva se deu pelo cruzamento entre as palavras-chaves de cada coluna da referida tabela.

Tabela 1. Palavras-chave – definição do escopo

Manufatura a laser	Processos de usinagem
Laser + “Additive Manufacturing” SLM or “Selective Laser Melting” SLS or “Selective Laser Sintering” LMD or “Laser Metal Deposition”	“Subtractive Manufacturing” Machining Milling Drilling Turning Cutting EDM or “Electrical Discharge Machining”

Fonte de informação: Elaboração própria.

2.2. Etapa Prospectiva – Busca de documentos técnicos

A metodologia de pesquisa, empregada na fase de mapeamento de artigos científicos, consistiu em busca por palavras-chave na base de dados Scopus (<http://www.scopus.com/>), selecionada pela sua grande abrangência, facilidade de *download* de uma grande quantidade de documentos, alta relevância dos artigos científicos e análises macro facilitadas pela própria estrutura do site.

Para o estudo de patentes, duas bases de dados foram utilizadas para a realização das buscas de documentos. A primeira se refere a ESPACENET (worldwide.espacenet.com), do escritório de patentes europeu, selecionada pela abrangência de sua base de dados, que possibilita a busca de documentos protegidos no âmbito da World Intellectual Property Organization (WIPO). A segunda é a do escritório norte americano de patentes (United States Patent and Trademark Office – USPTO – disponível em www.uspto.gov), foi utilizada de forma complementar para identificação de patentes concedidas, tendo sido selecionada devido a relevância do mercado norte americano, que faz com que os inventores desejem proteger suas invenções neste território.

Para a análise de artigos, 3 estratégias de buscas foram estabelecidas de forma a maximizar a quantidade de resultados relevantes ao estudo.

Tabela 2. Resultados das buscas de artigos

Estratégia	Busca	Resultados	Artigos Relevantes
1	(additive manufacturing OR slm OR "Selective laser melting" OR sls OR "selective laser sintering" OR lmd OR "laser metal deposition") AND ("subtrative manufacturing" OR machining OR milling OR drilling OR turning OR cutting OR edm OR "electrical discharge machining") AND hybrid	22	2
2	("Selective laser melting" OR "selective laser sintering" OR "laser metal deposition") AND (machining OR milling OR drilling OR turning OR cutting OR edm OR "electrical discharge machining")	88	20
3	("Selective laser melting" OR "powder bed fusion" OR "laser sintering") AND (milling OR drilling OR turning OR cutting OR edm OR "electrical discharge machining" OR hybrid)	102	17
	Total	212	39

Fonte de informação: Elaboração própria.

Vale ressaltar que, para as estratégias apontadas na Tabela 2, foram aplicados filtros para refinamento da busca, restringindo o aparecimento das palavras-chave em “*Article Title, Abstract, Keywords*” e documentos do tipo *Article* or *Review*. A restrição temporal foi o intervalo de tempo entre 2010 –2016 (novembro). Foi analisado um total de 39 artigos.

Tendo ainda como referência a delimitação de escopo apresentada na Tabela 1, foram estabelecidas 21 estratégias de buscas para patentes concedidas e patentes solicitadas, resultando em 316 documentos, sendo 48 patentes solicitadas consideradas relevantes, por estarem dentro do escopo e por não serem repetidas entre si e nenhuma patente concedida.

Na tentativa de identificar documentos relevantes para patentes concedidas, foram realizadas buscas na base de dados do USPTO, através do recurso de “busca avançada”, de forma a possibilitar a delimitação de escopo coerente com o presente estudo. Mais uma vez, não foram identificados resultados relevantes para o presente trabalho.

2.3. Etapa Pós-Prospectiva – Roadmap Tecnológico

O mapa tecnológico foi dividido em faixas (eixo horizontal) e colunas (eixo vertical) e o software utilizado para organização final foi Microsoft® Visio® 2013 - Microsoft® Office.

O eixo horizontal retrata a divisão de tempo utilizada, descrita a seguir:

- Estágio atual + Curto prazo (0-5 anos): onde são mostrados os *players* no momento atual, com tecnologias que são parte do escopo do estudo. Nesse caso, as principais empresas e universidades foram identificadas através de ferramentas públicas de buscas, que trazem

publicações do tempo presente. Por se tratar de uma tecnologia com baixo grau de maturidade e, portanto, com baixa difusão tecnológica, foram identificados players que atuam com os processos não híbridos, de forma que estes são potenciais parceiros para o desenvolvimento das tecnologias híbridas. Devido a não identificação de patentes concedidas, assumiu-se que o curto prazo será composto pelos *players* que atuam no estágio atual e, por isso, os dois períodos temporais estão sendo apresentados em conjunto no mapa.

- Medio prazo (5-10 anos): onde são mostrados os *players* que estarão atuando em um cenário de médio prazo. Neste caso, a informação analisada foi obtida a partir de patentes depositadas/solicitadas.
- Longo Prazo (>10 anos): onde são mostrados os *players* em um cenário de longo-prazo. Neste caso, a informação analisada foi obtida a partir de artigos científicos.

É importante ressaltar que, devido ao número de documentos identificados no estudo, para não prejudicar a qualidade de visualização do *Roadmap*, foi necessário estabelecer um critério de seleção dos documentos para construção do mapa.

Para a construção do estágio atual, foram identificados por meio dos *websites* das empresas, centros de pesquisas e artigos atuais, os *players* que já utilizam as tecnologias estudadas. Para o médio prazo, como tem-se apenas 3 países dentre os depositantes das patentes, foram selecionadas todas as empresas e universidades da Alemanha, a empresa dos Estados Unidos e as empresas e universidades que se destacaram na China. No longo prazo, considerando os países que se destacaram, foram escolhidos os centros de pesquisas e universidades com mais de um artigo publicado e todas as empresas identificadas.

O eixo vertical foi dividido em três seções que correspondem às seguintes categorias: “Áreas de estudo”, “Setores de Atuação” e “Processos”, conforme descrito abaixo:

- “Área de Estudo”: contém os assuntos principais estudados pelas empresas, universidades e centro de pesquisas. As taxonomias apontadas são: Aplicação, Ferramenta, Material, Modelagem e Processo.
- “Setores de Atuação”: contém os setores de atuação das empresas, universidades e centros de pesquisa identificados na etapa prospectiva. Os setores de atuação identificados são: aeroespacial, aeronáutica, agrícola, automobilístico, elétrico/eletrônico, energia, maquinário, medicina/biomedicina, óleo e gás, pesquisa, petroquímica e robótica.
- “Processos”: contém os processos objetos de estudo, fazendo a ligação entre as instituições e as tecnologias com as quais está trabalhando. Os processos estudados são: *Laser Cladding*¹, *Laser Metal Deposition*², *Selective Laser Melting*³, *Cutting*, *Drilling*⁴, *Electrical*

¹ Processo que permite a deposição de camadas de materiais para resistência a desgaste, corrosão, oxidação em altas temperaturas.

² Processo de manufatura aditiva onde um material em pó é fundido e depositado sobre um substrato metálico.

³ Processo em que a peça é construída camada por camada. Uma fonte de laser varre o leito de pó e seleciona as regiões a serem fundidas de acordo com o arquivo CAD 3D.

⁴ Processo mecânico de usinagem destinado a obtenção de um furo geralmente cilíndrico numa peça, com auxílio de uma ferramenta multicortante.

*Discharge Machining*⁵, *Milling*⁶ e *Turning*⁷.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Roadmap - Estágio atual + Curto prazo

Na Figura 3, pode-se visualizar um recorte do Estágio atual+ Curto prazo do *Roadmap* Tecnológico de Manufatura Híbrida, onde são mostrados os *players* identificados através de ferramentas públicas de busca, com tecnologias que são parte do escopo do estudo sendo aplicadas no tempo presente.

Dentre as instituições identificadas neste estágio, é possível observar o centro de pesquisas alemão Fraunhofer. O instituto atua nas áreas de pesquisas relacionadas a “Processo”, “Material” e “Ferramenta”, para os setores de atuação elétrico/eletrônico, automobilístico, medicina/biomedicina. Além disto, os processos identificados para o Fraunhofer foram *Laser Cladding*, *Laser Metal Deposition*, *Cutting* e *Drilling*.

Atuando também na área de pesquisa “Ferramenta”, é possível observar a Hybrid Manufacturing Technologies (EUA), a Laser Zentrun Hannover e.V. (Alemanha), DMG Mori (Alemanha) e a Optomec (EUA).

Na área de “Processos”, tem-se a IK4 Tekniker (Espanha), Hybrid Manufacturing (EUA), Laser Zentrun Hannover e.V (Alemanha) e, Aimen Technology Center (Espanha), Aplus, Sculpteo (EUA) e LPW Technology (Reino Unido). E, por fim, na área “Material”, tem-se, além do Fraunhofer, a Optomec e a LPW Technology.

3.2. Roadmap - Médio prazo

Na Figura 4, é possível observar um recorte do Médio Prazo do Roadmap Tecnológico de Manufatura Híbrida.

Um exemplo de empresa com perspectiva de atuação no médio prazo é a Siemens. A empresa, que tem atuação nos setores automobilístico, elétrico/eletrônico e óleo e gás, tem como área de pesquisa a taxonomia “Processos”, em especial o *Selective Laser Melting*, *Selective Laser Sintering* e *Cutting*.

Neste estágio temporal é possível observar também um *cluster* formado pelas empresas chinesas Xinyateng e Wuxi Turbine Blade Co. (WTB), que possuem o mesmo foco. As empresas têm

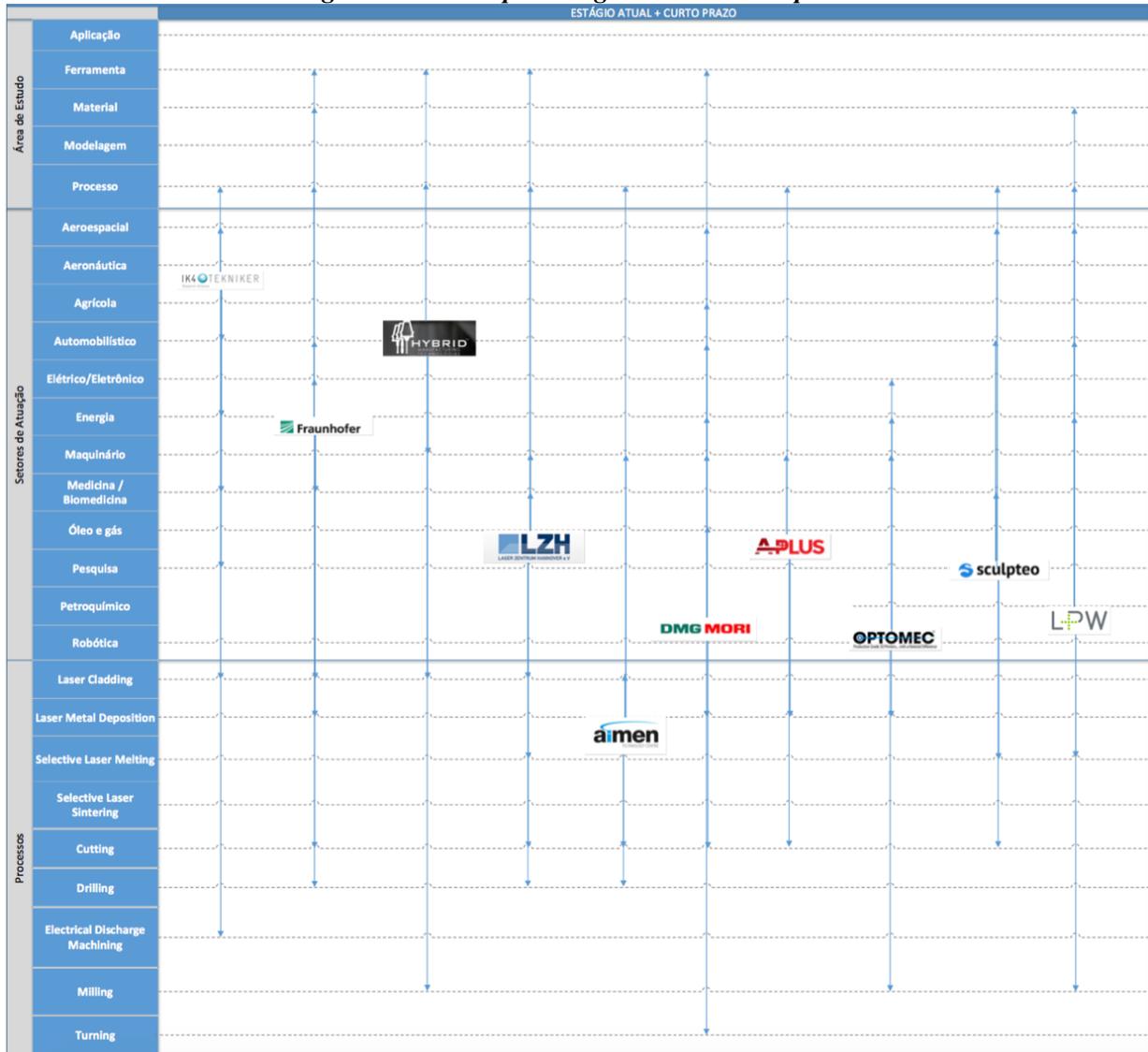
⁵ Processo indicado na usinagem de formas complexas em materiais condutores elétricos, especialmente aqueles de alta dureza, difíceis de serem usinados por processos tradicionais de usinagem

⁶ Processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies quaisquer com o auxílio de ferramentas geralmente multicortantes, como a fresa. Para tanto, a ferramenta gira e a peça ou a ferramenta se desloca segundo uma trajetória qualquer

⁷ Processo mecânico de usinagem destinado a obtenção de superfícies de revolução com o auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes.

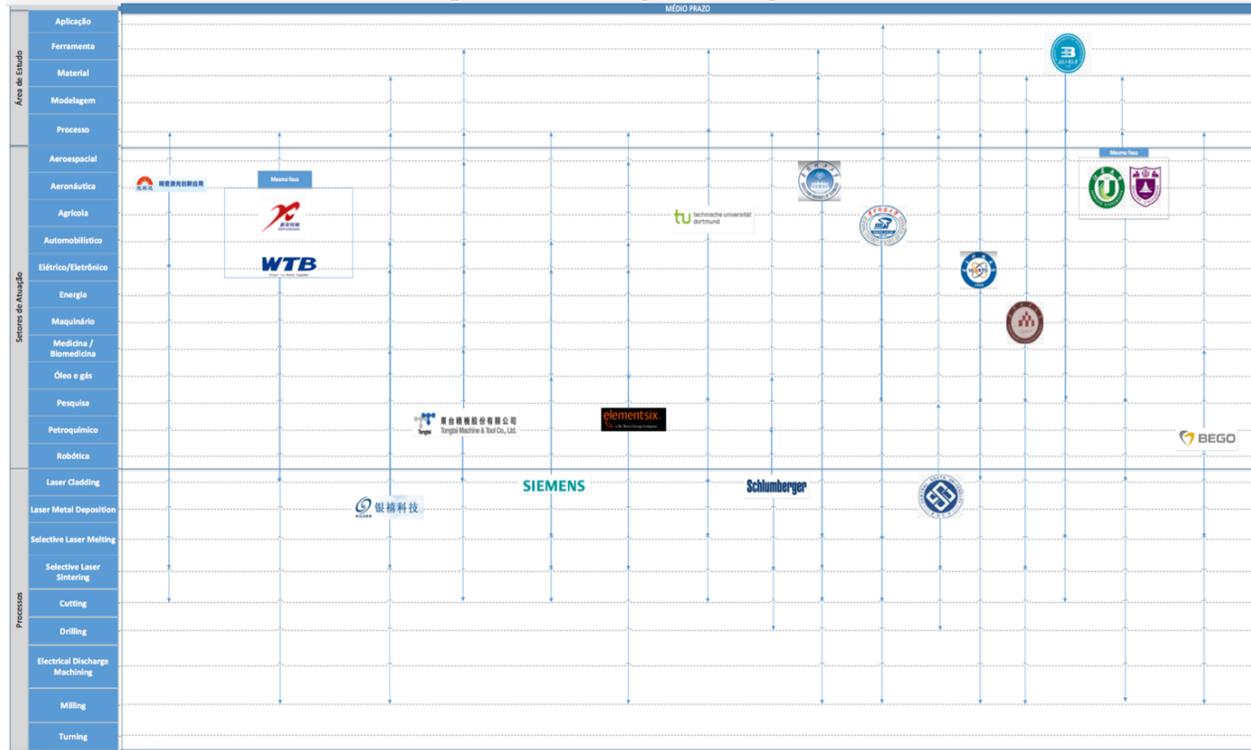
como área de pesquisa a taxonomia “Processo”, atuam no setor de maquinário e solicitaram patentes de processo baseado em *Laser Cladding* e *Milling*.

Figura 3. Roadmap – Estágio atual + Curto prazo



Fonte de informação: Elaboração própria.

Figura 4. Roadmap – Médio prazo



Fonte de informação: Elaboração própria.

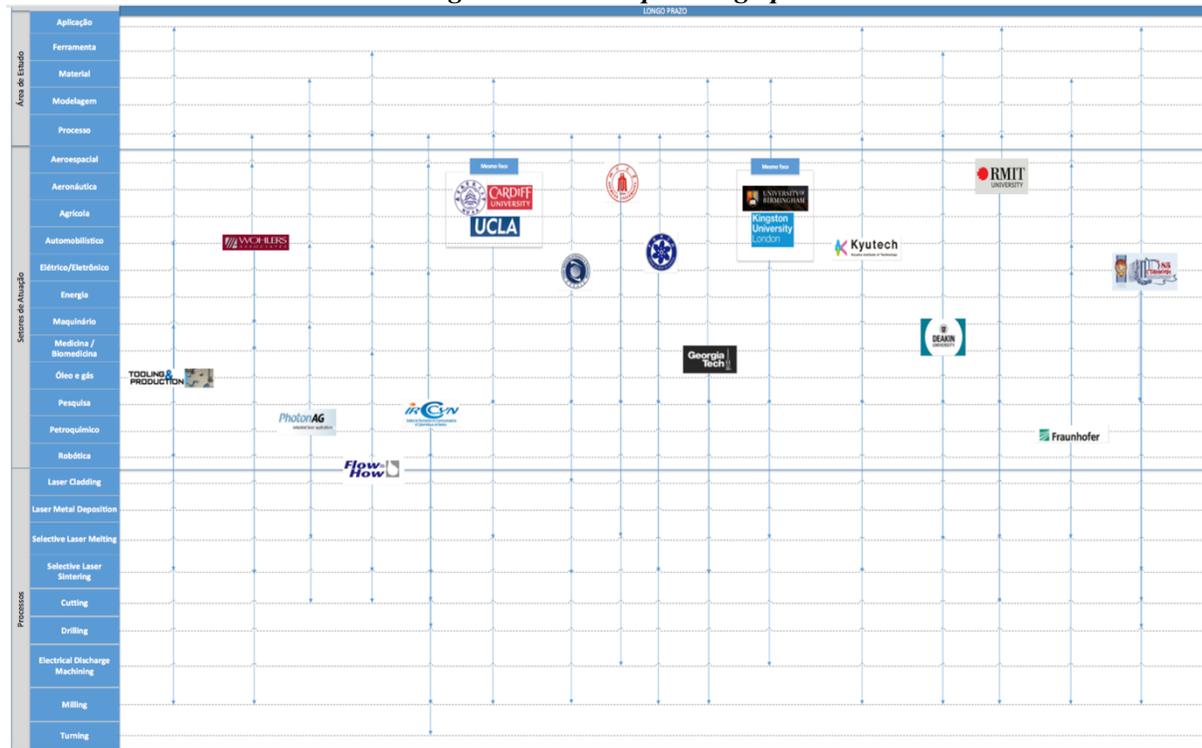
3.3. Roadmap - Longo prazo

Na Figura 5, é possível observar um recorte do Longo Prazo do Roadmap Tecnológico de Manufatura Híbrida.

Assim como no Estágio atual + Curto prazo, mais uma vez o centro de pesquisas Fraunhofer aparece com perspectiva de atuação no longo prazo. Neste caso, as áreas de estudo são processos e materiais, e os processos estudados foram *Selective Laser Melting* e *Milling*.

Outro exemplo de instituição é a empresa alemã Photon AG que, assim como o Fraunhofer, tem como área de estudo processos e materiais, porém combina o *Selective Laser Melting* com o *Cutting*.

Figura 5. Roadmap – Longo prazo



Fonte de informação: Elaboração própria.

3.4. Análise estratégica do *roadmap* tecnológico

A partir da análise estratégica do *roadmap* tecnológico de manufatura híbrida, pode-se observar tendências tecnológicas e mercadológicas que serão pontuadas a seguir, por meio de uma análise vertical, na qual se analisa cada horizonte temporal, e uma análise horizontal, na qual se traça um perfil geral considerando todo universo temporal analisado.

No primeiro momento, será feita a análise de como os *players* se comportam em um período temporal específico, discutindo seu perfil e principais tendências tecnológicas identificadas. Cabe ressaltar que toda a fonte de informação foi retirada dos sites das empresas, das próprias patentes e artigos estudados e de bases de dados especializados.

Observando-se os *players* do período temporal identificado como “Estágio Atual + Curto Prazo” é possível perceber que grande parte é constituída por Centros de Pesquisas, que por sua vez apresentam um leque amplo de atividades fim. Dentre eles, é possível observar o IK4 Tekiniker Research Alliance, uma reunião de 9 Centros Tecnológicos espanhóis com a missão de gerar, capacitar e transferir o conhecimento científico e tecnológico para melhorar a competitividade da matriz empresarial de seu entorno. Dentre suas áreas de conhecimento, estão os processos de fabricação convencionais e não convencionais em escalas macro, micro e nano.

Outro relevante Centro de Pesquisa identificado para este período temporal é o instituto alemão Fraunhofer. A organização conta com 58 institutos espalhados por toda a Alemanha, cada um deles tendo seu foco em um campo diferente da ciência aplicada. Ao contrário do que foi identificado para o instituto IK4 Tekiniker Research Alliance, que possui atuação no desenvolvimento de processos, o Fraunhofer possui uma atuação mais ampla, desenvolvendo processos, ferramentas e materiais. Pensando especificamente na atuação em processos híbridos, foi identificada a empresa Hybrid Manufacturing Technologies, com sede no Reino Unido e nos EUA, fundada em 2012. Esta empresa foi gerada a partir de um *spin-off* de um projeto de pesquisa colaborativo entre as instituições Airfoil Technologies International Llc, Cummins Inc, De Montfort University, Delcam plc, Electrox Ltd, Manufacturing Technology Centre Ltd, TWI Ltd, Precision Engineering Technologies Ltd e Renishaw plc. O foco da empresa hoje é combinar tecnologias aditivas e CNC (subtrativa), como por exemplo o *Cladding* com *CNC milling*.

No médio prazo, é relevante apontar o interesse de empresas cujo *core business* não é especificamente a comercialização direta de processos ou ferramentas para manufatura, mas sim empresas que são usuárias destes. É o caso das companhias Siemens e Schlumberger.

A Siemens é um conglomerado industrial alemão, sendo o maior da Europa e um dos maiores do mundo. A empresa possui um total de 15 divisões e atua principalmente em três frentes: automação, digitalização e eletrificação. Neste trabalho foram destacadas 3 vertentes para as quais podem estar voltados seus estudos em processos híbridos: Óleo e Gás, Elétrico/Eletrônico e automobilístico, destacando-se que se trata de uma inferência e uma exemplificação dos setores de atuação da referida companhia. As patentes desta empresa se referiam a proteção de processos que combinam *Cutting* e *Selective Laser Melting* ou *Selective Laser Sintering*.

A Schlumberger é uma empresa francesa que é a maior prestadora de serviços de petróleo do mundo. Hoje, presta serviços como aquisição e processamento sísmico, prospecção, perfuração e manutenção de poços de petróleo, fraturação e estimulação hidráulica, além de consultoria e desenvolvimento de sistemas de informação. A companhia também está envolvida com extração de petróleo em plataformas marítimas e na indústria de captura e armazenagem de carbono. Neste trabalho, a empresa foi identificada pelo estudo do processo de *Selective Laser Sintering* e *Subtractive Manufacturing*.

Por fim, o longo prazo é caracterizado pela grande quantidade de universidades que, via de regra, é o tipo de autor com maior número de publicações de artigos científicos. Neste sentido, vale a pena destacar as empresas que apareceram neste período. São elas: Photon AG e Flow How.

A Photon AG é uma empresa alemã especializada no desenvolvimento e uso industrial de laser para processamento de metal. A empresa teve uma solicitação de patente de processo e material, dos processos de *Selective Laser Melting* e *Cutting*.

A Flow How é uma empresa dinamarquesa que comercializa moldes para fabricação de peças plásticas. Neste trabalho foi identificada por meio da publicação de artigo a respeito da utilização de *Selective Laser Sintering* para a fabricação de moldes e menciona o processo de *Cutting*.

Considerando a visualização global do roadmap, a chamada análise horizontal, é possível destacar o estudo de “Processos”, onde 44 players dentre os apontados no roadmap tecnológico

demonstraram interesse a partir de seus estudos.

Em relação ao setor de atuação, grande parte dos atores apontados atuam no segmento de Pesquisa, ou seja, são universidades e centros de pesquisas. Sendo assim, é possível perceber o baixo grau de maturidade das tecnologias estudadas, pois existem poucos desenvolvimentos comerciais observados.

Para as tecnologias, pode-se destacar os estudos dos processos convencionais *Milling* e *Cutting* junto aos processos não convencionais de *Selective Laser Melting* e *Selective Laser Sintering*.

Por fim, com relação ao *player* em destaque, vale a pena mencionar o instituto Fraunhofer, que apareceu no “Estágio atual+Curto prazo”, com estudo de Processos, Material e Ferramentas, para processos *Laser Cladding*, *Laser Metal Deposition*, *Cutting* e *Drilling*. No “Longo Prazo”, a atuação do instituto se dá em relação a “Processo” e “Material”, com destaque para o processo *Selective Laser Melting* e *Milling*.

4.CONCLUSÃO

O *roadmap* tecnológico representa uma técnica poderosa para suportar gerenciamento e planejamento tecnológico, especialmente para explorar e comunicar interações dinâmicas entre recursos, objetivos organizacionais e mudanças no ambiente. Suas formas gráficas são poderosos mecanismos de comunicação. Entretanto, apresentam a informação de uma forma altamente sintetizada e condensada. O *roadmap* deve, portanto, se apoiar em uma análise anterior, organizada e documentada, que possibilite a partir da mesma, criar as taxonomias/tendências que irão compor o mapa tecnológico.

Vale lembrar que no período considerado, não foram identificadas patentes concedidas para o assunto em questão, o que possibilita inferir que o grau de maturidade da tecnologia é baixo, estando as invenções centradas ainda na etapa de estudo de bancada ou ainda em fase inicial de entrada no mercado.

As análises estratégicas dos resultados da fase pós-prospectiva e do *roadmap* tecnológico fornecem um modo de identificar as tendências e/ou rotas dominantes em um determinado setor, processo ou produto. No entanto, cabe ressaltar que a inovação é um processo mais amplo do que as estratégias individuais; trata-se de um processo sistêmico. Uma inovação tecnológica, organizacional ou mercadológica, se tomada individualmente, tem impacto limitado sobre seu entorno. Para a análise do processo de inovação, não se deve esquecer o conjunto de atores envolvidos e em interação, a importância das políticas de CT&I e a influência dos grupos de interesses e as pressões que caracterizam os caminhos seguidos pelas empresas e demais instituições participantes do processo.

5.REFERÊNCIAS

ALENCAR, M. S. M.; PORTER, A. L.; ANTUNES, A. M. S. *Nanopatenting patterns in relation to product life cycle*. *Tecnological Forecasting & Social Change*, v.74, p.1661- 1680, 2007.

BORGES, J. Usinagem Básica. p. 2-60, 2009.

BORSCHIVER, S.; SILVA, A.L.R., 2016. *Technology Roadmap – Planejamento Estratégico para alinhar Mercado-Produto-Tecnologia*. ISBN: 9788571933866 1.a Edição – 2016.

CASTRO, A.M.G. de; LIMA S.M.V.; FILHO, A.F.: *Manual de Capacitación en Análisis de Cadenas Productivas*. EMBRAPA. Brasília, 1998.

CASTRO, A.M.G. de; LIMA S.M.V; CARVALHO, J.R.P.: *Planejamento de C&T: Sistemas de Informação Gerencial*. EMBRAPA/DPD. Brasília, 1999.

CHU, W. et al. *Hybrid manufacturing in micro/nano scale: A Review*. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, v. 1, n. 1, p. 75-92, 2014.

EL-HOFY, H. *Advanced Machining Process*. 2005.

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

MULLER, G. *Roadmapping*. Embedded Systems Institute, jul. 2005. Disponível em: <<http://www.gaudisite.nl>>. Acesso em: jan. 2007.

PHAAL, R.; FARRUKH, C. J. P.; PROBERT, D. R. T-Plan: The fast start to technology roadmapping – Planning your route to success. Cambridge University, Institute of Manufacturing, UK, october 2001.

PIZZANI, L.; SILVA, R. C.; HAYASHI, M. C. P. I. Bases de dados e bibliometria: A presença da Educação Especial na base Medline. Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação, Nova Série, São Paulo, v.4, n.1, p.68-85, jan./jun. 2008.