

ROADMAP TECNOLÓGICO: AÇOS/LIGAS

SUZANA BORSCHIVER

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Núcleo de Estudos Industriais e Tecnológicos (NEITEC), Escola de Química, Brasil, suzana@eq.ufrj.br

JÚLIA ATHAYDE DA COSTA NASCIMENTO

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Núcleo de Estudos Industriais e Tecnológicos (NEITEC), Escola de Química, Brasil, juliaathayde@eq.ufrj.br

FLÁVIA ANDRADE

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Núcleo de Estudos Industriais e Tecnológicos (NEITEC), Escola de Química, Brasil, flaviagdeandrade@gmail.com

FLÁVIA RIBEIRO

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Núcleo de Estudos Industriais e Tecnológicos (NEITEC), Escola de Química, Brasil, flaviarvila@gmail.com

RESUMO

A fabricação do aço consiste de quatro principais etapas: preparação da carga, redução, refino e laminação. O foco deste trabalho está nas duas últimas etapas da produção: refino e laminação. O trabalho recorreu a análise de artigos (SCOPUS), publicações em mídia especializada e patentes (USPTO), de 2006 a 2016/9, para identificar tendências tecnológicas e mercadológicas da produção de aços ou ligas. O produto final será a organização e visualização dessas informações no *Roadmap* Tecnológico em uma análise temporal (estágio atual, curto, médio e longo prazo), relacionando-os com fatores críticos (Mercado, Produto e Tecnologia) convertidos em: Foco do Documento, Aplicação, Processo, Propriedades e Material. As empresas *JFE Steel Corporation*, *Kobe Steel* e *Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation* destacaram-se no *Roadmap*. As três empresas aparecem numa perspectiva de Estágio Atual, Curto e Médio Prazo, com projetos associadas ao tema. É possível destacar a grande presença de *clusters* de parcerias ou redes de cooperação, o que indica a intensa partilha de informações e conhecimento no desenvolvimento de tecnologias para aços/ligas.

Palavras chave: *technology roadmap*; mapeamento tecnológico; prospecção tecnológica; ligas metálicas

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 (CASTRO et al., 1998b, 1999).

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. 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. Um exame nas tecnologias patenteadas pode produzir indicações da direção de mudanças tecnológicas (ALENCAR et al., 2007).

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 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. Nesse estudo, será explorado o caso prático de identificação de tendências tecnológicas para a indústria de aços/ligas, mais especificamente para o segmento de processos de fabricação, 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 1, a seguir, apresenta uma síntese destas etapas.

Figura 1. 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 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. (BORSCHIVER e SILVA, 2016).

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* 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 depositadas; 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 supracitado, nesta etapa se constrói o fundamento teórico do setor industrial ou da empresa a ser estudada. No presente estudo, originado de um estudo realizado pela equipe NEITEC (<http://neitec.com/>) para o Instituto SENAI de Inovação em Metalurgia e Ligas Especiais, em 2016, analisaremos o setor de Ligas Metálicas com foco em Solidificação/*Rolling*.

A fabricação do aço consiste de quatro principais etapas: preparação da carga, redução, refino e laminação. Foram definidos, junto com o SENAI, os principais processos relacionados a aços e ligas: *thermomechanical controlled process*, *rolling*, *heat treatment*, *solidification* e *alloy design*. Nesse contexto, a pesquisa por documentos técnicos relacionados ao tema foi realizada através da combinação dos nomes dos processos, com o material a ser estudado (aço ou liga) e com a palavra “*simulation*”, nos campos de “título”, “resumo” e “palavra-chave”, para realizar uma busca direcionada com foco no interesse do cliente. Foram analisados 280 artigos para estas palavras-chave. A pesquisa por patentes concedidas e depositadas relacionadas ao tema foi realizada com a mesma estratégia de busca dos artigos científicos, sendo analisadas 154 patentes.

2.2. Etapa Prospectiva – Busca de documentos técnicos

A metodologia de pesquisa, empregada na fase de mapeamento de artigos científicos dentro do contexto de Ligas Metálicas com foco em Solidificação/*Rolling*, consistiu em busca por palavras-chave na base de dados Scopus (<http://www.scopus.com/>). O levantamento de informações, dentro do escopo do trabalho, oriundas de documentos de patentes consistiu em busca por palavras-chave na base de dados USPTO e no escritório brasileiro de patentes, o Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI - (www.inpi.gov.br).

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: 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 buscas direcionadas em sites das empresas presentes nos documentos em estudo, artigos científicos e outras publicações que indicam tempo presente.
- Curto prazo: onde são mostrados os *players* que estarão atuando em um cenário de curto

prazo. Neste item, estão dispostos todos os centros de pesquisa identificados, além de empresas e universidades que apresentaram mais de uma patente concedida e que tem como origem os países identificados como destaque na análise macro das patentes concedidas deste documento. Lê-se como destaque os países que apresentaram mais de três patentes concedidas no setor.

- Médio prazo: onde são mostrados os *players* que estarão atuando em um cenário de médio prazo. Aqui, estão dispostos todos os centros de pesquisa identificados, as universidades dos países identificados como destaque na análise macro das patentes solicitadas e empresas com mais de uma patente depositada e que tem como origem os países identificados como destaque. Lê-se como destaque os países que apresentaram mais de três patentes depositadas no setor.
- Longo prazo: onde são mostrados os *players* em um cenário de longo-prazo. Neste cenário, estão dispostas as empresas e centros de pesquisa que possuem mais de um artigo e universidades que possuem mais de cinco artigos no setor.

O eixo vertical foi dividido em cinco seções que correspondem aos seguintes *drivers* do *roadmap*:

- “Foco do documento”: apresenta as principais tendências do mercado que estão sendo desenvolvidas: A subdivisão apresenta as taxonomias com o foco principal do documento, são elas: “Método/Tecnologia”, “Modelagem”, “Processo”, “Controle de Processo”, “Análise Experimental”, “Propriedades”, “Material”, “Síntese” e “Aplicação”.
- “Aplicação”: mostra os setores específicos de aplicação de cada documento analisado. Neste item estão dispostas as principais aplicações identificadas: “Indústria automotiva”, “Medicina”, “Indústria de óleo e gás”, “Indústria de energia”, “Construção civil”, “Indústria eletroeletrônica”, “Indústria química” e “Indústria metalúrgica”.
- “Processo”: mostra os processos estudados em cada documento analisado. Neste item estão dispostos os processos de interesse do Instituto SENAI (*solidification, rolling, heat treatment* e *TMCP*), além de mais dois identificados ao longo do estudo (*casting* e *forming*).
- “Material”: mostra os dois tipos de materiais estudados nos documentos analisados, aço e liga. Além dos materiais em separado, está disposta também a opção “aço e liga”, para os *players* que tem como foco os dois materiais.
- “Propriedades”: mostra as propriedades identificadas nos documentos analisados. No *roadmap*, foram selecionadas as propriedades que apareceram com maior frequência no estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Roadmap - Estágio atual

Na Figura 2, pode-se observar o recorte do *roadmap* para o cenário de Estágio Atual. Nota-se que não há a presença de *clusters* de *players* que possuem o mesmo foco do documento. No entanto, pode-se observar a presença de três *clusters* de parcerias. O primeiro, envolvendo a empresa indiana de aço *Tata Steel*, o centro belgo de pesquisa e inovação na fabricação de metais *Centre for Research in Metallurgy* e a universidade alemã *TU Bergakademie Freibergm*, tradicionalmente forte na área de mineração e metalurgia. O foco do documento desta parceria consiste em estudo

de variáveis de processo de laminação e propriedades de aços, o que pode ser identificado no artigo “*Improving strip cleanliness after cold rolling*”, de 2011.

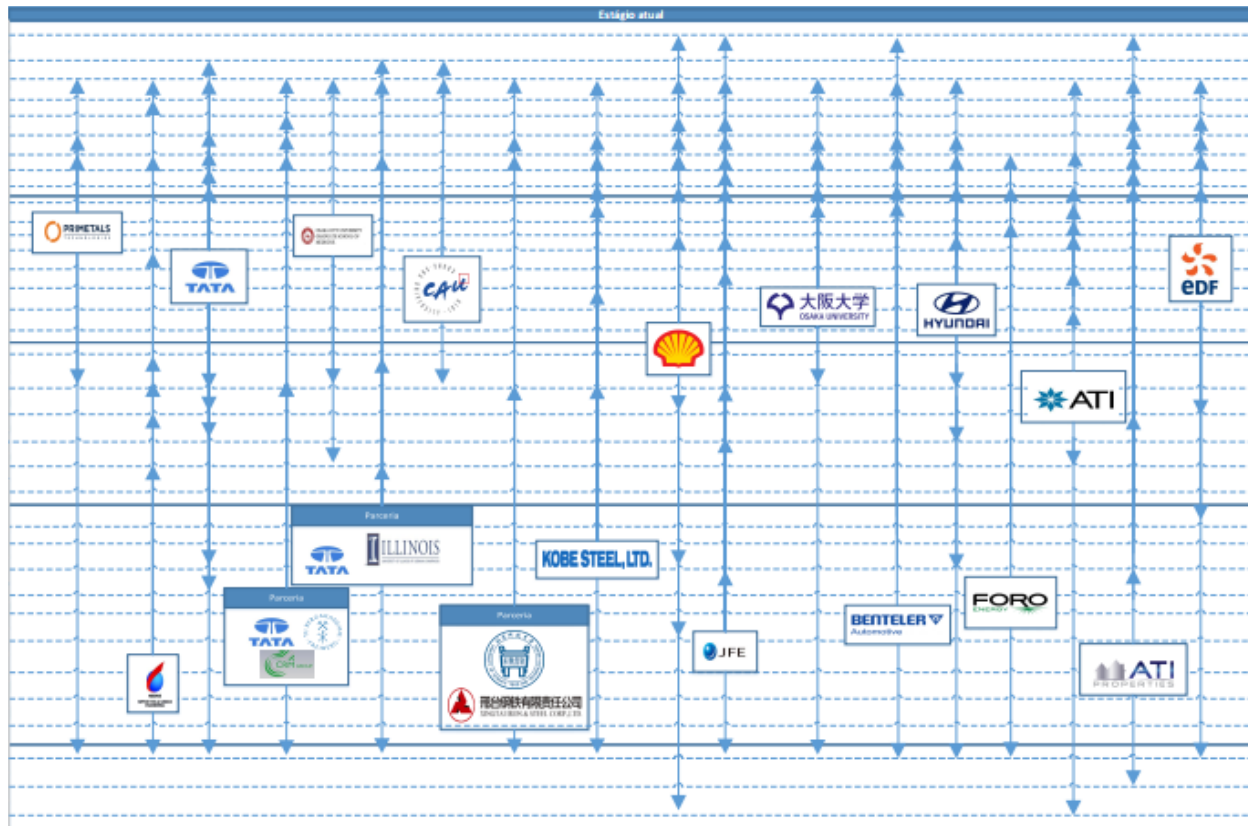
A segunda parceria envolve a empresa já mencionada *Tata Steel* e a universidade americana *University of Illinois at Urbana-Champaign*, que possui um departamento especializado na tecnologia de minas e metalurgia. O foco desta parceria está em modelagem de processos de *solidification* e *casting*.

A terceira parceria envolve a universidade chinesa *University of Science and Technology Beijing* e a *Xingtai Iron and Steel Co*, empresa chinesa especializada em máquinas de aço. Esta parceria publicou o artigo “*Contrast on non-metallic inclusions control in wire rods for saw wire*”, de 2016, que possui como foco processos de *solidification* e estudo de propriedades de aços.

A taxonomia que mais aparece neste estágio temporal é relativa a “Processo”, indicando que os autores dos diversos tipos de documentos analisados definem que tipo de processo é utilizado em suas pesquisas. Esta taxonomia é seguida por “Material”, o que indica que esses artigos mostram materiais específicos nos documentos.

Podem-se destacar as empresas pioneiras na produção de aço, como: *Tata Steel*, *JFE Steel Corporation* e *ATI Properties, Inc*. Todas elas possuem como foco estudos de processos de fabricação de aços/ligas, dentre outros. Outro destaque é a presença de muitas empresas do setor automobilístico como a *Toyota*, *Volkswagen*, *Scania*, *Fiat*, *General Motors (GM)*, *Foton* e *MAM* (subsidiária da *Volkswagen*).

Figura 2. Roadmap Tecnológico Ligas Metálicas: Estágio atual.



Fonte de informação: Elaboração própria.

3.2. Roadmap - Curto prazo

Na Figura 3, pode-se observar o recorte do *roadmap* para o cenário de curto prazo. Nota-se a presença de dois *clusters* de *players* que possuem o mesmo foco do documento, onde aparecem empresas, universidades e centros de pesquisa. É interessante perceber que *players* diferentes possuem os mesmos focos. Como exemplo, temos a universidade *University of Nebraska* e a empresa *DexCom, Inc.*, que, separadamente, possuem patentes concedidas na área de aplicação de medicina, utilizando ligas metálicas nos seus aparatos desenvolvidos. O outro *cluster* é o que engloba o centro de pesquisa *Agency of Science, Technology and Research* e a empresa *Amphenol Corporation*, que possuem como foco o processo de TMCP aplicado à indústria eletroeletrônica.

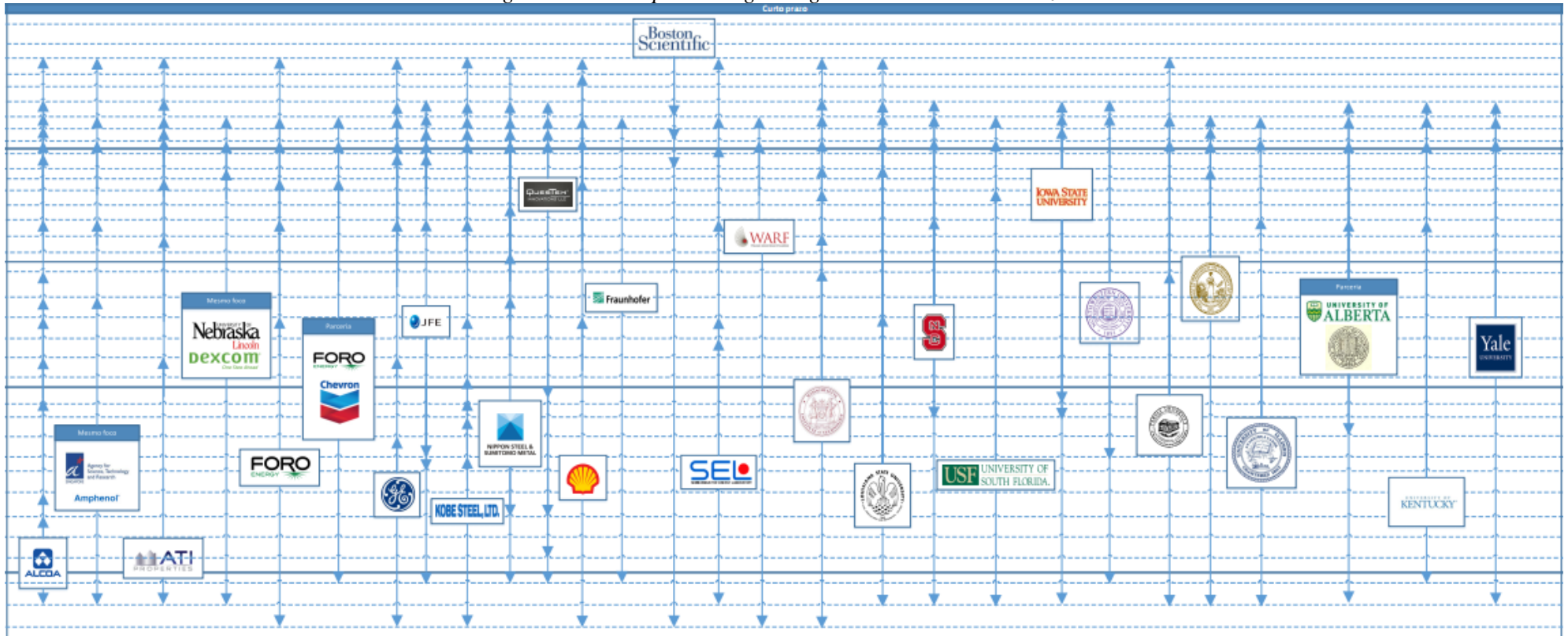
Também se observa a presença de dois *clusters* de parcerias. O primeiro, envolvendo duas empresas do setor de energia *Foro Energy* e *Chevron*, que possui foco do documento em “Material” e “Aplicação”, na patente “*Laser assisted system for controlling deep water drilling emergency situations*” (9,291,017). Já o segundo *cluster* envolve duas universidades, uma do Canadá (*University of Alberta*) e uma dos EUA (*University of California*), que possuem pesquisas na área de tecnologias avançadas para mineração. Esta parceria possui uma patente concedida, “*Micro/nano devices fabricated from Cu-Hf thin films*” (8,458,811), que trata do desenvolvimento de aparelhos fabricados com filmes metálicos, com foco do documento em “Propriedades”, “Material” e “Aplicação”.

Empresas que estavam presentes no Estágio Atual também estão presentes neste estágio temporal, como, por exemplo, a *Shell Oil Company*, a *Kobe Steel, LTD.*, a *ATI Properties, Inc.*, a *Foro Energy* e *JFE Steel Corporation*, com tendências parecidas, no geral. Pode-se citar a *Foro Energy*, que, no Estágio Atual, possui foco em “Aplicação” e “Material”, enquanto no Curto Prazo, possui esse mesmo foco, além de “Processo”.

A taxonomia que mais aparece neste estágio temporal é “Material”, indicando que os *players* detentores dessas patentes concedidas definem que tipo de material é utilizado nas suas pesquisas. Esta taxonomia é seguida por “Aplicação”, o que indica que essas patentes possuem aplicações específicas também descritas no documento.

É possível destacar as empresas que são tradicionalmente detentoras da tecnologia de produção de aço, são elas: *Alcoa, Inc.*, *JFE Steel Corporation*, *Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation*, *Nippon Steel & Sumikin Stainless Steel Corporation*, *Kobe Steel, LTD.* e *ATI Properties*. Todas elas possuem como foco a síntese de aços ou ligas, como, por exemplo, a patente da empresa *Alcoa, Inc.*, “*5XXX aluminum alloys and wrought aluminum alloy products made therefrom*” (9,217,622), que descreve uma síntese de ligas de alumínio. Também pode-se citar a patente “*High strength steel sheet and method for manufacturing the same*” (9,121,087), da *JFE Steel Corporation*, que trata de uma síntese de um aço que possui boa ductilidade e flangeabilidade, além de boa resistência à tração.

Figura 3. Roadmap Tecnológico Ligas Metálicas: Curto Prazo.



Fonte de informação: Elaboração própria.

3.3. Roadmap - Médio prazo

Na Figura 4, pode-se observar o recorte do *roadmap* para o cenário de Médio Prazo. Nota-se a presença de um *cluster* de *players* que possuem o mesmo foco do documento, onde aparecem a universidade americana *University Of Pittsburgh - Of The Commonwealth System Of Higher Education*, a universidade Americana *STC.UNM* e a empresa americana *Intuitive Surgical Operations, Inc.*, que, separadamente, possuem patentes solicitadas/depositadas na área de aplicação de medicina, utilizando ligas metálicas nos seus aparatos desenvolvidos.

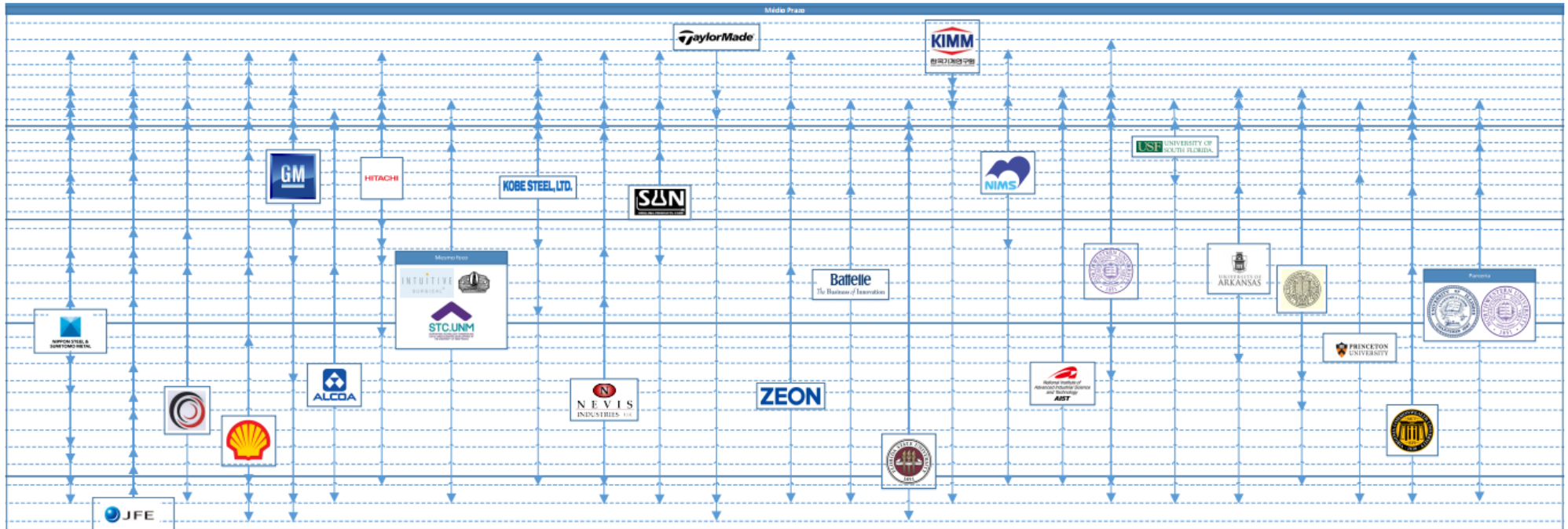
Além disso, identifica-se também uma parceria entre universidades, cuja ênfase é a utilização de ligas na aplicação na área de medicina e indústria eletroeletrônica. Esta parceria, detentora da patente “*Deterministic Assembly Of Complex, Three-Dimensional Architectures By Compressive Buckling*” (20160136877), que trata da utilização de ligas na construção de estruturas 3D, é formada pela *University of Illinois*, já citada no cenário de Estágio Atual, e pela *Northwestern University*.

Empresas que estavam presentes no Estágio Atual e no Curto Prazo também estão presentes neste estágio temporal, como, por exemplo, a *Shell Oil Company*, a *Kobe Steel, Ltd.*, e a *JFE Steel Corporation*, com tendências comuns como foco do documento em “Processo”, “Material” e “Aplicação”, por exemplo.

As taxonomias que mais aparecem neste estágio temporal são “Material” e “Aplicação”, indicando que os *players* detentores dessas patentes depositadas definem que tipo de material e aplicações são utilizados nas suas invenções.

É possível destacar, como nos cenários anteriores, a presença de empresas tradicionais na área de fabricação de aço, são elas: *Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation*, *JFE Steel Corporation*, *Alcoa Inc.*, *Hitachi, Ltd.* e *Kobe Steel, Ltd.*. Todas elas possuem como foco a síntese de aços/ligas, assim como no Estágio Atual e no Curto Prazo, podendo-se observar uma manutenção da tendência ao longo do tempo. Pode-se citar como exemplo a patente “*High-Strength Cold-Rolled Steel Sheet Having Excellent Local Deformability And Manufacturing Method Thereof*” (20160230245), da *Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation*, que descreve a síntese de um aço com propriedades melhoradas de deformabilidade.

Figura 4. Roadmap Tecnológico Ligas Metálicas: Médio prazo.



Fonte de informação: Elaboração própria.

3.4. Roadmap - Longo prazo

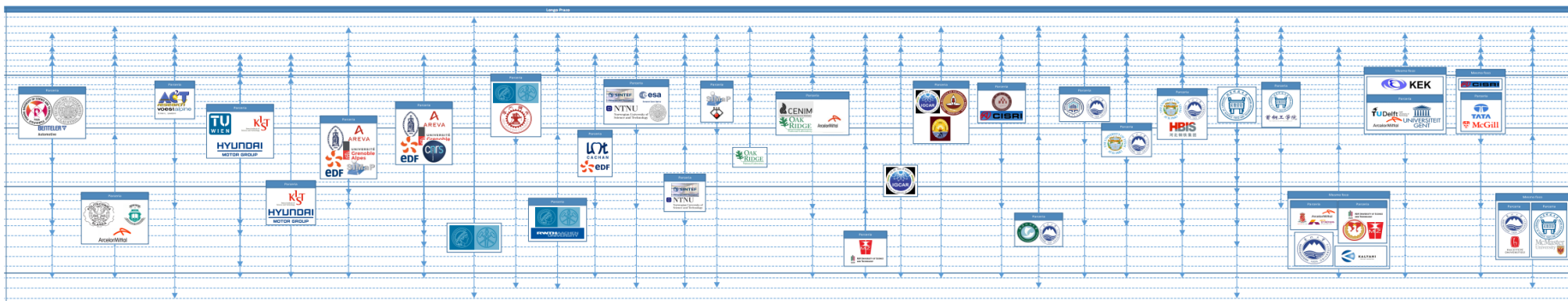
Na Figura 5, pode-se observar o recorte do *roadmap* para o cenário de Longo Prazo. Neste estágio temporal, percebe-se que existe uma quantidade grande de parcerias entre *players*. São apresentados vinte e seis *clusters*, que incluem empresas, centros de pesquisa e universidades, como, por exemplo, a parceria que envolve as empresas *Tour Areva*, os centros de pesquisa *SIMAP* e *EDF R&D* e as universidades *Université Grenoble Alpes* e *Université Catholique de Louvain*, que publicaram o artigo “*Heterogeneities in local plastic flow behavior in a dissimilar weld between low alloy steel and stainless steel*”, do ano de 2016, que tem como foco “Modelagem”, “Propriedades” e “Material”.

No cenário de longo prazo, também se observa quatro *clusters* que possuem o mesmo foco do documento. Pode-se citar, por exemplo, a parceria entre a *Northeastern University* e a *Hacettepe University*. Esta parceria possui um estudo que trata da modelagem de um processo de solidificação, avaliando o efeito da temperatura no processo. Pode-se citar também a parceria entre *University of Science and Technology Beijing* e *McMaster University*, com pesquisas que tratam de desenvolvimento de modelos numéricos e análise experimental envolvendo processo de solidificação.

Neste estágio temporal, observa-se a presença predominante das universidades *Northeastern University* e *University of Science and Technology Beijing*, estando presentes no mapa na forma de parcerias e isoladas. É possível, ainda, destacar as empresas *Tata Steel*, *Hyundai* e *Benteler Automotive*, além do centro de pesquisa *EDF R&D*, que aparecem em outros estágios temporais. É interessante notar que todos estes *players* possuem tendências em “Processo”, “Propriedades”, “Material” e “Aplicação”, nos dois estágios temporais em que aparecem, ou seja, tanto no Estágio Atual quanto no Longo Prazo.

A taxonomia que mais aparece neste estágio temporal é “Material”, seguida por “Processo” e “Análise Experimental”, o que indica que esses autores estão interessados em estudar processos relacionados a aços/ligas, além de parâmetros que influenciam tais processos. Pode-se citar o artigo “*Influence of martensite volume fraction and cooling rate on the properties of thermomechanically processed dual phase steel*”, do ano de 2012, fruto da parceria entre *Benteler Automotive*, *Pohang University of Science and Technology* e *Clausthal University of Technology*, que estuda variações microestruturais em aços, e avalia o efeito da taxa de resfriamento nesta propriedade.

Figura 5. Roadmap Tecnológico Ligas Metálicas: Longo prazo.



Fonte de informação: Elaboração própria.

4. CONCLUSÃO

A partir da análise estratégica do *Roadmap* Tecnológico de aços/ligas em uma perspectiva de Estágio Atual, Curto Prazo, Médio Prazo e Longo Prazo, pode-se observar tendências tecnológicas e mercadológicas que serão pontuadas a seguir:

- A existência de uma rede relacional entre três as esferas institucionais: Universidade, Centro de Pesquisa e Indústria. Observa-se no *Roadmap* Tecnológico a presença de grandes empresas (*Alcoa, Shell Oil Company, General Eletric...*), pequenas empresas (*Areva, Xingtai Iron Steel Corporation...*), universidades (*Northeastern University e University of Science and Technology Beijing*) e centros de pesquisa (*Boston Scientific Scimed, Fraunhofer-Gesellschaft*) mostrando a diversidade de agentes que estão envolvidos na evolução de novas tecnologias, relacionadas aos temas.

- O *roadmap* permite visualizar empresas que têm como atividade principal não relacionadas diretamente ao setor de aços/ligas, como a *Chevron Corporation* que tem como negócio principalmente voltado para o setor de óleo e gás. Isso mostra o posicionamento estratégico de diferenciação da empresa alinhada ao esforço de Pesquisa e Desenvolvimento em busca de inovações.

- No Estágio Atual do *roadmap*, os *players* estão em sua maioria, relacionados às taxonomias Processo e Material. O processo “*Rolling*” é o que aparece em destaque na análise, enquanto o material é o “Aço”. Pode-se observar a presença de três *clusters* de parcerias nesse estágio, sendo a empresa *Tata Steel* presente em dois desses. Além dessa, também é possível destacar mais duas empresas pioneiras na produção de aço: *JFE Steel Corporation* e *ATI Properties, Inc.*

- No Curto Prazo, a taxonomia que mais aparece é “Material”, seguida por “Aplicação”. O material “Liga” é o que aparece em destaque, enquanto a aplicação é a Indústria de Energia. Nota-se a presença de dois *clusters* de *players* que possuem o mesmo foco do documento, onde aparecem empresas, universidades e centros de pesquisa, e de dois clusters de parcerias. Empresas que estavam presentes no Estágio Atual também estão presentes neste estágio temporal, como, por exemplo, a *Shell Oil Company*, a *Kobe Steel, LTD.*, a *ATI Properties, Inc.*, a *Foro Energy* e *JFE Steel Corporation*, com tendências parecidas, no geral.

- No Médio Prazo, as taxonomias que mais aparecem são “Material” e “Aplicação”, O material “Liga” é o que aparece em destaque, e a aplicação é a Indústria Eletroeletrônica. Nota-se a presença de um cluster de *players* que possuem o mesmo foco do documento, onde aparecem universidades e empresa, e de um cluster de parceria, envolvendo duas universidades americanas, *The Board Of Trustees Of The University Of Illinois* e *Northwestern University*, com a patente *Deterministic Assembly Of Complex, Three-Dimensional Architectures By Compressive Buckling*. Empresas que estavam presentes no Estágio Atual e no Curto Prazo também estão presentes neste estágio temporal, como, por exemplo, a *Shell Oil Company*, a *Kobe Steel, Ltd.*, e a *JFE Steel Corporation*, com tendências comuns em “Processo”, “Material” e “Aplicação”, por exemplo.

- No Longo Prazo, a taxonomia que mais aparece é “Material”, seguida por “Processo” e “Análise Experimental”. O material que aparece em destaque é o aço, enquanto o

processo é a Indústria Automotiva. São apresentados vinte e seis clusters de parcerias, que incluem empresas, centros de pesquisa e universidades, e quatro clusters que possuem o mesmo foco do documento. Neste estágio temporal, observa-se a presença predominante das universidades *Northeastern University* e *University of Science and Technology Beijing*, estando presentes no mapa na forma de parcerias e isoladas. É possível, ainda, destacar as empresas *Tata Steel*, *Hyundai* e *Benteler Automotive*, além do centro de pesquisa *EDF R&D*, que aparecem em outros estágios temporais. É interessante notar que todos estes *players* possuem tendências em “Processo”, “Propriedades”, “Material” e “Aplicação”, nos dois estágios temporais em que aparecem, ou seja, tanto no Estágio Atual quanto no Longo Prazo.

- No *roadmap*, destacam-se os esforços da empresa *JFE Steel Corporation*, que está desenvolvendo atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) relacionadas ao tema ao longo de diversos estágios temporais do *roadmap*.

- Cabe destacar também a grande participação, de maneira individual e também por meio de parcerias, da *Northeastern University* no *roadmap* tecnológico. Tal universidade aparece sete vezes no mapa, mostrando sua *expertise* na pesquisa no setor de aços/ligas.

- Através da análise das estratégias mercadológicas dos *players* e da maneira como elas se condicionam nos diversos períodos de tempo analisados, pode-se concluir que o material é o foco do documento mais citado, a indústria automotiva, juntamente com a indústria eletroeletrônica, são as aplicações com mais referências e o *rolling process* é o processo que mais apresenta pesquisas. Além disso, a propriedade mais estudada é a resistência à corrosão e o material mais citado é ligas.

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.

A busca contínua pelo desenvolvimento econômico e social de países e regiões com a geração de inovações contribui para responder as rápidas mudanças no ambiente, fruto da gestão do aprendizado e das interações que o geram. A geração de roadmaps tecnológicos corrobora com o conceito de sistemas nacionais de inovação (Lundvall, 1992), pois dá ênfase não somente as organizações responsáveis pela inovação – e, portanto, atores importantes dentro do sistema descrito -, mas também as interações entre tais organizações, mostrando as inovações tecnológicas de produtos e processos, radicais, incrementais ou disruptivas (Hurmelinna-Laukkanen, Sainio & Jauhiainen, 2008) , mas também as inovações organizacionais e de modelos de negócios.

5. REFERÊNCIAS

- Alencar, M. S. M.; Porter, A. L.; Antunes, A. M. S. (2007) Nanopatenting patterns in relation to product life cycle. *Technological Forecasting & Social Change*, 74, 1661- 1680.
- Borschiver, S.; Silva, A.L.R. (2016). *Technology Roadmap – Planejamento Estratégico para alinhar Mercado-Produto-Tecnologia*. Rio de Janeiro: Editora Interciência
- Borschiver, S.; Coelho, K.M; Jesus, A.O.C; Nunes, S.B.(2014). ROADMAP TECNOLÓGICO SISAL. *Simpósio Internacional e Inovação tecnológica – SIMTEC*, 2 (1), 111-121.
- Castro, A. M. G.; Lima S. M. V.; Filho, A. F. (1998). *Manual de Capacitación en Análisis de Cadenas Productivas*. Brasília.
- Castro, A. M. G.; Lima S. M. V; Carvalho, J. R. P. (1999). *Planejamento de C&T: Sistemas de Informação Gerencial*. Brasília.
- Hurmelinna-Laukkanen, Sainio & Jauhiainen, Appropriability regime for Radical and incremental innovations. *R&D Management*, V.38, p 278-289,2008)
- Lundvall, B-A. *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Intercative Learning*, London Pinter Publishers, 1992
- Pizzani, L.; Silva, R. C.; Hayashi, M. C. P. I. (2008). Bases de dados e bibliometria: A presença da Educação Especial na base Medline. *Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação*, 4 (1), 68-85.