

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE FISILOGIA E BIOFÍSICA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E PROPRIEDADE  
INTELECTUAL**

Marina Prass Santos

**ABORDAGEM PARA MONITORAMENTO TECNOLÓGICO E INVESTIGAÇÃO DE  
POTENCIAL DE MERCADO EM UM CENTRO DE TECNOLOGIA EM  
NANOMATERIAIS**

Belo Horizonte  
2021

Marina Prass Santos

**ABORDAGEM PARA MONITORAMENTO TECNOLÓGICO E INVESTIGAÇÃO DE  
POTENCIAL DE MERCADO EM UM CENTRO DE TECNOLOGIA EM  
NANOMATERIAIS**

**Versão final**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual.

Orientador: Prof. Dr. Raoni Barros Bagno

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Glaura Goulart Silva

Belo Horizonte  
2021

043

Santos, Marina Prass.

Abordagem para monitoramento tecnológico e investigação de potencial de mercado em um centro de tecnologia em nanomateriais [manuscrito] / Marina Prass Santos. - 2021.

44 f.: il. ; 29,5 cm.

Orientador: Prof. Dr. Raoni Barros Bagno. Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Glaura Goulart Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas. Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual.

1. Tecnologia. 2. Monitoramento. 3. Pesquisa de mercado. 4. Nanoestruturas. I. Bagno, Raoni Barros. II. Silva, Glaura Goulart. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. IV. Título.

CDU: 608.5



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E PROPRIEDADE INTELECTUAL

### FOLHA DE APROVAÇÃO

#### “ABORDAGEM PARA MONITORAMENTO TECNOLÓGICO E INVESTIGAÇÃO DE POTENCIAL DE MERCADO EM UM CENTRO DE TECNOLOGIA EM NANOMATERIAIS”

MARINA PRASS SANTOS

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia 30 de agosto de 2021, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes membros:

PROF. DR. RAONI BARROS BAGNO – ORIENTADOR  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO/UFMG

PROFA. DRA. GLAURA GOULART SILVA - COORIENTADORA  
QUÍMICA/UFMG

PROF. DR. RODRIGO LASSAROTE LAVALL  
QUÍMICA/UFMG

PROF. DR. LEONEL DEL REY DE MELO FILHO  
IPUC/PUC MINAS

Belo Horizonte, 30 de agosto de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Glaura Goulart Silva, Professora do Magistério Superior**, em 30/08/2021, às 15:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Leonel Del Rey de Melo Filho, Usuário Externo**, em 30/08/2021, às 16:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Raoni Barros Bagno, Professor do Magistério Superior**, em 30/08/2021, às 16:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Lassarote Lavall, Professor do Magistério Superior**, em 31/08/2021, às 21:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site  
[https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?)

## Resumo

Estudos de tendências e de prospecção tecnológica têm sido utilizados como ferramenta para informar decisões estratégicas em organizações há décadas. Dentre os métodos consolidados, o *Roadmapping* se destaca pela sua flexibilidade e apelo gráfico, enquanto a patentometria é uma técnica útil para extrair informações de grandes quantidades de dados de patentes. Inspirado no *Roadmapping* e na patentometria, este trabalho propõe uma abordagem de monitoramento tecnológico e mercadológico para um centro de tecnologia (CTNano / UFMG), baseada em estudos de patentes e documentos de mercado. As informações obtidas nesses estudos são combinadas em um mapa que apresenta possíveis caminhos de atuação do Centro em nível estratégico, visando difusão da tecnologia para a sociedade e geração de valor para a organização. Um teste piloto dessa abordagem é realizado com uma tecnologia de filamentos poliméricos nanoestruturados para impressoras tipo *fused deposition modeling* (FDM). No mapa construído são identificados dois focos potenciais de atuação para o CTNano: (i) tentativa de licenciamento do depósito de patente já efetuado junto a fabricantes de insumos para impressoras FDM que se destacaram nos estudos realizados e (ii) prospecção de projetos envolvendo clientes finais interessados no uso de materiais para manufatura aditiva em contextos de produção industrial, potencialmente aproveitando o posicionamento de mercado conquistado com o licenciamento anterior para ganhar tração nesta iniciativa. Ao final, o texto traz implicações da proposta para a gestão do CTNano e para a prática de análise de futuros para tecnologias no contexto de novos materiais.

Palavras-chave: Estudos de Futuro para Tecnologia. Filamentos nanoestruturados. Manufatura FDM. Patentometria. *Roadmapping*.

## **Abstract**

Trend and technological prospecting studies have been used as a tool to inform strategic decisions in organizations for decades. Among the consolidated methods, Roadmapping stands out for its flexibility and graphic appeal, while patent analysis is a useful technique for extracting information from large amounts of patent data. Inspired by Roadmapping and patent analysis, this work proposes a procedure to technological and market monitoring for a technology center (CTNano / UFMG), based on studies of patent and market documents. The information obtained in these studies is combined in a map that presents possible paths for the Center to act at a strategic level, aiming at disseminating the technology to society and generating value for the organization. A pilot test of this procedure is carried out with a technology of nanostructured polymeric filaments for fused deposition modeling (FDM) printers. In the designed map, two potential areas of activity for CTNano are identified: (i) an attempt to license the patent already deposited with manufacturers of materials for FDM printers that stood out in the studies and (ii) prospection of projects involving end customers interested in the use of materials for additive manufacturing in industrial production contexts, potentially taking advantage of the market position achieved with the previous licensing to propel this initiative. At the end, the text brings implications of the procedure for the management of CTNano and for the practice of future analysis for technologies in the context of new materials.

**Keywords:** Future-oriented Technology Analyses. Nanostructured filaments. FDM manufacturing. Patent analysis. Roadmapping.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1. Patentometria.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2. Roadmapping .....</b>	<b>14</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1. Estudo de patentes .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2. Estudo de documentos de mercado .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3. Construção do mapa.....</b>	<b>18</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1. Estudo de patentes .....</b>	<b>20</b>
<b>4.2. Estudo de documentos de mercado .....</b>	<b>25</b>
<b>4.3. Mapa diretivo .....</b>	<b>30</b>
<b>4.4. Desenho do processo .....</b>	<b>34</b>
<b>4.5. Considerações sobre a abordagem proposta.....</b>	<b>35</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>40</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Centro de Tecnologia em Nanomateriais e Grafeno da Universidade Federal de Minas Gerais (CTNano/ UFMG) é um braço de pesquisa aplicada e extensão tecnológica que reúne professores com larga experiência em pesquisa e desenvolvimento (P&D) baseado em materiais dessa classe e que visa servir de ambiente para a contínua transferência de tecnologia a empresas novas ou já estabelecidas. Os esforços do Centro são concentrados na execução de projetos financiados por parceiros, porém eventualmente há margem para desenvolvimento de ideais surgidas dentro da equipe. Foi o caso da tecnologia de filamentos nanoestruturados para impressoras do tipo *fused deposition modeling* (FDM).

A técnica FDM é uma das muitas que existem no escopo da impressão tridimensional (3D), também chamada manufatura aditiva, na qual objetos são fabricados a partir da adição de material, camada a camada, em contraposição à subtração de material de um bloco base ou à conformação de uma massa inicial. Nas impressoras com tecnologia FDM, especificamente, as peças são fabricadas a partir de polímeros termoplásticos admitidos no formato de filamento (Perez et al., 2014). As aplicações de objetos impressos dependem, em grande medida, das propriedades dos polímeros termoplásticos que constituem os filamentos. Em particular, o uso em peças funcionais e componentes finais requer características de desempenho superiores às dos polímeros tradicionais, por exemplo maior resistência mecânica ou condutividade elétrica. Para alcançá-las, uma rota de pesquisa e desenvolvimento explorada tem sido a aditivação com nanomateriais (Wang et al., 2017). Os nanocompósitos resultantes desse processo, preparados como insumo para impressoras com tecnologia FDM, recebem o nome de filamentos nanoestruturados.

Inicialmente, o desenvolvimento dessa tecnologia no CTNano realizou-se sem financiamento. Após experimentos exploratórios bem-sucedidos, conquistou-se uma parceria com contrapartidas econômicas que resultou em um depósito de patente. Até esse momento, a tecnologia de filamentos nanoestruturados somente gerou custos para o Centro – embora lateralmente, em contexto alternativo, os contatos abertos com a empresa parceira tenham resultado em benefícios – levantando a questão de qual caminho seguir para capturar valor.

Com o intuito de apoiar a tomada de decisão nesse caso, foram buscados na literatura métodos de prospecção tecnológica e outras possíveis abordagens no campo de estudos de futuro para tecnologia. No âmbito da prospecção tecnológica, a patentometria mostra-se bastante útil ao

permitir o tratamento de grandes quantidades de dados de patentes e o refinamento em tópicos de interesse com o emprego de filtros (termos de busca) adequados (Faria, 2015). Já em relação aos estudos de futuro para tecnologia, o *Roadmapping* se destaca por permitir conciliar informações de múltiplas fontes em diferentes formatos com forte apelo gráfico, constituindo objetos com elevado poder de síntese e comunicação (Phaal et al., 2004).

Em retrospectiva, o *Roadmapping* é um método que nasceu em grandes empresas como a Motorola, no final dos anos 1980, tendo sido mais tarde documentado e estudado em profundidade por pesquisadores da Universidade de Cambridge. A partir destes estudos, emergiu uma tradição acadêmica e prática em torno dos modelos de aplicação por eles delineados. A patentometria, por sua vez, surge como técnica relevante no contexto em que avanços tecnológicos contemporâneos cada vez mais rápidos e intensos obrigam as organizações a gerir sistematicamente o conhecimento disperso em múltiplas fontes, sendo as patentes em volume continuamente crescente uma das principais (Abbas et al., 2014).

Tipicamente, o *Roadmapping* é aplicado ao planejamento de plataformas de tecnologias e produtos ou estratégico a nível organizacional ou setorial. Já a patentometria usualmente se presta a análises de tendências tecnológicas, de infringência legal e de competidores. Em relação ao tipo de problema resolvido, o *Roadmapping* se propõe a responder como articular recursos de uma organização ou setor ao longo do tempo para desenvolver produtos que vão de encontro às necessidades e tendências de mercado, sendo em geral aplicado por meio da realização de workshops colaborativos. A patentometria, por sua vez, preocupa-se em como extrair *insights* estratégicos de grandes volumes de dados (Abbas et al., 2014, Freitas et al., 2020, Oliveira et al., 2020).

Inspirado no *Roadmapping* e na patentometria, este estudo propõe uma abordagem de monitoramento tecnológico e mercadológico para o CTNano/ UFMG com base em estudos de patentes e de documentos de mercado como relatórios de tendências setoriais e *roadmaps*. Artigos científicos não são usados pois patentes representam a mais prolífica e atualizada fonte de informação sobre tecnologia aplicada, disponibilizando informações técnicas detalhadas que muitas vezes não podem ser encontradas em nenhum outro lugar; estima-se que até 80% do conhecimento técnico atual só pode ser encontrado em documentos de patentes (European Commission & European Patent Office, 2007). As informações obtidas nos estudos realizados são combinadas para composição de um mapa que apresenta ainda possíveis caminhos de atuação

identificados para o Centro. A seguir são apresentados literatura de referência para concepção dessa abordagem, metodologia de pesquisa que suportou a construção da proposta e resultados obtidos em teste piloto com a tecnologia de filamentos nanoestruturados. Ao final, apresentam-se as implicações da abordagem (i) considerando sua replicação em outros contextos, (ii) em relação ao impacto sobre a cultura e comportamento do CTNano, (iii) sobre o transbordamento e difusão dentro da organização e (iv) quanto a oportunidades de melhoria futura e diálogo com outros métodos e são tecidas algumas conclusões.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A teoria subjacente à proposta de abordagem relatada neste artigo é a de métodos de Estudos (ou análises) de Futuro para Tecnologia (EFT). Em artigo seminal, Porter et al. (2004) apresentaram uma ampla revisão das abordagens existentes até aquele momento, bem como uma proposta de integração desse campo de estudo a partir de questões de escopo atinentes. Os autores definem EFT como qualquer processo sistemático de produzir julgamentos sobre as características de tecnologias emergentes, caminhos de desenvolvimento e potenciais impactos no futuro, e distinguem *foresight*, *forecasting* e avaliação tecnológica. *Foresight* tecnológico é definido como um processo sistemático de identificar desenvolvimentos tecnológicos futuros e suas interações com a sociedade e o ambiente a fim de guiar ações concebidas para produzir um futuro mais desejável. Já *forecasting* tecnológico é o processo sistemático de descrever a emergência, desempenho, atributos ou impactos de uma tecnologia em algum momento futuro. Avaliação tecnológica, por sua vez, foca-se nos impactos de uma tecnologia (Porter et al., 2004).

Cuhls (2003) também discute as diferenças entre atividades de *foresight* e *forecasting*. Segundo a autora, o *foresight* tende a ser mais qualitativo e concentra esforços na comunicação sobre o futuro e suas implicações para o presente, enquanto o *forecasting* se interessa por investigar como o futuro vai ser, pode ser realizado por indivíduos em estudos isolados e apresenta orientações de curto, médio e longo prazo, indicando caminhos e preparando tomada de decisão.

Porter (2010) prossegue na tarefa de sistematizar o conhecimento sobre métodos de *foresight* tecnológico estruturando uma tipologia baseada em dimensões para questões de conteúdo e processo e em categorias dentro dessas dimensões. Por exemplo, uma das dimensões de conteúdo é a motivação para uso de um método de *foresight*, que em termos categóricos pode ser extrapolativa ou normativa, enquanto uma das dimensões de processo é a duração do estudo, que pode ser categorizada em dias, meses ou anos. O autor também estabelece uma organização em famílias para agrupamento dos métodos de EFT, sendo *Roadmapping* uma delas.

Por sua vez, Ciarli et al. (2016) propõem uma categorização de métodos quantitativos de *foresight* por meio de quatro critérios: (i) descritivo ou prescritivo; (ii) extrapolativo ou normativo; (iii) de compilação de dados ou inferência e (iv) de *foresight* ou *forecast*. Ademais, cada grupo é caracterizado em termos do conhecimento anterior de resultados e probabilidades; fatores direcionadores; local de aplicação; horizonte temporal; objetivo e escopo de participação. No grupo

“Monitoramento e inteligência” apresenta-se o método da bibliometria, que inclui, mas não se limita à patentometria, enquanto *Roadmapping* é listado como única técnica do grupo denominado “*Roadmaps*”.

No trabalho de Ciarli et al. (2016) verifica-se ainda que esses dois grupos citados guardam muitas semelhanças e algumas complementariedades em relação aos elementos caracterizadores: ambos lidam com desconhecimento e incerteza em relação aos resultados e probabilidades obtidos ao final, podem ser aplicados dentro de organizações, ajudam a definir cursos de ação e podem envolver uma quantidade intermediária de participantes diversos. Por outro lado, o uso de métodos do grupo “Monitoramento e inteligência” é direcionado pela inovação e contexto organizacional, serve também ao propósito de informar e foca-se no curto prazo, enquanto no grupo “*Roadmaps*” os direcionadores são a ciência e tecnologia de interesse e o olhar volta-se para médio e longo prazos. A justaposição desses aspectos sugere que a combinação de métodos de tais grupos pode capturar sinergias e potencializar os resultados de um EFT.

Com base nesse referencial teórico, identificou-se a possibilidade de estruturar metodologicamente a atuação sobre o problema de pesquisa na interface entre os grupos “Monitoramento e inteligência” e “*Roadmaps*”, como enquadrados por Ciarli et al. (2016), e, em particular, entre os métodos patentometria e *Roadmapping*. Desse modo, seria possível conciliar dados da maior fonte de informação tecnológica do mundo, as patentes, com informações sobre tendências para o mercado de impressão FDM e seus materiais a fim de identificar caminhos que o CTNano pudesse seguir para capturar valor com a tecnologia de filamentos nanoestruturados. Nessa perspectiva, segue-se, portanto, para um aprofundamento da literatura de patentometria e *Roadmapping*.

## **2.1. Patentometria**

Patentometria, ou mapeamento patentário, é um método de obtenção de informações sobre tecnologias de interesse a partir de dados de documentos de patentes. Patentes, por sua vez, são mecanismos de proteção de propriedade industrial que concedem ao titular o direito de excluir terceiros de operar, produzir ou comercializar o objeto da proteção nos países em que tal proteção for requerida e concedida; fora deles, há liberdade de operação (INPI, 2021). Para que o objeto seja

patenteável, deve atender aos requisitos de novidade (não constar no estado da arte ou da técnica); atividade inventiva (não ser dedutível de maneira óbvia para um técnico da área a partir da combinação de dois ou mais documentos do estado da arte ou da técnica); e aplicação ou aplicabilidade industrial (evidências de redução à prática) (INPI, 2021).

Dois tipos principais de patentes são as de invenção e as de modelo de utilidade. Patentes de invenção são o mecanismo de proteção adequado para objetos que representam novos efeitos técnico-funcionais e valem por 20 anos a partir da data de depósito. Patentes de modelo de utilidade, por sua vez, são adequadas para proteger objetos que representem aperfeiçoamentos de efeito ou funcionalidade e sua validade é de 15 anos também contados a partir da data de depósito.

Estrategicamente, a importância das patentes está relacionada ao valor que pode ser capturado desse direito de excluir terceiros, seja com margens elevadas na comercialização de produtos desenvolvidos a partir das tecnologias protegidas pela inibição da concorrência ou com a negociação do direito por meio de licenciamento a empresas nascentes ou já estabelecidas (Shane, 2004). Tipicamente, patentes são utilizadas na transição de estágios preliminares a intermediários do desenvolvimento científico-tecnológico, tão logo se consegue demonstrar aplicabilidade industrial, por meio de uma prova de conceito, por exemplo, e de modo a dar sustentação aos estágios posteriores.

Em geral, patentes são ferramentas efetivas para proteção de conhecimento quando há muito valor a ser capturado no período de sua validade com margens elevadas na comercialização de produtos, como é o caso do setor biotecnológico (Shane, 2004), ou quando o titular não dispõe dos recursos necessários para sua exploração e um meio de obter retorno é o licenciamento. Por outro lado, não são muito efetivas quando o retorno esperado é baixo ou pretende-se explorar a tecnologia em questão como um diferencial competitivo por um período superior a 20 anos; nesse último caso, o uso de segredos industriais pode ser mais eficaz, como é o caso da Coca-Cola® no setor de bebidas (Jus.com.br, 2017).

Em termos estruturais, as partes típicas dos pedidos de patentes são reivindicações, que caracterizam o objeto de proteção; descrição detalhada ou relatório descritivo e desenhos, que comprovam o atendimento dos requisitos para depósito; título e resumo (INPI, 2021).

O método de obtenção de informações sobre tecnologias de interesse a partir de dados de patentes, patentometria, contempla minimamente cinco etapas: (i) definição das bases de dados a serem consultadas; (ii) definição do escopo da busca, conforme o objetivo; (iii) extração dos

documentos obtidos na busca; (iv) análise preliminar para remoção de redundâncias e inconsistências e (v) preparação das planilhas com os dados dos documentos não rejeitados para posteriores análises quantitativas e qualitativas (Ribeiro, 2018).

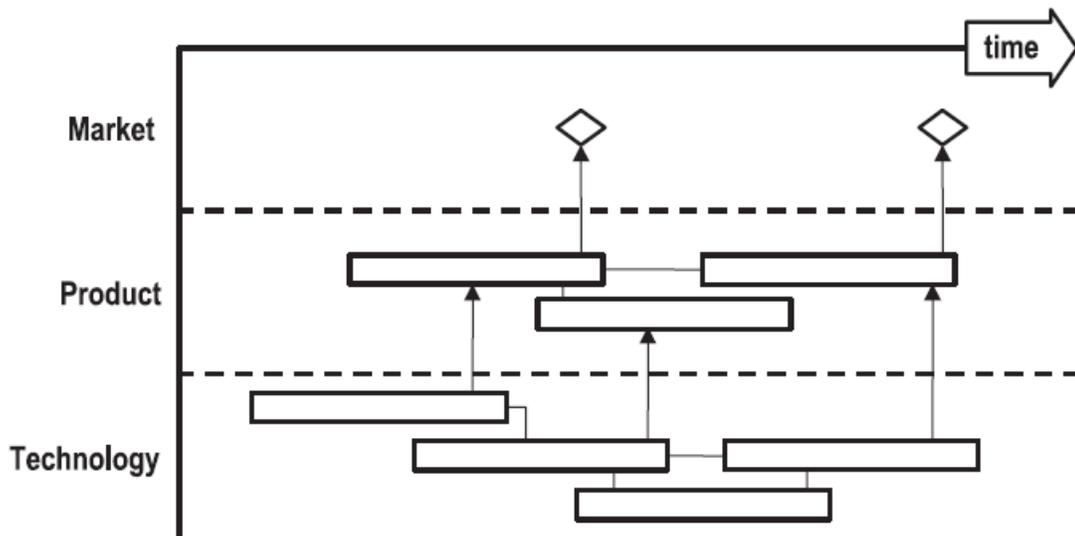
Nesse sentido, Khramova et al. (2013) trazem uma contribuição valiosa à instrumentalização do método ao analisar comparativamente, elencando potencialidades e limitações, três aspectos de interesse: tipos de análises que podem ser feitas (sobre depositantes e inventores, sobre patentes nacionais e estrangeiras, por organização, por país e por período), bases de dados que podem ser consultadas – por exemplo dos escritórios de patentes europeu, estadunidense e japonês – e indicadores que podem ser calculados, como o *Revealed Technological Advantage Index* (RTA) e o *Patent Share* (PS). O RTA mede nível de atividade patentária de um país ou empresa em determinado campo tecnológico comparativamente ao seu nível de atividade patentária em geral, enquanto o PS expressa a fração que o número de patentes de um determinado campo tecnológico representa no total de patentes em um país ou de uma empresa. De modo similar, Abbas et al. (2014) se aprofundam no pós-processamento, isto é, nos tipos de análise que podem ser efetuados com as informações ou estruturas extraídas dos dados das patentes, por exemplo análise de tendências e de direção da inovação, de infração de direitos de propriedade intelectual e de competidores.

Colocando a patentometria em prática, Altuntas et al. (2015) realizam buscas no escritório estadunidense de patentes e levantam informações necessárias ao cálculo de quatro indicadores – estágio do ciclo de vida da tecnologia, velocidade de difusão, poder e potencial de expansão – para três tecnologias diferentes (tela de filme fino de cristal líquido, sistema de memória *flash* e assistente pessoal digital) com o intuito de identificar qual dentre elas deve ter prioridade na captação de investimentos. Ou seja, os autores desenvolvem uma abordagem de *forecasting* tecnológico baseada em patentometria para determinar prioridade de investimento a partir da identificação de tendências e oportunidades no mercado de eletrônica.

Faria (2015), por sua vez, opta por uma base de dados que agrega informações de patentes depositadas em diferentes escritórios nacionais e define sua busca por um único código de classificação, a fim de construir um panorama do desenvolvimento tecnológico em uma área do conhecimento específica, a da biotecnologia.

## 2.2. Roadmapping

*Roadmapping* é um método de apoio à gestão da inovação que permite articular recursos organizacionais, produtos e tendências de mercado em rotas de ação a partir de um objeto gráfico sintético (mapa) no qual tais dimensões constituem camadas e os elementos dessas camadas seguem um ordenamento temporal, a fim de situar onde se está, onde se pode (ou se deseja) chegar e como se chegará lá (Oliveira et al., 2019). Uma característica primordial do *Roadmapping* é a sua flexibilidade, que torna possível adaptá-lo a diferentes contextos de uso, bem como customizá-lo em termos de arquitetura e processo (Phaal et al., 2004a). Desse modo, a composição das camadas e seu preenchimento podem ser ajustados conforme necessário; por exemplo, em muitos casos é conveniente explorar o recurso “tecnologia” de maneira separada e destacada, e não por acaso o método já foi bastante referenciado como *Technology Roadmapping* (Phaal et al., 2004b). A figura 1 apresenta uma ilustração esquemática de *roadmap* tecnológico típico.



**Figura 1.** Ilustração esquemática de um *roadmap* tecnológico indicando a articulação de elementos entre as camadas e ao longo do tempo. Fonte: Phaal et al., 2004b.

A aplicação do *Roadmapping* geralmente se estabelece a partir de workshops colaborativos (Souza et al., 2020) e sua organização segue rituais específicos de acordo com dois tipos de propósitos e unidades de análise principais: planejamento para produto e tecnologia (*T-Plan*) e planejamento estratégico (*S-Plan*) (Phaal et al., 2001).

Segundo Freitas et al. (2020), o objetivo do *Roadmapping T-Plan* é oferecer um plano que dê suporte ao desenvolvimento integrado de produtos e tecnologias de acordo com demandas de mercado pré-existentes ou emergentes ou com oportunidades tecnológicas. Por outro lado, o objetivo do *Roadmapping S-Plan* é entregar uma narrativa composta de escolhas e direcionamentos que a unidade do negócio ou organização deve perseguir para alcançar seus objetivos estratégicos gerais. Em contextos intensivos em tecnologia, essa diferenciação baseada no propósito pode ser difícil, dada a importância estratégica da dimensão de produto e tecnologia. Nesses casos, identificar a unidade de análise ajuda: enquanto no *T-Plan* ela se refere a famílias e plataformas de produtos específicas, o *S-Plan* está interessado em múltiplos produtos e tecnologias do escopo da organização (Freitas et al., 2020).

Em termos estruturais, o *Roadmapping T-Plan* pode ser dividido em três macro fases (Souza et al., 2020): i) planejamento, na qual toda a preparação é feita, por exemplo definição do foco, escopo, processo e arquitetura visual; ii) execução dos workshops de mercado, produto, tecnologia e construção do mapa; e iii) recapitulação do processo com direcionamento para os planos de implementação, tarefas para suprir as lacunas identificadas e integração à dinâmica organizacional.

Em relação ao *Roadmapping S-Plan*, por sua vez, Oliveira et al. (2020) destacam dois estágios principais de seu desenvolvimento: o primeiro cujo objetivo é explorar o panorama estratégico do tema em análise, de modo a elucidar as dinâmicas do ambiente competitivo estratégico e a identificar oportunidades de ação, e o segundo destinado a explorar as oportunidades identificadas no estágio anterior, por meio da criação de planos e proposição de ações a serem posteriormente realizadas pela organização ou conjunto de participantes institucionais da iniciativa.

No contexto da cooperação universidade-empresa, elementos do *Roadmapping* foram empregados por Castilho et al. (2015) na proposição de uma metodologia para construção de portfólio inicial de P&D a ser compartilhado entre a indústria e a academia. O trabalho foi desenvolvido a partir de um programa de pesquisa-ação com duração de 18 meses envolvendo uma multinacional do setor automotivo e uma universidade brasileira de ponta e valeu-se de entrevistas com especialistas acadêmicos e representação gráfica típica do *Roadmapping* para apresentar possíveis entregáveis de P&D cooperativo ao longo do tempo, como parte de uma agenda compartilhada.

### 3. METODOLOGIA

Patentometria e *Roadmapping* são duas ferramentas individualmente úteis e suficientes em muitas situações. Todavia, o *Roadmapping* tradicional, com workshops colaborativos e participação de especialistas (Oliveira, 2020), demanda coordenação de esforços e tecnologias maior do que seria possível no CTN Nano no contexto da pandemia de COVID-19, em que esse trabalho foi realizado, e a patentometria, embora baseada em uma excelente fonte de informação tecnológica, pode não contemplar aspectos mercadológicos importantes de serem considerados na tomada de decisão que visa à captura de valor. Percebe-se, desse modo, um quadro oportuno para combinação adaptada desses métodos a fim de atingir os objetivos traçados para o estudo. O trabalho de Jeong e Yoon (2015) caminha em direção semelhante na medida em que se vale de informações de *roadmaps* e de patentes com o intuito de visualizar tendências futuras para tecnologias. Em particular, destaca-se a maneira sistemática como os autores agrupam, classificam e extraem padrões das patentes coletadas.

Nesse contexto, para construção do mapa que inspirasse e representasse possíveis cursos de ação do CTN Nano foram realizados dois estudos: um de patentes e outro de documentos de mercado, em sua maioria relatórios de tendências setoriais e *roadmaps* disponíveis publicamente. As informações obtidas a partir desses estudos foram compiladas e conectadas graficamente para composição do mapa, formado ainda pela camada com as possíveis trajetórias identificadas para o CTN Nano a partir da concatenação com elementos de patentes e mercado e de uma reflexão sobre sua articulação com o contexto percebido no Centro. Em seguida, essa primeira versão foi levada para validação junto a duas lideranças do CTN Nano. As contribuições desses agentes internos foram usadas para aprimoramento, conduzindo à versão apresentada na seção de resultados deste artigo.

Cabe ressaltar que o mapa proposto converge para a arquitetura de um *roadmap* tradicional na medida em que é constituído de camadas rotuladas e suas informações são organizadas em uma linha temporal. Por outro lado, ele diverge dessa arquitetura ao propor camadas diferentes de “mercado”, “produto” e “tecnologia”; nesse caso há uma camada com informações relativas a panoramas e tendências de mercado, e outra com informações tecnológicas originadas de patentes, porém a camada de produto é substituída pela proposição de rotas de ação que permitam ao CTN Nano se beneficiar de oportunidades identificadas nas outras camadas. Seu posicionamento

intermediário, no mapa, é uma alusão ao papel exercido pelo Centro como organização que conecta o conhecimento acadêmico à sociedade, por meio da contínua transferência de tecnologia.

A seguir são detalhadas as etapas de estudo de patentes e documentos de mercado e de construção do mapa; depois são apresentados os resultados.

### 3.1. Estudo de patentes

Primeiramente, realizou-se uma coleta de dados no repositório *Espacenet*. Embora esse serviço online e gratuito esteja associado ao Escritório Europeu de Patentes, ele permite obter informações sobre patentes depositadas e concedidas nos principais escritórios nacionais de propriedade intelectual ao redor do mundo e sobre processos iniciados junto à Organização Mundial de Propriedade Intelectual no âmbito do *Patent Cooperation Treaty* (European Patent Office, 2020).

Como critério inicial de seleção, utilizou-se a seguinte equação de busca:  $ta = \text{“fused” AND } ta = \text{“deposition” AND } (ta = \text{“composite” OR } ta = \text{“filament” OR } ta = \text{“polymer”})$  [idioma: inglês], com o intuito de recuperar desenvolvimentos tecnológicos relacionados a materiais para impressão do tipo FDM a partir da localização desses termos no título ou resumo. Os dados dos documentos retornados como resultado (patentes de invenção e de modelo de utilidade) foram extraídos em formato de planilha, com colunas para título, nomes dos inventores, nomes dos depositantes, número de publicação, data de prioridade mais antiga, código IPC (*international patent classification*), código CPC (*cooperative patent classification*), datas de publicação, data de publicação mais antiga e número da família.

Os documentos foram examinados por leitura do título e, conforme necessário, do resumo, consultado individualmente também na plataforma *Espacenet* e incorporado à planilha originalmente obtida. A partir desse exame foram selecionados 154 documentos aderentes ao espectro tecnológico de interesse, ou seja, cujo objeto de proteção estivesse relacionado ou ao desenvolvimento de materiais avançados para impressoras com tecnologia FDM – por exemplo, compósitos de poli(ácido láctico) (PLA) – ou ao desenvolvimento de aplicações com materiais avançados que podem ser usados como insumo em impressoras com tecnologia FDM (por exemplo, desenvolvimento de próteses com compósitos de PLA). Os dados desses documentos foram compilados para informe do estágio do ciclo de vida do desenvolvimento tecnológico de

interesse (iniciação, crescimento ou estabilização) a partir do número acumulado de depósitos ao longo do tempo e identificação (i) de temas recorrentes, (ii) de aspectos relevantes sob a perspectiva do desenvolvimento apoiado em nanomateriais e (iii) de tecnologias concorrentes.

### **3.2. Estudo de documentos de mercado**

Nesta etapa foram realizadas buscas com a ferramenta da *Google*, no site *IDTechEx* e na base de dados *Scopus*. Na ferramenta da *Google*, foram utilizados os seguintes termos de busca: “*global 3d printing market report*”, “*mercado de impressão 3d relatório*” e “*3d printing marketing roadmap*”, com o intuito de recuperar documentos relacionados à exploração de tendências de futuro para a impressão 3D de modo geral e considerando experiências anteriores na busca de documentos desse tipo. Analogamente, na base de dados *Scopus* empregou-se a equação de busca “*3d print\**” AND (*foresight* OR *future* OR *roadmap*). Ao todo analisaram-se 19 documentos, sendo 18 textos e um trecho de vídeo. Um dos textos foi admitido em duas versões complementares e outro fazia referência a dois vídeos em hiperlink, que também foram considerados.

Os documentos foram examinados por leitura completa (e transcrição, no caso do trecho do vídeo) para seleção das informações atinentes e relevantes às tendências projetadas para o mercado de impressão 3D em geral e de manufatura FDM, especificamente. Os destaques de cada documento foram compilados em dossiê e a partir da justaposição de suas informações foram definidos nove documentos principais.

### **3.3. Construção do mapa**

Para montagem do mapa em sua versão inicial, as informações selecionadas nas análises das patentes e dos documentos de mercado foram sintetizadas em suas duas respectivas camadas. Em seguida, concatenando essas camadas, buscou-se preencher o espaço intermediário com possíveis rotas de ação que o CTNano pudesse adotar para aproveitar oportunidades identificadas em alguma das camadas, individualmente, ou em ambas, de maneira combinada.

Essa versão foi levada, em formato de apresentação de slides, ao conhecimento de duas lideranças do Centro convidadas a contribuir. Uma delas foi um supervisor da frente de Polímeros

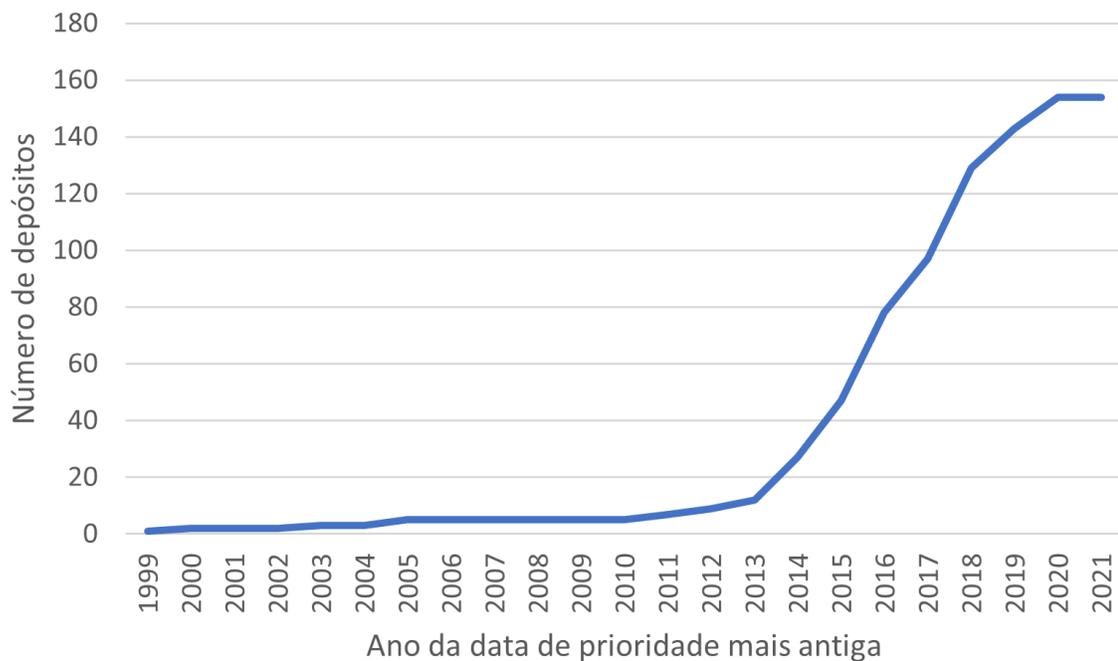
com graduação e mestrado em Engenharia Química, especialização em gestão de negócios e doutorado em Inovação Tecnológica em curso. A outra foi uma coordenadora da frente de Operações com graduação em Engenharia de Produção, mestrado profissional em Inovação Tecnológica e doutorado em Inovação Tecnológica em curso.

Em duas reuniões individuais e virtuais com duração de aproximadamente uma hora – uma reunião com cada liderança – os estudos de patentes e de documentos de mercado foram brevemente apresentados, em termos de metodologia e resultados, conduzindo à proposta inicial de mapa, que foi colocada em discussão para coleta de impressões e pontos de melhoria. Esses apontamentos foram registrados em formato de áudio e posteriormente utilizados para consolidação de uma versão aprimorada do mapa.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Estudo de patentes

A Figura 2 apresenta o número de depósitos de patente relacionados a materiais avançados para manufatura FDM acumulados anualmente de 1999 a 2021, totalizando 154 depósitos. O perfil do gráfico sinaliza que o desenvolvimento de materiais avançados para impressoras com tecnologia FDM está na etapa de crescimento, isto é, já superou a fase de iniciação e ainda não alcançou a de estabilização. Também é interessante notar que o gráfico apresenta uma inflexão por volta de 2013. Quatro anos antes, em 2009, havia expirado a patente de Scott Crump – fundador da fabricante de impressoras e filamentos *Stratasys* – para o método FDM (Impressora Blog, 2013). É razoável considerar que este intervalo de tempo tenha sido suficiente para difusão expressiva da técnica, com a oferta de equipamentos e insumos mais baratos, favorecendo o desenvolvimento de materiais avançados e o consequente depósito de patentes em maior número a partir de 2013.



**Figura 2.** Número de depósitos de patente relacionados a materiais avançados para manufatura FDM acumulados anualmente de 1999 a 2021. Elaboração: a autora.

Em relação aos temas recorrentes, a frequência das menções a materiais com aplicações na área médica – como em endopróteses extensíveis (estentes) e implantes – foi notável, estando presente em 25 dos 154 documentos selecionados. Alguns tipos de aditivos também apareceram de forma marcante; o uso de partículas metálicas ou cerâmicas foi citado em 22 documentos, enquanto nanomateriais foram mencionados em 15 patentes.

Sobre as patentes relacionadas a nanomateriais, elas foram depositadas por 13 organizações diferentes, sendo 11 chinesas, uma japonesa e uma espanhola. Dentre essas organizações estão presentes centros de pesquisa aplicada como o *Shanghai National Engineering Research Center for Nanotechnology*, universidades como o *Beijing Institute of Petrochemical Technology* e empresas privadas como a *Xerox Corporation*. A Figura 3 indica a localização geográfica das organizações chinesas. Elas estão concentradas em polos de desenvolvimento tecnológico como Pequim (Beijing), Xangai (Shanghai) e Foshan. A Tabela 1 oferece um panorama dessas organizações em relação ao tipo e ao posicionamento na cadeia de valor. Trata-se em maior parte de prestigiadas universidades, o que é coerente com o fato de o 13º Plano Quinquenal chinês, para o período de 2016 a 2020, mencionar os objetivos (i) de acelerar os avanços em tecnologias essenciais na área de novos materiais, no capítulo VI – Fortalecendo o Papel Principal da Inovação Tecnológica e (ii) de promover vigorosamente a manufatura aditiva, no Capítulo XXIII – Apoiando o Desenvolvimento de Indústrias Emergentes Estratégicas (The State Council The People's Republic of China, 2016).



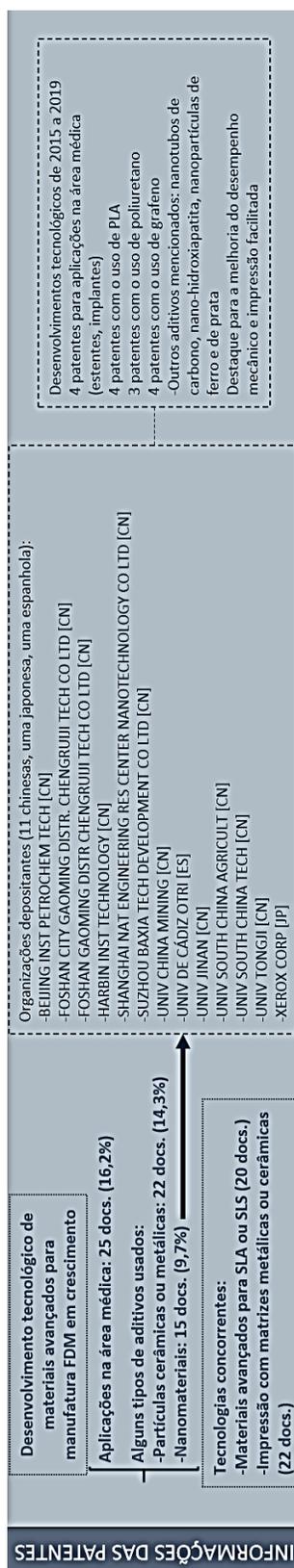
**Figura 3.** Localização das organizações chinesas depositantes de patentes de nanocompósitos para impressora com tecnologia FDM. Elaboração: a autora a partir de *Google Maps* e de dados da pesquisa.

**Tabela 1.** Organizações chinesas depositantes de patentes de nanocompósitos para impressora com tecnologia FDM.

Nº no mapa	Nome	Tipo
1	Harbin Institute of Technology	Universidade
2	China University of Mining and Technology	Universidade
3	Beijing Institute of Petrochemical Technology	Universidade
4	University of Jinan	Universidade
5	Suzhou Baxia Tech Development Co Ltd	Empresa
6	Tongji University	Universidade
7	Shanghai National Engineering Research Center for Nanotechnology (Shanghai Jiang Tong University)	Centro de pesquisa aplicada
8	South China Agricultural University	Universidade
9	South China University of Technology	Universidade
10	Foshan City Gaoming Distr. Chengruiji Tech Co Ltd	Empresa
11	Foshan Gaoming Distr. Chengruiji Tech Co Ltd	Empresa

Ainda sobre as patentes relacionadas a nanomateriais, elas compreendem desenvolvimentos tecnológicos cuja data de prioridade mais antiga varia de 2015 a 2019. Dentre os 15 documentos, quatro patentes envolvem aplicações na área médica (estentes, implantes); quatro citam o uso de PLA como matriz polimérica; três o uso de poliuretano e quatro fazem referência ao uso de grafeno como aditivo. Outros nanoaditivos mencionados são nanotubos de carbono, nano-hidroxiapatita, nanopartículas de ferro e de prata. Algumas patentes não especificam a matriz polimérica e os aditivos empregados no título ou resumo. A justificativa mais frequente para incorporação de nanomateriais é a melhoria de algum aspecto do desempenho mecânico associada a impressão facilitada.

Finalmente, no âmbito de tecnologias concorrentes tiveram destaque materiais avançados para outros tipos consolidados de manufatura aditiva com polímeros, em particular a estereolitografia (SLA - *stereolithography*) e a sinterização seletiva a laser (SLS - *selective laser sintering*), citados em 20 documentos, e desenvolvimentos tecnológicos variados para impressão com matrizes metálicas ou cerâmicas, reportados em 22 documentos. Na identificação de tecnologias concorrentes foram considerados todos os documentos recuperados pela equação de busca utilizada no *Espacenet*, e não apenas os documentos selecionados de acordo com os objetos de proteção em foco. A Figura 4 apresenta a camada de informações de patentes construída para o mapa a partir da análise desenvolvida neste tópico.



**Figura 4.** Camada de informações de patentes construída para o mapa a partir do estudo realizado. Elaboração: a autora.

#### 4.2. Estudo de documentos de mercado

A Tabela 2 indica os nove documentos analisados e definidos como principais, dos quais extraíram-se informações para composição do mapa.

**Tabela 2.** Relação de documentos de mercado analisados e definidos como principais.

Nº	Documento	Autores ou organização responsável
1	Sample Report 3D Printing Market Analysis and Forecasts from 2020 to 2027 (Grand View Research, 2020)	Grand View Research
2	Versão 1: Sample 3D Printing Global Market Analysis, Insights and Forecast, 2015 – 2026 (Fortune Business Insights, 2020a) Versão 2: Sample Report 3D Printing Market Global Analysis, Insights and Forecast, 2020-2027 (Fortune Business Insights, 2020b)	Fortune Business Insights
3	Sample Global 3D Printing Market (2020 - 2025) (Mordor Intelligence, 2020)	Mordor Intelligence
4	Network Based Technology Roadmapping for Future Markets: Case of 3D Printing (Tucker et al., 2014)	Katherine Tucker, David Tucker, James Eastham, Elizabeth Gibson, Sumir Varma, Tugrul Daim
5	Sample Pages 3D Printing and Additive Manufacturing 2020-2030: COVID Edition (IDTechEx, 2020)	Jonathan Harrop e Richard Collins, IDTechEx Research
6	The Future of 3D Printing: Five Predictions (Jabil, 2020)	Rush LaSelle, Jabil
7	100 3D Printing Experts Predict the Future of 3D Printing in 2030 (3D Printing Industry, 2020)	Michael Petch, 3D Printing Industry
8	[Tendências de mercado] Impressora 3D: O que esperar em 2020? (WishBox, 2021)	WishBox
9	5º Webinar PI - A manufatura aditiva (impressão 3D) como aliada da indústria de plásticos (Aranda Eventos, 2020)	Revista Plástico Industrial

Estima-se que o mercado global de manufatura FDM em 2021 seja da ordem de 832,5 milhões de dólares e que ele deve crescer a uma taxa anual composta (CAGR, do inglês *compound annual growth rate*) de 15,3% até 2027 (Grand View Research, 2020). A CAGR para o mercado global de impressão 3D em geral, por sua vez, é estimada em 25,7% até 2026 (Fortune Business Insights, 2020a), de modo que a tecnologia do tipo FDM deve perder uma fração relativa de mercado (*market share*). Porém, as projeções indicam que ela ainda será relevante em 2027, com o uso em contextos produtivos tornando-se tão significativo quanto em prototipagem (Fortune

Business Insights, 2020b). Em termos absolutos, o mercado global de impressão 3D deve atingir o valor de 45 bilhões de dólares em 2030 (IDTechEx, 2020).

Em relação ao cenário base (ano de 2021), destaca-se ainda que avanços na própria tecnologia FDM tem viabilizado o uso de diversos materiais, aumentando assim a adoção generalizada em vários setores (Mordor Intelligence, 2020). Investimentos substanciais têm sido realizados por governos pelo mundo nos Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Alemanha, China, Índia e Coreia do Sul. A Coreia do Sul, em particular, estabeleceu um *roadmap* independente para P&D em impressão 3D e está fornecendo suporte nacional para executá-lo. O governo está introduzindo incentivos fiscais e acelerando acordos regulatórios da indústria para encorajar a adoção da impressão 3D (Fortune Business Insights, 2020a). Essas informações são coerentes com o desenvolvimento tecnológico de materiais avançados para manufatura FDM em crescimento observado no estudo de patentes.

Outro fator importante no cenário base é o surgimento de insumos para manufatura SLA com resistência mecânica aprimorada (Aranda Eventos, 2020), sinalizando um aumento da concorrência para filamentos poliméricos nanoestruturados, que também se propõem a aumentar o desempenho mecânico das peças impressas. A Tabela 3 apresenta dados que reforçam essa percepção. Foram realizadas buscas no *Espacenet* por documentos relacionados a três tecnologias de manufatura aditiva baseadas em polímeros (FDM, SLS e SLA) e materiais. Os resultados para as tecnologias SLS e SLA são substancialmente mais numerosos, superando aqueles obtidos para FDM por 104% e 87%, respectivamente.

**Tabela 3.** Resultados obtidos em buscas no *Espacenet* relacionadas a três tecnologias de manufatura aditiva diferentes e materiais.

Equação de busca	Nº de resultados encontrados	Percentual em relação ao todo (%)	Percentual em relação a FDM (%)
ctxt any* “fused” AND ctxt any “deposition” AND ctxt any “modeling” AND ctxt any “material”	1036	20,4	100
ctxt any “selective” AND ctxt any “laser” AND ctxt any “sintering” AND ctxt any “material”	2118	41,6	204
ctxt any “stereolithography” AND ctxt any “material”	1937	38,0	187

(\*) – *ctxt any* refere-se a uma busca por qualquer forma do termo entre aspas nos campos textuais indexados (título, resumo e reivindicações).

Por outro lado, possíveis aliados na exploração comercial da tecnologia de filamentos nanoestruturados também foram identificados: *Ultimaker Material Alliance* e Braskem (Aranda Eventos, 2020). A *Ultimaker Material Alliance* é uma organização que reúne cerca de 80 fornecedores de filamentos e oferece mais de 100 materiais ao mercado, com nível industrial para aplicações industriais e foco em atender às aplicações desejadas pelos clientes finais (desenvolvimento dirigido). Dentre os participantes encontram-se grandes empresas como Basf e Ensinger, desenvolvedora de uma poliamida reforçada com fibra de vidro (WishBox Technologies, 2021).

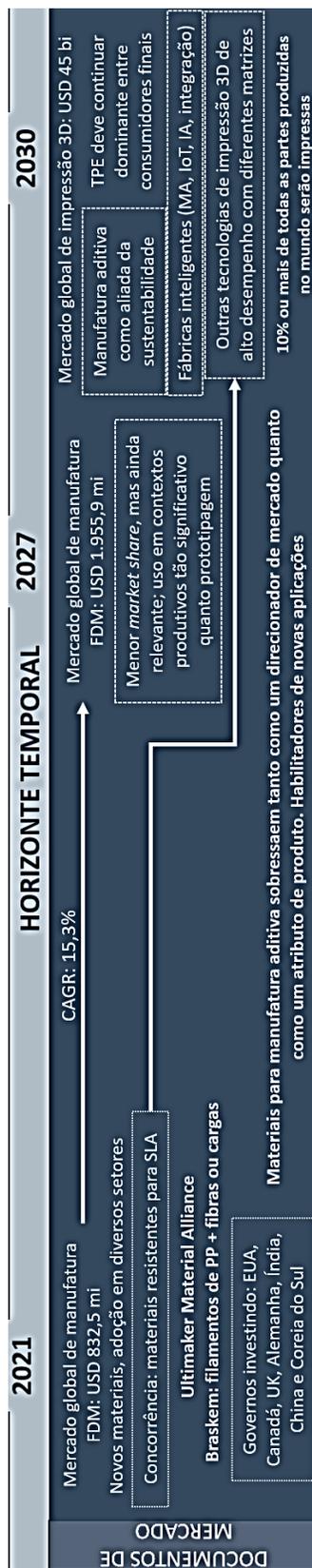
A Braskem, por sua vez, está ativa no desenvolvimento de materiais avançados para FDM, como comentou Fabio Lamon, gerente global de inovação e tecnologia para manufatura aditiva na empresa, em webnário da Revista Plástico Industrial:

“Quando investigamos os 20, 30 anos de impressão 3D identificamos materiais de engenharia para algumas aplicações e consolidação de alguns materiais. Mas a gente também aprendeu que adoção e aceleração passavam por desempenho, competitividade e o uso em aplicações high-end, aplicações onde se busca um desempenho melhor. Então a gente começou nossa jornada pelo polipropileno (PP), pelo balanço de propriedades que ele tem, e ele começa a responder a algumas necessidades, e a partir dele a gente já tem esforços em desenvolvimento que visam modificar esse produto para que se possa levar para a cadeia produtos com a utilização de cargas, fibras. A gente fala muito, já ouvi falar de materiais com fibra de carbono, com fibra de vidro, então nós também estamos atentos a essa tendência, já fazendo trabalhos que visam explorar o uso desses sistemas, combinando PP com outros polímeros, PP com outros materiais a fim de viabilizar soluções de alto desempenho e poder continuar contribuindo com a adoção” (Aranda Eventos, 2020).

Em direção ao futuro, diferentes fontes sustentam a ideia de que materiais para manufatura aditiva são tanto um forte direcionador de mercado quanto um atributo de produto principal, pois são novos materiais que habilitam novas aplicações e, portanto, abrem caminho para adoção desse grupo de tecnologias em novos contextos (Tucker et al., 2014; 3D Printing Industry, 2020; Jabil, 2020).

Finalmente, em relação ao horizonte de tempo mais longínquo considerado neste estudo, o ano de 2030, algumas tendências devem ser pontuadas. A extrusão com termoplásticos (TPE), de maneira geral, deve continuar dominante entre consumidores finais, isto é, entre usuários que demandam pequena escala, como os domésticos e pequenos empreendedores que produzem artigos de decoração e colecionáveis (IDTechEx, 2020); cabe ressaltar que atualmente TPE é sinônimo de FDM, mas no futuro podem existir outros métodos de impressão 3D baseados na extrusão de termoplásticos. Todavia, em relação ao uso da manufatura aditiva como tecnologia de fabricação em contextos industriais, muitos especialistas acreditam que outras tecnologias de impressão 3D de alto desempenho devem sobressair, em particular aquelas baseadas em matrizes metálicas (3D Printing Industry, 2020). Estima-se que em 2030 10% ou mais de todas as partes produzidas no mundo serão impressas e que a manufatura aditiva será uma grande aliada no estabelecimento de modos de produção e distribuição mais sustentáveis, isto é, que consumam menos energia, emitam menos poluentes e gerem menos lixo. A produção será cada vez mais customizada e próxima do local de consumo, diminuindo a necessidade de estoques ao mesmo tempo em que os tempos de entrega são reduzidos (3D Printing Industry, 2020). Também se projeta que as fábricas tornar-se-ão cada vez mais inteligentes e automatizadas, com a manufatura aditiva sendo integrada aos processos produtivos com o apoio de tecnologias como internet das coisas e inteligência artificial.

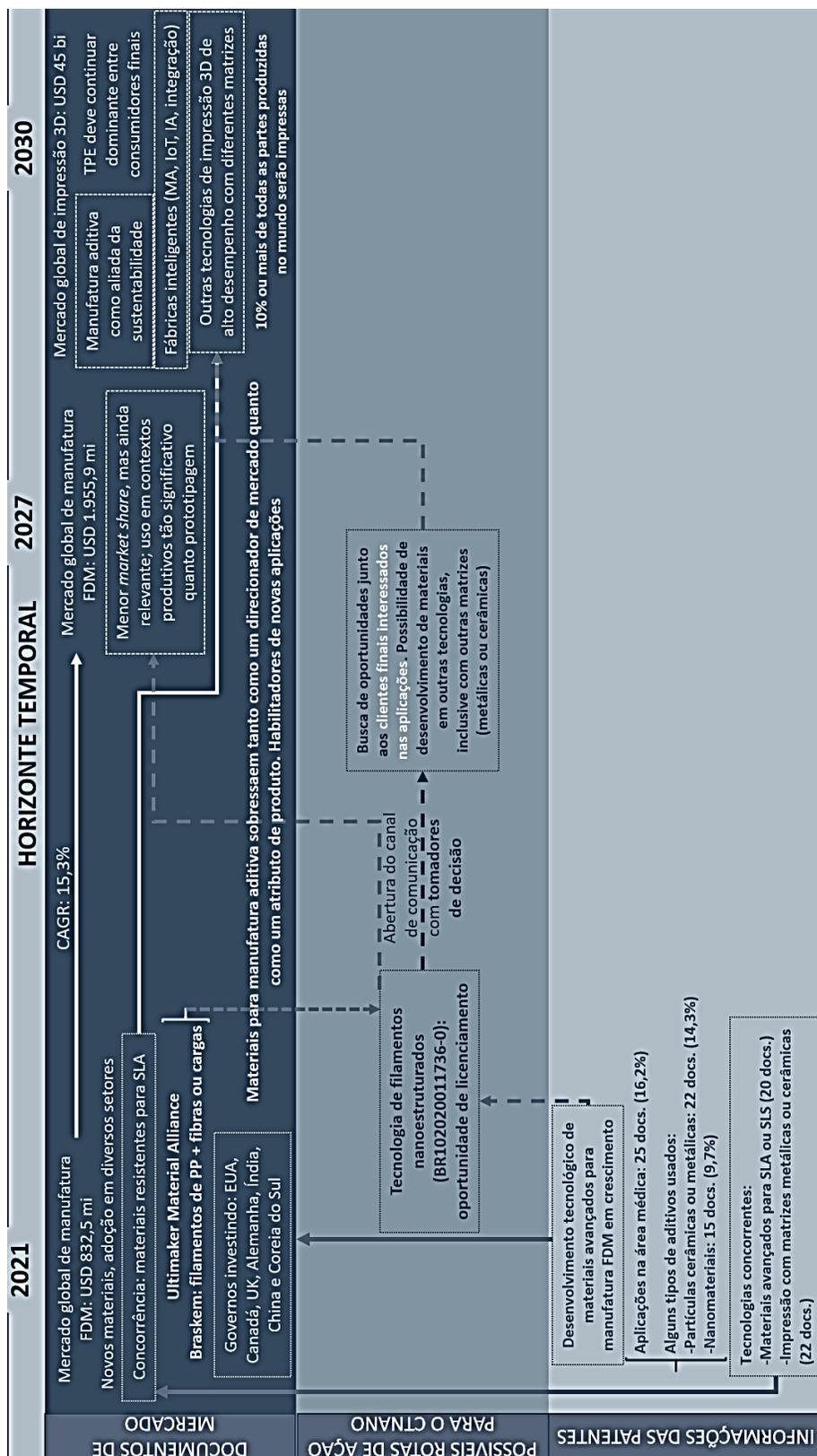
A Figura 5 apresenta a camada de informações de documentos de mercado construída para o mapa a partir do estudo relatado. Os marcos temporais assinalados, 2021, 2027 e 2030, referem-se aos anos com eventos destacados nos documentos, conforme descrito nos parágrafos anteriores.



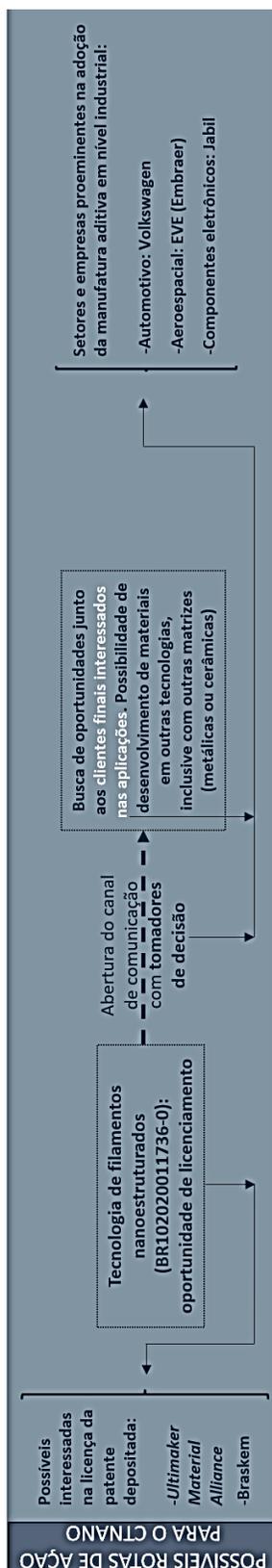
**Figura 5.** Camada com informações obtidas em documentos de mercado construída para o mapa a partir do estudo relatado. Elaboração: a autora.

### **4.3. Mapa diretivo**

A Figura 6 apresenta o mapa proposto. Além das camadas para informações dos estudos de patentes e de documentos de mercado, introduziu-se uma terceira, detalhada na Figura 7, para elencar possíveis caminhos de atuação do CTNano em resposta às tendências e cenários levantados com as camadas anteriores; seu posicionamento intermediário está relacionado ao papel desempenhado pelo Centro como ambiente de transferência tecnológica da Academia para outras esferas da sociedade. Os marcos temporais foram definidos a partir do cenário base (2021) e dos elementos de maior destaque no estudo de documentos de mercado. Essa versão já incorpora comentários tecidos pelas lideranças do CTNano na etapa de validação e exibe em cada camada somente elementos corretamente situados no horizonte temporal.



**Figura 6.** Mapa construído a partir dos estudos de patentes e de documentos de mercado. Elaboração: a autora.



**Figura 7.** Camada com possíveis caminhos para atuação do CTNANO em relação à tecnologia de filamentos nanoestruturados construída a partir dos estudos realizados. Elaboração: a autora.

Considerando os fatores favoráveis e desfavoráveis levantados no presente e projetados para o futuro, o CTNano pode focar seus esforços em dois núcleos sequenciais:

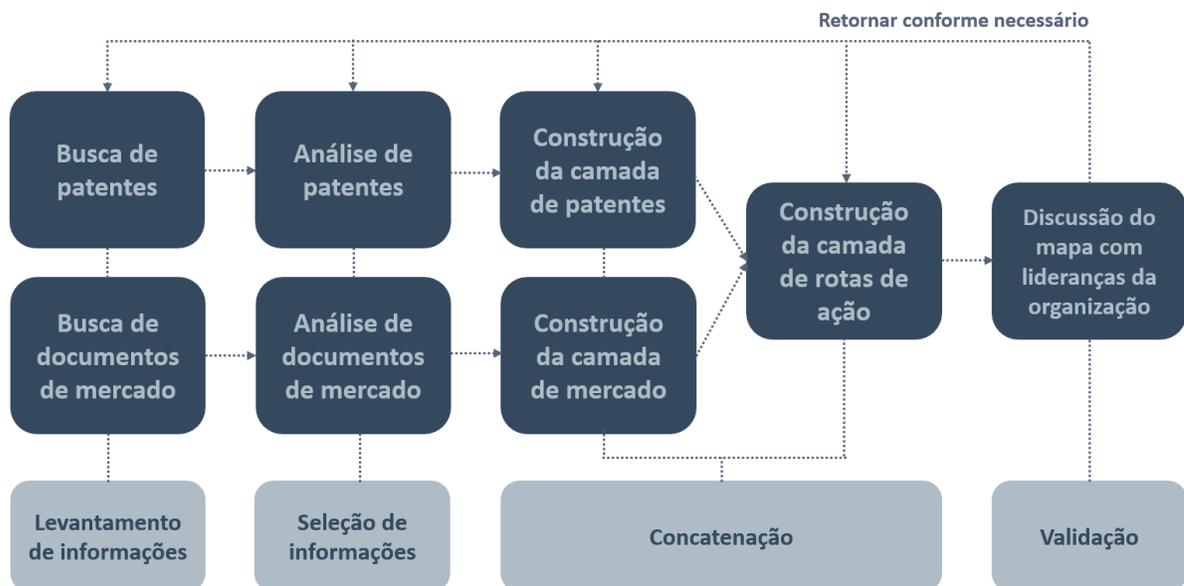
(i) em relação à tecnologia de filamentos nanoestruturados que já possui um depósito de patente: esse recurso pode ser usado como elemento de portfólio para estabelecer diálogo com grandes fabricantes de polímeros com *grades* (variedades) para impressão FDM, como a Braskem, ou, mais especificamente, com fabricantes de filamentos relevantes no cenário internacional, como a Ultimaker. Neste último caso, a *Ultimaker Material Alliance* pode ser um canal efetivo para licenciamento da tecnologia e inserção definitiva do CTNano no mercado da manufatura aditiva, viabilizando a captura de valor dos esforços em P&D já realizados no Centro em um cenário de tempo mais curto, por exemplo um a dois anos, e o aproveitamento de tendências projetadas até 2027. É nesta atividade que o Centro deveria focar de maneira mais imediata.

(ii) em relação à manufatura aditiva de modo mais geral: é importante considerar que a tecnologia FDM pode não ser a vencedora no contexto de produção industrial e das aplicações que requerem elevado desempenho funcional. O desenvolvimento de tecnologias substitutas pode comprometer a relevância do FDM no médio/longo prazos ou aprisioná-lo em algumas aplicações particulares nas quais ele permaneça como solução mais competitiva. Esse é um aspecto que pode ser analisado com maior profundidade, em complemento aos estudos já realizados. Porém, mesmo com as informações já levantadas entende-se que o CTNano deve, tanto quanto possível, buscar oportunidades de desenvolvimento de materiais a partir da interação com clientes finais, isto é, com as empresas que de fato podem vir a usar os materiais de interesse no contexto industrial, e não apenas os fabricantes dos insumos, como indicado no primeiro núcleo de ação. Desse modo, o Centro estará exposto à possibilidade de capturar valor contido em outras tecnologias de manufatura aditiva. Espera-se que a inserção no mercado proposta no item (i) facilite esse envolvimento com clientes finais, na medida em que abra canais de acesso aos tomadores de decisão nas empresas usuárias. Sob essa perspectiva, o CTNano atuaria como originador do desenvolvimento tecnológico que poderia ser compartilhado com ou licenciado para fabricantes de insumo e comercializado para o cliente final – e, a depender do papel estratégico, para outras empresas do mesmo setor. Nesse caso, os esforços necessários poderiam ser iniciados em um horizonte de curto ou médio prazo com a intenção de se desenrolar no longo prazo, de modo a se aproveitar das tendências projetadas para 2030.

Ilustrando quem podem ser esses clientes finais ou empresas usuárias, alguns dos setores proeminentes para adoção da impressão 3D em nível industrial citados com maior frequência nos documentos analisados são o automotivo, o aeroespacial e o de componentes eletrônicos. No setor automotivo, por exemplo, a Volkswagen está trabalhando junto à HP com manufatura aditiva em escala, e pretende chegar a imprimir 100.000 peças por ano (Mordor Intelligence, 2020). Já no setor aeroespacial, a Eve é uma subsidiária da Embraer que em um curtíssimo intervalo de tempo recebeu 250 encomendas de um veículo elétrico de decolagem e pouso vertical, o *eVTOL* (*Vertical Take-Off and Landing*) (Seu Dinheiro, 2021) e potencialmente se beneficiará de componentes impressos de alto desempenho e pouco peso. No setor de componentes eletrônicos, por sua vez, a Jabil tem a manufatura aditiva como dimensão estratégica do negócio (Jabil, 2020) e pode ter interesse em discutir parcerias para desenvolvimento e uso de materiais avançados a nível nacional.

#### 4.4. Desenho do processo

A Figura 8 apresenta o desenho processual da abordagem para monitoramento tecnológico e mercadológico desenvolvida.



**Figura 8.** Resumo gráfico da abordagem para monitoramento tecnológico e mercadológico desenvolvida. Elaboração: a autora.

O processo tem início com o levantamento de informações sobre a tecnologia de interesse por meio de buscas de patentes e documentos de mercado em bases de dados ou buscadores com apoio de palavras-chave adequadas. Em seguida, é feita uma seleção das informações relevantes e atinentes por meio da análise das estruturas extraídas das patentes (e, conforme necessário, dos resumos) e da leitura crítica dos documentos de mercado. Com as informações selecionadas, as camadas do mapa correspondentes às patentes e ao mercado são construídas e justapostas para proposição da camada de rotas de ação que a organização pode seguir. Finalmente, o mapa completo é levado à discussão com membros internos e de papel estratégico para validação e identificação de pontos de retorno no processo, conforme necessário.

No teste piloto realizado com a tecnologia de filamentos nanoestruturados, as principais considerações das lideranças consultadas sobre a versão preliminar do mapa a elas apresentada referiram-se ao detalhamento da camada com possíveis rotas de ação para o CTNano, por meio da indicação de empresas que poderiam ser contatadas na busca por clientes interessados em aplicações finais para desenvolvimentos a médio e longo prazos.

#### **4.5. Considerações sobre a abordagem proposta**

Pensando na replicação da abordagem proposta em outros contextos, cabe tecer algumas considerações. Em primeiro lugar, os resultados obtidos são altamente dependentes do recorte feito ao se definir a tecnologia de interesse, com quais outras ela é comparável e quais são os elementos relevantes pelos quais ela está envolvida quando empregada na prática. Por esse motivo, o sucesso no uso desta abordagem requer um conhecimento prévio de certa magnitude sobre a tecnologia em foco para operar os estudos propostos, povoar as camadas do mapa e articular adequadamente seus elementos. Também é de fundamental importância envolver na etapa de validação do mapa agentes internos com bagagens diversas, que consigam observá-lo de diferentes perspectivas e sem o vício no olhar de quem esteve imerso em sua confecção, a fim de aumentar as chances de se identificar aspectos negligenciados ou superestimados.

Em relação à influência na cultura e comportamento do CTNano, o delineamento e aplicação piloto da abordagem proposta carregam um bem-vindo balanceamento da visão mais tecnicista típica de um ambiente de desenvolvimento intensivo em ciência e tecnologia com a ponderação de aspectos de natureza mercadológica e estratégica necessários a uma organização

que deseja se orientar cada vez mais ao desenvolvimento de produto, como apontam outras iniciativas de pesquisa em andamento (Resende et al., 2017, Vasconcellos et al., 2021). A consideração desses aspectos de maneira sistematizada e estruturada também é benéfica à condução de projetos nos quais alguma captura de valor é nebulosa e incerta, em particular aqueles desenvolvidos a partir de ideias originadas dentro do Centro, e não a partir de demandas externas, jogando luz sobre caminhos que podem ser trilhados para ativamente perseguir essa captura de valor.

Sobre o potencial de transbordamento e difusão interna, para que a abordagem proposta possa transbordar para outras linhas de pesquisa e desenvolvimento, antes é necessário que seja feito um reconhecimento daquelas que carecem de visibilidade em relação a potenciais meios de captura de valor ou, de modo alternativo, em que os parceiros e clientes envolvidos têm interesse em agregar monitoramento tecnológico e mercadológico ao escopo de projetos já contratados. O Centro dispõe de recursos bastante limitados e pré-direcionados, de tal maneira que qualquer esforço adicional precisa ser bem ponderado. Considerando sua aplicação em novos projetos, essa abordagem poderia, a curto prazo, ser incorporada às etapas iniciais de execução, após o planejamento, apropriando-se de levantamentos sobre os estados da arte e da técnica que usualmente são realizados no período de negociação e apoiando o direcionamento para desenvolvimento de produto que o Centro deseja priorizar. A ideia é que, uma vez definido o escopo do desenvolvimento tecnológico, o uso dessa abordagem possa elucidar caminhos para que os produtos subsequentes cheguem ao mercado, dentro do escopo do projeto. Para tanto, é importante envolver pelo menos um agente interno com conhecimento técnico no tema de interesse; dependendo da dificuldade de operacionalização, pode-se incluir um representante do quadro gerencial do CTNano como corresponsável. Com o amadurecimento do foco em desenvolvimento de produto no CTNano, ao longo do tempo, pode-se refletir sobre a possibilidade de combinar a abordagem desenvolvida ao cardápio de estudos já realizados nas negociações de novos projetos. De toda forma, para que a proposta seja difundida e evolua dentro da organização, por meio de outros integrantes e projetos, um trabalho a princípio intenso e a médio prazo continuado de apresentação, treinamento e acompanhamento será necessário.

Finalmente, quanto a melhorias futuras e diálogo com outros métodos, para que a avaliação dos resultados das coletas e a proposição de rotas de ação possa gradualmente contar com a perspectiva de mais pessoas, de modo a tornar-se uma prática colaborativa no futuro, é fundamental

engajar aliados internos, em frentes técnicas e de gestão. Um caso de sucesso na aplicação da abordagem, em que ela de fato contribua para alguma captura de valor, seria de grande importância nesse trabalho de convencimento. Ademais, essa seria uma forma de aproximação interessante e bem-vinda em relação à metodologia clássica de *Roadmapping*. Contar com a participação de especialistas e realizar workshops colaborativos para construção das camadas do mapa sem dúvida seria muito enriquecedor.

## 5. CONCLUSÕES

Neste trabalho uma abordagem de monitoramento tecnológico e mercadológico para o CTNano/ UFMG foi proposta e confrontada pela primeira vez com a tecnologia de filamentos poliméricos nanoestruturados. Como foco de ação mais imediata do Centro em relação à tecnologia, visando à captura de valor, defendeu-se a tentativa de licenciamento da patente depositada junto a fabricantes de insumos para impressoras com tecnologia FDM que se destacaram no estudo de documentos de mercado.

Em termos de limitações, a abordagem proposta é fortemente impactada pelo recorte estabelecido na definição dos termos de busca para patentes e documentos de mercado, exigindo uma reflexão cuidadosa e certo repertório prévio ao aplicá-la. Além disso, como exige a leitura completa dos documentos de mercado priorizados e, em muitos casos, dos resumos das patentes, o número total de documentos avaliados é limitado pela disponibilidade de tempo do recurso humano disponível e substancialmente menor em relação a métodos de mineração de dados com maior grau de automatização. Um terceiro ponto a se considerar é a forma de acesso a documentos. No teste piloto, por questões orçamentárias, limitou-se a busca àqueles disponíveis publicamente; todavia, pode haver informações valiosas restritas a documentos com acesso pago e, conforme disponibilidade, deve-se avaliar a hipótese desse investimento.

Já em termos de contribuições, o estudo tem viés mais prático, buscando auxiliar a tomada de decisão organizacional para captura de valor, mas elabora um passo a passo que pode ser lapidado e ajustado para outros contextos dentro e fora do CTNano. Do ponto de vista teórico, o objetivo de produzir julgamentos sobre as características de tecnologias emergentes, caminhos de desenvolvimento e potenciais impactos no futuro associado aos EFT foi concretizado por meio da combinação de aspectos de duas perspectivas, patentometria e *Roadmapping*, a fim de sintetizar informações tecnológicas e mercadológicas e indicações de rotas de ação em um objetivo gráfico fortemente comunicativo. No caso da patentometria, não foi explorado o potencial de mineração de dados mais intensiva e automatizada, e no do *Roadmapping*, não foram envolvidas práticas tradicionais de construção colaborativa; esses aspectos poderiam ser incorporados futuramente para robustecer a proposta metodológica.

Por fim, o teste preliminar da abordagem sugere que para embasar a tomada de decisão sobre uma tecnologia bastante específica é necessário explorar aspectos mais amplos do espectro

tecnológico e do mercado em questão, e quanto mais longo o horizonte de tempo, maior a amplitude dos aspectos a serem considerados. Nesse sentido, uma oportunidade de trabalho futuro é a categorização dos aspectos de cada camada do mapa (patentes, caminhos de atuação e mercado) visando sistematizar a abordagem proposta. Essa categorização seria uma definição de tipos de informação a serem sempre buscados para composição de cada camada, uma espécie de lista de conferência para guiar o trabalho. Por exemplo, com base no teste da abordagem com a tecnologia de filamentos nanoestruturados, para a camada de patentes poderiam ser definidas as seguintes categorias: estágio do ciclo de vida (iniciação, crescimento ou estabilização); áreas de concentração das aplicações; característica de maior interesse nas invenções; componentes recorrentes nas invenções de maior interesse; e frequência de tais componentes. Desse modo, a abordagem seria enriquecida como ferramenta para tomada de decisão bem-informada.

## REFERÊNCIAS

- 3D Printing Industry. (23 jan. 2020). Disponível em: <https://3dprintingindustry.com/news/100-3d-printing-experts-predict-the-future-of-3d-printing-in-2030-167623/>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- Abbas, A., Zhang, L., & Khan, S. U. (2014). A literature review on the state-of-the-art in patent analysis. *World Patent Information*, 37, 3–13. <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2013.12.006>.
- Altuntas, S., Dereli, T., & Kusiak, A. (2015). Forecasting technology success based on patent data. *Technological Forecasting and Social Change*, 96, 202–214. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.03.011>.
- [ARANDA EVENTOS]. (14 out. 2020). 5º Webinar PI - A manufatura aditiva (impressão 3D) como aliada da indústria de plásticos [Arquivo de vídeo]. Disponível em: <https://youtu.be/9NVHgIR2A5s>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- Castilho, J., Dias, J., Bagno, R. B., Freitas, J. S., & Cheng, L. C. (2015). A methodology to build an initial R&D portfolio for industry-university cooperation. *2015 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*, 257–269. <https://doi.org/10.1109/picmet.2015.7273184>.
- Ciarli, T., Coad, A., & Rafols, I. (2016). Quantitative analysis of technology futures: A review of techniques, uses and characteristics. *Science and Public Policy*, 43(5), 630–645. <https://doi.org/10.1093/scipol/scv059>.
- Cuhls, K. (2003). From forecasting to foresight processes - New participative foresight activities in Germany. *Journal of Forecasting*, 22(2), 93–111. <https://doi.org/10.1002/for.848>.
- European Commission (DG Research) & European Patent Office. (2007). Disponível em: [https://ec.europa.eu/invest-in-research/pdf/download\\_en/patents\\_for\\_researchers.pdf](https://ec.europa.eu/invest-in-research/pdf/download_en/patents_for_researchers.pdf). Acesso em: 27 jan. 2022.
- European Patent Office. (2020). Disponível em: <https://www.epo.org/searching-for-patents/technical/espacenet.html>. Acesso em: 08 ago. 2021.
- Faria, L. R. (2015). *Análise do desenvolvimento tecnológico a partir de documentos de patentes: um estudo de caso em processos de biolixiviação*. [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- Fortune Business Insight. (2020a). Disponível em: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/3d-printing-market-101902>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- Fortune Business Insight. (2020b). Disponível em: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/3d-printing-market-101902>. Acesso em: 20 jun. 2021.

Freitas, J. S., Oliveira, M. G., Bagno, R. B., Melo Filho, L. D. R., & Cheng, L. C. (2020). A Bottom-Up Strategic Roadmapping Approach for Multilevel Integration and Communication. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1–13. <https://doi.org/10.1109/TEM.2020.3037189>.

Gran View Research. (2020). Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/3d-printing-industry-analysis#:~:text=Report%20Overview,8.04%20million%20units%20by%202027>. Acesso em: 20 jun. 2021.

IDTechEx. (2020). Disponível em: <https://www.idtechex.com/en/research-report/3d-printing-and-additive-manufacturing-2020-2030-covid-edition/765>. Acesso em: 20 jun. 2021.

Impressora Blog. (26 ago. 2013). Disponível em: <http://www.impressora.blog.br/fim-das-patentes-impulsiona-mercado-de-impressao-3d/>. Acesso em: 20 jun. 2021.

INPI. (2021). Manual Básico para Proteção por Patentes de Invenções, Modelos de Utilidade e Certificados de Adição. Ministério Da Economia, 1996. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/guia-basico/ManualdePatentes20210706.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2021.

Jabil. (2020). Disponível em: <https://www.jabil.com/blog/future-of-3d-printing-additive-manufacturing-looks-bright.html>. Acesso em: 20 jun. 2021.

Jeong, Y., & Yoon, B. (2015). Development of patent roadmap based on technology roadmap by analyzing patterns of patent development. *Technovation*, 39–40(1), 37–52. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2014.03.001>.

Jus.com.br. (2017). Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/56606/os-trade-secrets-as-patentes-e-a-formula-da-coca-cola>. Acesso em: 16 ago. 2021.

Khramova, E., Meissner, D., & Sagieva, G. (2013). Statistical Patent Analysis Indicators as a Means of Determining Country Technological Specialisation. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2247936>.

Mordor Intelligence. (2020). Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/3d-printing-market>. Acesso em: 20 jun. 2021.

Oliveira, M. G., Freitas, J. S., Fleury, A. L., Rozenfeld, H., Phaal, R., Probert, D. (2019). *Roadmapping: uma Abordagem Estratégica para o Gerenciamento da Inovação em Produtos, Serviços e Tecnologias* (1ª ed.). Rio de Janeiro: Alta Books.

Oliveira, M. G., Freitas, J. S., Pereira, B. S., & Guerra, P. V. (2020). Exploring the Involvement of Experts in Strategic Roadmapping with Large Groups. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1–11. <https://doi.org/10.1109/TEM.2020.3026936>.

- Perez, A., Roberson, D., & Wicker, R. (2014). Fracture Surface Analysis of 3D-Printed Tensile Specimens of Novel ABS-Based Materials. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 14(3), 343-353. <https://doi.org/10.1007/s11668-014-9803-9>.
- Phaal, R., Farrukh, C., & Probert, D. (2001). *T-plan: The Fast Start to Technology Roadmapping. Planning Your Route to Success* (1ª ed.). Cambridge: University of Cambridge.
- Phaal, R., Farrukh, C. J. P., & Probert, D. R. (2004a). Customizing roadmapping. *Research – Technology Management*, 47(2), 26–37. <https://doi.org/10.1080/08956308.2004.11671616>.
- Phaal, R., Farrukh, C. J. P., & Probert, D. R. (2004b). Technology roadmapping — A planning framework for evolution and revolution. *Technological Forecasting and Social Change*, 71, 5–26. [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(03\)00072-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(03)00072-6).
- Porter, A. L., Ashton, W. B., Clar, G., Coates, J. F., Cuhls, K., Cunningham, S. W., Ducatel, K., Van Der Duin, P., Georgehiou, L., Gordon, T., Linstione, H., Marchau, V., Massari, G., Miles, I., Moge, M., Salo, A., Scapolo, F., Smits, R., & Thissen, W. (2004). Technology futures analysis: Toward integration of the field and new methods. *Technological Forecasting and Social Change*, 71(3), 287–303. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2003.11.004>.
- Porter, A. L. (2010). Technology foresight: Types and methods. *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, 6(1–3), 36–45. <https://doi.org/10.1504/IJFIP.2010.032664>.
- Resende, R. G., Bagno, R. B., Silva, G. G., Moreira, L. C., Amaral, A. M. A., & Guerra, P. V. (2017). Processo de Desenvolvimento de Produtos Integrado com a Metodologia de Avaliação de Prontidão Tecnológica: Proposta para um Centro de Tecnologia em Nanomateriais. *Blucher Design Proceedings*, 3(12), 1030–1039. <https://doi.org/10.5151/cbgdp2017-108>.
- Ribeiro, N. M. (1ª ed.). (2018). *Prospecção tecnológica, Volume 1*. Salvador: IFBA.
- Seu Dinheiro. (16 jun. 2021). Disponível em: [https://www.seudinheiro.com/2021/colunistas/seu-mentor-de-investimentos/carro-voador-eve-embraer-ivan-santanna/?xpromo=XV-MI-SD-NL-BSD-X-X-MANHA-X-X&utm\\_source=SD&utm\\_medium=X&utm\\_campaign=XV-MI-SD-NL-BSD-X-X-MANHA-X-X&e=bWFYyaW5hcHJhc3NAZ21haWwuY29t](https://www.seudinheiro.com/2021/colunistas/seu-mentor-de-investimentos/carro-voador-eve-embraer-ivan-santanna/?xpromo=XV-MI-SD-NL-BSD-X-X-MANHA-X-X&utm_source=SD&utm_medium=X&utm_campaign=XV-MI-SD-NL-BSD-X-X-MANHA-X-X&e=bWFYyaW5hcHJhc3NAZ21haWwuY29t). Acesso em: 26 jun. 2021.
- Souza, M. L. P., Souza Jr., W. C., Freitas, J. S., Melo Filho, L. D. R., & Bagno, R. B. (2020). Agile Roadmapping: A management Tool for Digital Entrepreneurship. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1–15. <https://doi.org/10.1109/tem.2020.3027918>.
- Shane, S. A. (2004). *Academic entrepreneurship: university spinoffs and wealth creation* (1ª ed.). Northampton: Edward Elgar Publishing, Inc.
- The State Council The People's Republic of China. (2016). Disponível em: [http://www.gov.cn/xinwen/2016-03/17/content\\_5054992.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2016-03/17/content_5054992.htm). Acesso em: 16 ago. 2021.

Tucker, K., Tucker, D., Eastham, J., Gibson, E., Varma, S., & Daim, T. (2014). Network Based Technology Roadmapping for Future Markets: Case of 3D Printing. *Technology and Investment*, 5(3), 137–156. <https://doi.org/10.4236/ti.2014.53014>.

Vasconcellos, E. P., Souza, P. M. T. G., Franco, M. R., Castro, V. G., Souza, L. V., Lago, R. M., & Speziali, M. G. (2021). Escalonamento de tecnologias: Desenvolvimento de produto e processo do laboratório à escala piloto conectado ao mercado (Parte 1). *Química Nova*, 44(3), 377–384. <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170665>.

Wang, X., Jiang, M., Zhou, Z., Gou, J., & Hui, D. (2017). 3D printing of polymer matrix composites: A review and prospective. *Composites Part B: Engineering*, 110, 442-458. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.11.034>.