

Análise tecnométrica de patentes: uma aplicação na recuperação de terras raras

ANDRÉ MORAES DOS SANTOS

UNINOVE – Universidade Nove de Julho
amsantos@univali.br

CLAUDIA TEREZINHA KNISS

UNINOVE – Universidade Nove de Julho
kniesscl@gmail.com

MARCOS ROGÉRIO MAZIERI

UNINOVE – Universidade Nove de Julho
m_mazzieri@hotmail.com

LUC QUONIAM

Université du Sud Toulon Var
quoniam@univ-tln.fr

Análise tecnométrica de patentes: uma aplicação na recuperação de terras raras

Política e Estratégia Tecnológica

-

- Resumo (200 palavras no mesmo idioma do trabalho);

As patentes constituem uma importante fonte de informação para a formulação de políticas e estratégias tecnológicas. Este artigo tem como objetivo identificar processos e artefatos tecnológicos necessários para extrair conhecimento a partir de uma base de dados de patentes. O método utilizado foi a pesquisa-ação e o objeto as patentes em terras raras, consideradas um recurso estratégico. Os resultados permitiram a identificação de relações de tripla hélice e estrutura tecnológica do campo.

- Abstract (200 palavras);

Patents are an important source of information for policy formulation and strategic technology. This article aims to identify processes and technological artifacts needed to extract knowledge from a database of patents. The method used was action research and the object patents on rare earths, which are considered a strategic resource. The results allowed the identification of relationships triple helix structure and technological field.

- Três Palavras-chave que identifiquem de maneira precisa o conteúdo do artigo.

Inovação, patentes, tecnometria

Introdução

Governos, pesquisadores e empresas são frequentemente confrontados com a acelerada taxa de mudança e inovação no ambiente científico e tecnológico. Para operar neste ambiente dinâmico, é necessário obter informações que permitam compreender o contexto tecnológico e estratégico do campo de interesse. Desta forma, a compreensão da estrutura de um campo é estratégica tanto para o desenvolvimento científico quanto para negócios e formulação de políticas públicas de interesse social (Y. Zhang et al., 2011).

Neste sentido, as patentes surgem como uma importante fonte de informação e conhecimento para compreender o contexto tecnológico e estratégico de uma área. As patentes podem ser excelentes fontes para apoiar o desenvolvimento tecnológico, formulação de políticas públicas, estratégias empresariais e análise do desenvolvimento científico-tecnológico (Y. Jeong & Yoon, 2014; Tekic, Drazic, Kukulj, & Vitas, 2014). Como fonte de informação, a patente contém a descrição necessária para a reprodução daquilo que está sendo patenteado, além de informações sobre famílias de patentes, conhecimentos prévios, aplicação geográfica, entre outros indicadores. Também, independente da língua do país depositário, a patente possui registro bibliográfico na língua inglesa, tornando seu conteúdo internacionalmente disponível (Quoniam, Kniess, & Mazzieri, 2014). Além disso, as patentes possuem grande relevância no processo de inovação e interação universidade-indústria, pois refletem a força competitiva da ciência e da tecnologia, o nível da capacidade de inovação tecnológica e o grau de desenvolvimento dos mercados técnicos. Também despertam a visão para aspectos importantes da propriedade intelectual e da capacidade das competências centrais de uma empresa (Barroso, Quoniam, & Pacheco, 2009; Xu, 2010).

Se por um lado as patentes constituem uma importante base de conhecimento, por outro, os métodos e tecnologias para extrair as informações destas bases ainda carecem de melhorias para tratar as relações em sua complexidade (Chung, 2014; C. Jeong & Kim, 2014; Meyer, Grant, Morlacchi, & Weckowska, 2014). Neste sentido, o questionamento que motiva este estudo é: Quais processos e artefatos tecnológicos são necessários para conhecer (identificar, mapear e monitorar) a estrutura de um campo de interesse a partir de uma base de dados de patentes?

O campo de interesse escolhido para esta pesquisa foi a recuperação de terras raras e a reciclagem de lixo eletrônico. As terras raras são um conjunto de elementos químicos metálicos estratégicos para a produção de catalizadores, equipamentos eletrônicos, entre outras aplicações. Entre 2000 e 2012, a China tornou-se o principal fornecedor mundial de terras raras, respondendo por 95% do suprimento. Isto tem gerado uma preocupação estratégica com a oferta de terras raras pela comunidade internacional, levando os governos, indústrias e pesquisadores buscarem soluções para o problema (Binnemans et al., 2013; França, 2012). A necessidade de obtenção de terras raras pode ser uma solução ao problema ambiental do lixo eletrônico. Estima-se que anualmente sejam geradas mais de 50 milhões de toneladas de lixo eletrônico no mundo. (Sthiannopkao & Wong, 2013). Porém, o lixo eletrônico pode conter quantidades significativas de terras-raras Tudo isto torna o tema relevante sob o aspecto econômico, social e ecológico.

Revisão bibliográfica

Terra Rara

Os elementos terra rara ou metais estão presentes no nosso cotidiano em vários equipamentos tecnológicos desenvolvidos pelos setores de P&D das empresas e das universidades. Podemos citar algumas aplicações desses elementos como baterias de celulares, circuitos eletrônicos, carros híbridos e elétricos, chips de computadores, catalisadores químicos; fósforos para monitores, televisão e iluminação; conversores catalíticos, polimento de vidro, telefones celulares, laptops, ímãs, refino de petróleo, turbinas eólicas e painéis solares. As terras raras são 17 elementos químicos, mas que diferem no número de elétrons em uma das camadas da eletrosfera do átomo. São agrupados em família na tabela periódica e quimicamente muito parecidos. Os 15 primeiros citados pertence à família dos Lantanídeos e os dois últimos a família dos metais de transição conforme segue: Lantânio (La), Cério (Ce), Praseodímio (Pr), Neodímio (Nd), Promécio (Pm), Samário (Sm), Európio (Eu), Gadolínio (Gd), Térbio (Tb), Disprósio (Dy), Hólmio (Ho), Érbio (Er), Túlio (Tm), Itérbio (Yb), Lutécio (Lu), Escândio (Sc), Ítrio (Y).

A China começou a aparecer como grande produtor de metais terras raras no meado da década de 80 e a partir de então sua produção vem crescendo ano após ano, tornando-se o maior fornecedor dessa matéria prima aos países desenvolvidos. A China teve a seu favor na conquista desta liderança uma grande reserva natural de minério terras raras, mão de obra barata que lhe permite extrair os minerais a preços mais baixos e a falta de restrições ambientais. Esses fatores foram suficientes para provocar o fechamento de várias minas de extração do minério terra rara no mundo a fora inclusive no Brasil. (Rocio, Silva, Carvalho, & Cardoso, 2012).

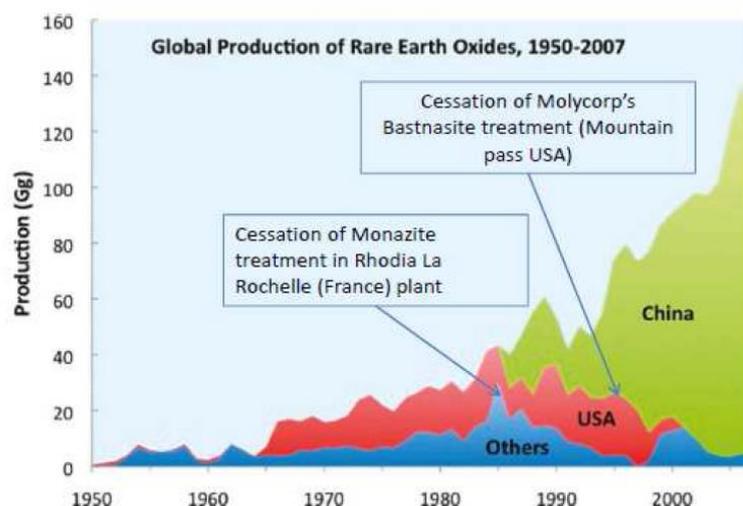


Figura 1 – Produção Mundial de Terra Rara

Fonte: Lima, (2012, p. 7).

Segundo estimativas internacionais, a China é responsável por 95% da produção e dona de 36% das reservas conhecidas. O valor do mercado mundial dos óxidos de terras raras é da ordem de US\$ 5 bilhões anuais. O maior produtor e fornecedor desta matéria prima, até então era a China, porém este cenário está mudando, tendo em vista, que a China tem aumentado o seu consumo interno desta matéria prima em sua própria produção industrial e começado a impor restrições ambientais na produção do minério de terra rara e isso está elevando o custo desta matéria prima. (Rocio et al., 2012). Em 2012 a China produziu 85 por cento dos minérios terra rara no mundo e consumiu 70 por cento deste suprimento (Binnemans et al., 2013). O domínio da

produção da China elevou os preços de todos os terras raras a partir de 2008, algumas REEs tiveram o preço elevados vinte vezes ou mais. Isso fez com que os outros países buscassem soluções reabrindo suas antigas minas ou fazendo grandes descobertas como no Canadá e Groenlândia para Madagascar e Malawi. O que forçou os preços a recuar chegando a cair o preço em 70% ou mais, após um pico em 2011, conforme a tabela a baixo.

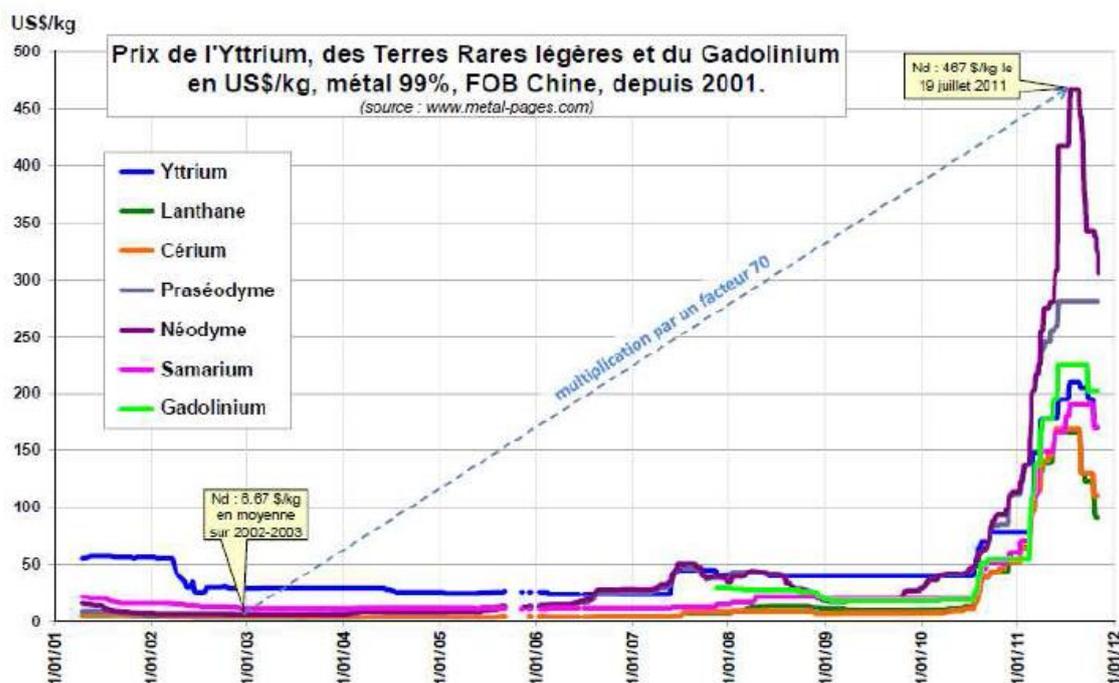


Figura 2 – Preços Mundias de Terra Rara

Fonte: Lima, (2012, p. 8).

O monopólio da China e o aumento do preço dos terras raras despertou a preocupação de vários países como o EUA, Japão, Austrália, Índia, Vietnã, Rússia e Brasil, que estão buscando alternativa para sua autossuficiência com exceção do Japão os demais países estão buscando novas jazidas em seus territórios. O Japão através de seus cientistas descobriu uma quantidade significativa de elementos terras raras no fundo do Oceano Pacífico e a mesma constatação foi feita na lama existente na Jamaica. (Rocio et al., 2012)

Artefatos tecnológicos para análise de informações

Algumas das principais fontes de informações para a análise dos sistemas de inovação estão nas bases de dados da web profunda, como, por exemplo, produção científica, patentes, instituições e programas de fomento. Em função da complexidade e do grande volume das informações destas bases, são necessários modelos e artefatos específicos para a obtenção e análise destes dados. A web profunda é o termo utilizado para referir-se ao conjunto de informações disponíveis em bases e sites específicos que não estão acessíveis através dos mecanismos de busca tradicionais, como o Google, por exemplo (Boutet & Quoniam, 2012; Brin & Page, 1998). Entretanto, estima-se que seu volume seja quinhentas vezes maior do que

a web visível (Bergman, 2001; Liu, Wang, & Agrawal, 2012). Para realizar pesquisas complexas e em diferentes bases de dados da web profunda, pesquisadores e profissionais têm desenvolvido e aplicado ferramentas específicas para a mineração e análise de informações como, por exemplo, agentes inteligentes e mecanismos de crawler, mining e scraping.(AGARWAL & DHALL, 2010; Ferrara, De Meo, Fiumara, & Baumgartner, 2012; Mena-Chalco, Junior, & Marcondes, 2009; Z. Zhang, Du, & Wang, 2013).

A base científica para o desenvolvimento de artefatos no campo da tecnologia da informação pode ser encontrada na ciência do design, tradução livre do inglês *design Science*. A ciência do design preocupa-se com o conhecimento para a concepção e desenvolvimento de artefatos tecnológicos para a solução de problemas do mundo real (Hevner & Chatterjee, 2010; Van Aken, 2005) Os resultados das pesquisas da ciência do design são constructos, modelos, métodos e instâncias de soluções tecnológicas (March & Smith, 1995).

PatentToNet

As patentes podem ser utilizadas como base de conhecimento tanto para a aquisição quanto para transferência de tecnologias. Base de dados como a European Patente Office (EPO) e o World Intellectual Property Organization (WIPO) disponibilizam mais de mais de 70 milhões de documentos de patentes, o que corresponde a ,aproximadamente 1,4 bilhões de páginas (Quoniam et al., 2014). O grande gargalo para a utilização destes conhecimentos são os meios para acessa-los. Embora existam alguns softwares de pesquisa, em sua maioria são ferramentas proprietárias cujo o custo e impossibilidade de adaptação limitam o seu uso. Uma alternativa são os softwares livres e de código aberto. Nesta situação, destaca-se o PatentToNet, um programa de código aberto que possui as seguintes funcionalidades (Reymond & Quoniam, 2014):

- Busca a lista de patentes num formato que permite a construção de consultas complexas, utilizando um nome de arquivo colocado como parâmetro para formar a lista de resultados;
- Utiliza o resultado obtido na busca para fornecer os dados bibliométricos (inventores, datas, pais, classificação e status);
- Possui algoritmos que possibilita uma rede temporal de entrada bibliográficas associadas as patentes e seus atributos que permite a manipulação e exploração das informações colhidas de cada patente criando um gráfico completo dos dados.

O PatentToNet, desde de seu desenvolvimento tem sofrido melhorias em suas funcionalidades de tratamento e filtragem das informações colhidas na base de dados de patentes. A expectativa e que este software, não só ajude na busca das patentes existentes mas contribua na análise dos vários fatores envolvidos no processo de P&D. A implementação de mecanismo de triangulação dos dados pode fornecer informações como a disseminação do conhecimento, dinâmica regional e bases tecnológica.

A software PatentToNet também permite recuperar informações dos relacionamentos de rede em uma base de patentes como co-inventores e co-agentes e suas sub-redes buscando obter com isso os cruzamentos tecnológicos, interesse nacional protegido (tecnologia), Inventor e Tecnologia, Inventor e Empresas (Inventor-Agent). A análise de redes é uma técnica utilizada para a análise das relações existentes entre diferentes atores em um determinado campo de

estudo (Wasserman, 1994). Nas pesquisas organizacionais é bastante utilizada para análise de padrões estruturais dos relacionamentos organizacionais estabelecidos em forma de rede (Zancan, dos Santos, & Campos, 2012).

MÉTODO

O método de pesquisa adotado nesta pesquisa foi a pesquisa-Ação. A pesquisa-ação tem sido utilizada pela área de sistemas de informações com o propósito de gerar conhecimento a partir da solução de problemas práticos (Baskerville & Myers, 2004). Assim, o desenvolvimento de processos e softwares para a análise das informações disponíveis nas bases de patentes caracteriza-se como uma forma de pesquisa ação, combinando o contexto social com a engenharia de sistemas. O método de pesquisa-ação possui uma sequência lógica e recursiva de etapas que inicia-se com o diagnóstico do problema, planejamento da ação, realização da ação, avaliação e reflexão (aprendizagem) sobre os resultados (Figura 4) (Burstein & Gregor, 1999; Susman & Evered, 1978).

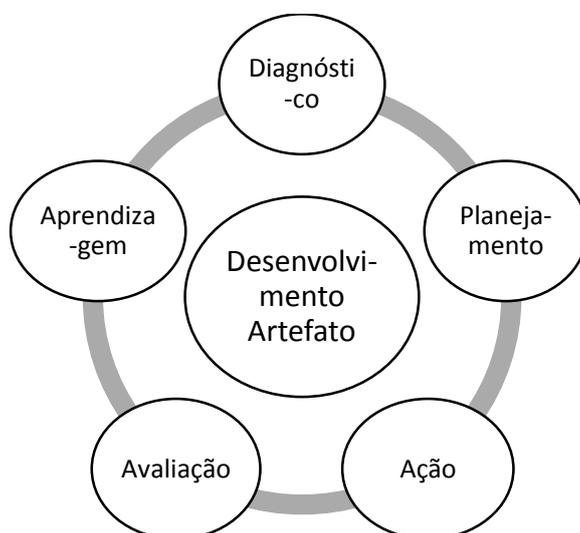


Figura 4 - Pesquisa-Ação aplicada ao desenvolvimento de sistemas

O diagnóstico do problema foi definido como a busca de processos e tecnologias para a extração de conhecimento das bases de patentes. O assunto de reciclagem de terras raras foi escolhido por sua relevância estratégica e social. No planejamento, foram selecionadas as tecnologias e processos a serem empregados para a extração e análise de informações da base de patentes. A ação efetiva ocorreu no uso destes processos e ferramentais, com a devida extração do conhecimento das bases. O desenvolvimento de artefatos para recuperação e análise de dados envolveu a definição dos requisitos de extração (entradas), a consulta e recuperação das informações nas diferentes bases; tratamento e extração das informações para o formato de banco de dados; a análise e apresentação dos resultados integrados (AGARWAL & DHALL, 2010; Dhenakaran & Sambanthan, 2011; Mena-Chalco et al., 2009). Por fim, na fase de avaliação e aprendizagem, foi realizada a reflexão sobre a efetividade e experiência do desenvolvimento da ferramenta.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

A pesquisa foi realizada na base de dados Espacenet, que reúne as principais bases regionais e internacionais de patentes. A busca foi feita utilizando-se os termos “rare earth” e “recycling”. Ao total, foram recuperadas 1603 patentes, cobrindo um período desde 1908 até 2014. Conforme a Figura 5, observa-se o crescimento exponencial e acelerado das patentes em terras raras principalmente na última década. Isto coincide com o crescimento da demanda e simultânea restrição da oferta mundial das terras raras, decorrentes da posição estratégica assumida pela China.

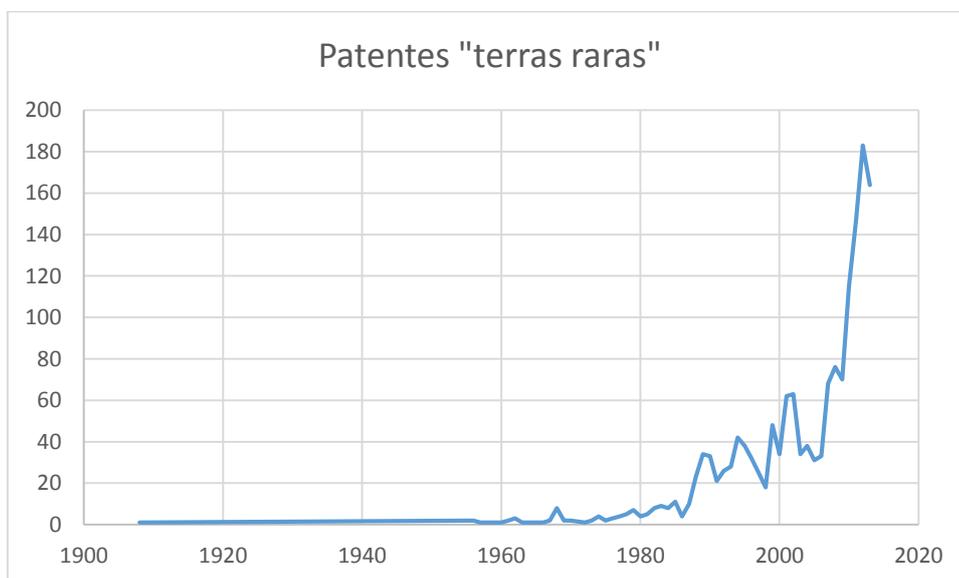


Figura 5 – Patentes anuais em “terras raras”

A predominância da China também ser revela na análise da regionalidade das patentes. Utilizando-se a análise de redes, com o apoio do software livre Gephi, foi possível representar as relações entre as patentes e os países de aplicação. Conforme pode-se observar na Figura 6, a China possui representatividade expressiva, sendo seguida pelo Japão e Estados Unidos.

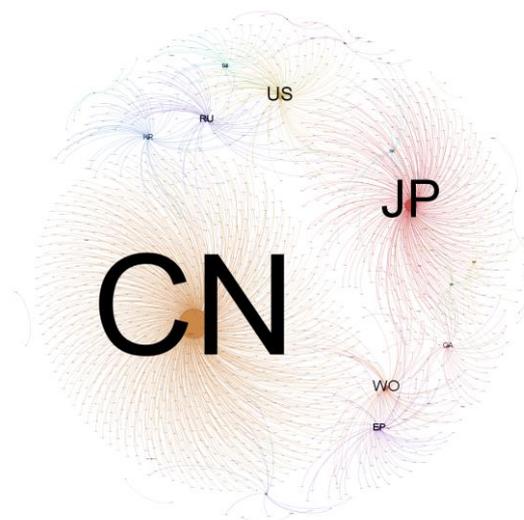


Figura 6 - Relações entre patentes e país de aplicação

Para analisar os principais aplicantes, ou seja, empresas ou organizações que depositaram patentes, utilizamos a relação com os códigos de patentes no nível IPC4. Devido às limitações de espaço restringimos a análise para este artigo a empresa central, identificada na Figura 7 como Matsushita, uma empresa do grupo Panasonic. De fato, os resultados podem ser melhor analisados utilizando a visualização em equipamento computacional que permite a visualização da rede em tamanhos apropriados.

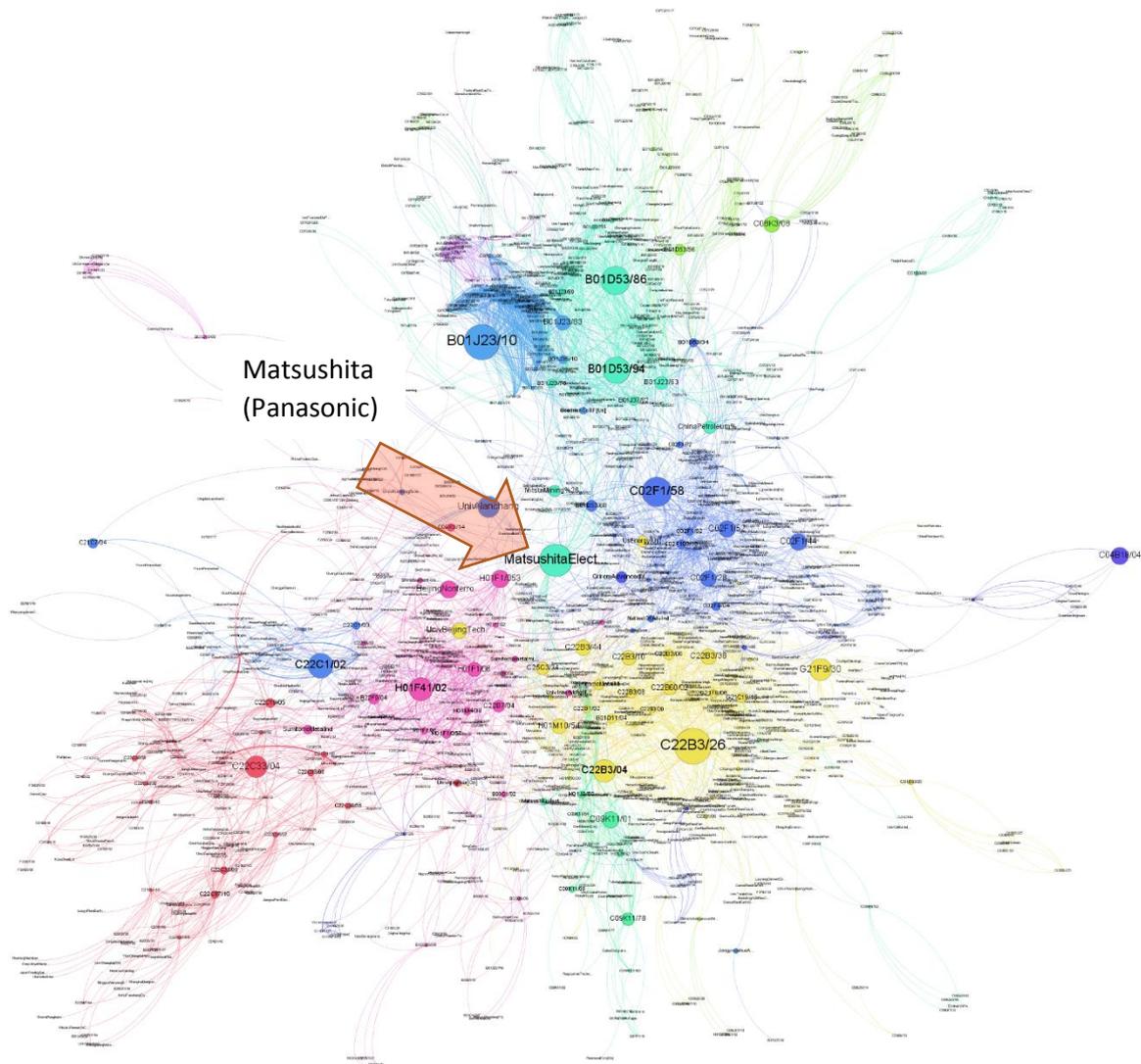


Figura 7 – Relação entre aplicantes e patentes

O mapeamento das áreas IPC foi outra análise realizada. A Classificação Internacional de Patentes (IPC) é uma descrição tipificadora da tecnologia. Cada patente deve ser descrita pelo IPC. Logo, o mapeamento do IPC reflete a estrutura das bases tecnológicas em que as patentes estão calcadas. Na Figura 8 é possível verificar a que as tecnologias para a produção ou refino de materiais metálicos (C22B) apresentam o maior número de ligações com as patentes depositadas. Explorando-se os subníveis da classificação é possível obter informações mais detalhadas sobre e função tecnológica da patente.

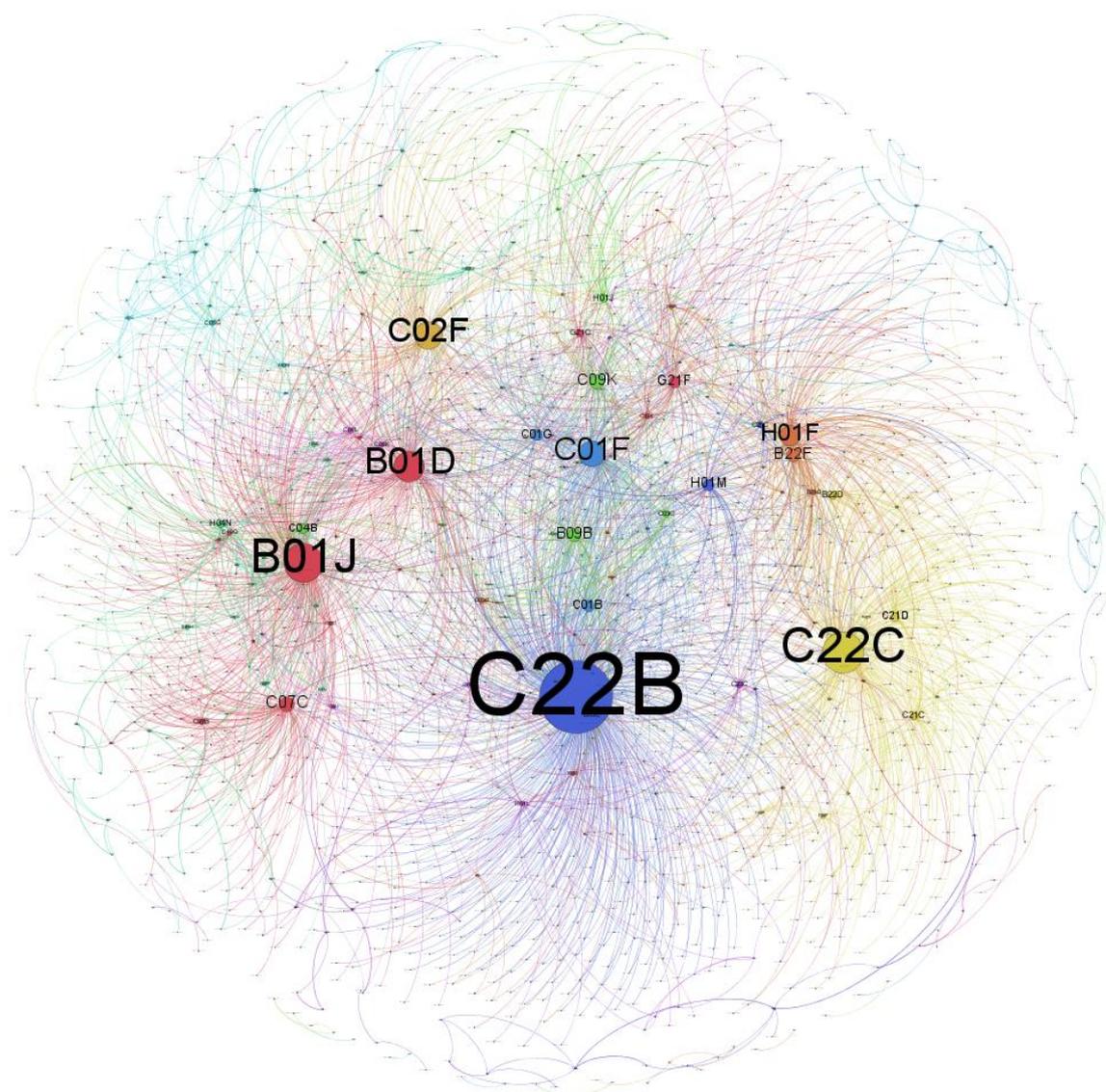


Figura 8 – Relação entre IPC nível 4 das patentes

Por fim, utilizamos as ferramentas de análise de redes para verificar possíveis interações do tipo tripla hélice. As relações de tripla hélice representam as interações entre governo, empresas e institutos de pesquisa, compondo a base de um sistema de inovação (Etzkowitz, 2003; Leydesdorff, 2012). Utilizando as relações entre depositante e inventor, é possível verificar ligações entre pesquisadores que atuam, ou atuaram, em diferentes organizações. Isto é uma evidência da possibilidade de interação entre institutos de pesquisas e empresas. Na Figura 9 é possível verificar um exemplo desta relação entre empresas e universidades chinesas (em vermelho) por meio dos inventores (em azul).

- Baskerville, R., & Myers, M. D. (2004). Special issue on action research in information systems: making is research relevant to practice--foreword. *Mis Quarterly*, 28(3), 329–335.
- Bergman, M. K. (2001). White paper: the deep web: surfacing hidden value. *journal of electronic publishing*, 7(1). Recuperado de <http://quod.lib.umich.edu/cgi/t/text/idx/jep/3336451.0007.104/--white-paper-the-deep-web-surfacing-hidden-value?rgn=main;view=fulltext>
- Binnemans, K., Jones, P. T., Blanpain, B., Van Gerven, T., Yang, Y., Walton, A., & Buchert, M. (2013). Recycling of rare earths: a critical review. *Journal of Cleaner Production*, 51, 1–22.
- Boutet, C.-V., & Quoniam, L. (2012). Towards active seo (search engine optimization) 2.0. *JISTEM - Journal of Information Systems and Technology Management*, 9(3), 443–458. doi:10.4301/S1807-17752012000300001
- Brin, S., & Page, L. (1998). The anatomy of a large-scale hypertextual Web search engine. *Computer Networks and ISDN Systems*, 30(1–7), 107–117. doi:10.1016/S0169-7552(98)00110-X
- Chung, C. J. (2014). An analysis of the status of the Triple Helix and university–industry–government relationships in Asia. *Scientometrics*, 99(1), 139–149.
- Etzkowitz, H. (2003). Innovation in Innovation: The Triple Helix of University-Industry-Government Relations. *Social Science Information*, 42(3), 293–337. doi:10.1177/05390184030423002
- Ferrara, E., De Meo, P., Fiumara, G., & Baumgartner, R. (2012). Web data extraction, applications and techniques: a survey. *arXiv preprint arXiv:1207.0246*. Recuperado de <http://arxiv.org/abs/1207.0246>
- França, M. S. J. (2012). Terras que valem ouro. *Unesp Ciência*, 3(29), 32–35.
- Hevner, A., & Chatterjee, S. (2010). *Design science research in information systems*. Springer. Recuperado de http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-5653-8_2
- Jeong, C., & Kim, K. (2014). Creating patents on the new technology using analogy-based patent mining. *Expert Systems with Applications*, 41(8), 3605–3614. doi:10.1016/j.eswa.2013.11.045
- Jeong, Y., & Yoon, B. (2014). Development of patent roadmap based on technology roadmap by analyzing patterns of patent development. *Technovation*, Article in Press. doi:10.1016/j.technovation.2014.03.001
- Leydesdorff, L. (2012). The triple helix, quadruple helix,..., and an N-tuple of helices: Explanatory models for analyzing the knowledge-based economy? *Journal of the Knowledge Economy*, 3(1), 25–35.
- Liu, T., Wang, F., & Agrawal, G. (2012). Stratified sampling for data mining on the deep web. *Frontiers of Computer Science*, 6(2), 179–196.
- Mena-Chalco, J. P., Junior, C., & Marcondes, R. (2009). ScriptLattes: an open-source knowledge extraction system from the Lattes platform. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 15(4), 31–39.

Meyer, M., Grant, K., Morlacchi, P., & Weckowska, D. (2014). Triple Helix indicators as an emergent area of enquiry: a bibliometric perspective. *Scientometrics*, 99(1), 151–174.

Paulo César Ribeiro Lima. (2012). *TERRAS-RARAS: ELEMENTOS ESTRATÉGICOS PARA O BRASIL*. Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados. Governo Federal. Brasil. Recuperado de <http://www2.camara.leg.br/a-camara/altosestudos/temas/temas-2013-2014/terras-raras/EstudoMineraisEstratgicoseTerrasRaras.pdf>

Quoniam, L., Kniess, C. T., & Mazzieri, M. R. (2014). A patente como objeto de pesquisa em Ciências da Informação e Comunicação. *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*, 19(39), 243. doi:10.5007/1518-2924.2014v19n39p243

Reymond, D., & Quoniam, L. (2014). PatentToNet: l'exploration libre des brevets par les réseaux. In *sfsic2014*. Université du Sud Toulon Var, Toulon, France.

Rocio, M. A. R., Silva, M. M. da, Carvalho, P. S. L. de, & Cardoso, J. G. da R. (2012). Terras-raras: situação atual e perspectivas. *BNDES Setorial*, 35, 369 – 420.

Sthiannopkao, S., & Wong, M. H. (2013). Handling e-waste in developed and developing countries: Initiatives, practices, and consequences. *Science of the Total Environment*, 463, 1147–1153.

Tekic, Z., Drazic, M., Kukolj, D., & Vitas, M. (2014). From Patent Data to Business Intelligence – PSALM Case Studies. *24th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, 2013*, 69(0), 296–303. doi:10.1016/j.proeng.2014.02.235

Van Aken, J. E. (2005). Management research as a design science: articulating the research products of mode 2 knowledge production in management. *British journal of management*, 16(1), 19–36.

Wasserman, S. (1994). *Social network analysis: Methods and applications* (Vol. 8). Cambridge university press. Recuperado de <http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=CAM2DpIqRUIC&oi=fnd&pg=PR21&dq=social+network+analysis+wasserman&ots=HvFqsbZDMg&sig=UChdOA3Lsj4xoCilQfdafqZs9gg>

Xu, H. (2010). A Regional University-Industry Cooperation Research Based on Patent Data Analysis. *Asian Social Science*, 6(11).

Zancan, C., dos Santos, P. da C. F., & Campos, V. O. (2012). AS CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS DA ANÁLISE DE REDES SOCIAIS (ARS) AOS ESTUDOS ORGANIZACIONAIS. *Revista Alcance*, 19(1), 62–82.

Zhang, Y., Zhu, D., Wang, X., Guo, Y., Chen, H., Liu, C., ... Lu, X. (2011). Composing technology roadmapping according to bibliometrics: hybrid model and empirical study. In *Proceedings of CSIT, international conference on computer communication and management* (Vol. 5, p. 405–410). Recuperado de <http://ipcsit.com/vol5/73-ICCCM2011-C017.pdf>

Zhang, Z., Du, J., & Wang, L. (2013). Formal concept analysis approach for data extraction from a limited deep web database. *Journal of Intelligent Information Systems*. doi:10.1007/s10844-013-0242-y