

# CONTRIBUIÇÕES DA BIBLIOMETRIA PARA A SELEÇÃO DE MATERIAIS NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Celise Villa dos Santos

Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil  
celisevs@gmail.com

Bráulio Salumão de Oliveira

Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil  
brauliosalumao@gmail.com

Douglas Henrique Milanez

Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil  
douglasmilanez@yahoo.com.br

Daniel Rodrigo Leiva

Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil  
daniel.leiva@ufscar.br

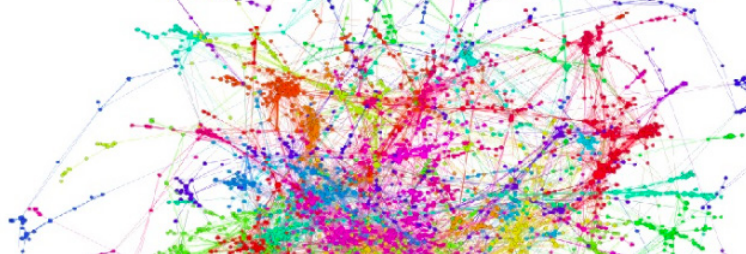
Leandro Innocentini Lopes de Faria

Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil  
leandro@ufscar.br

## 1 INTRODUÇÃO

A seleção dos materiais é uma atividade presente em todas as etapas do desenvolvimento de produtos. O desenvolvimento de um produto é uma atividade multidisciplinar que se inicia com a definição do conceito do produto, seguida das etapas de detalhamento, testes, fabricação, lançamento, vendas e acompanhamento, até disposição no final do ciclo de vida (ASHBY, 1999; ROZENFELD et al., 2006).

A escolha dos materiais mais adequados é um processo de tomada de decisão que foi se tornando complexo ao longo do século XX. Aos requisitos de produtos relacionados a fatores funcionais e de custo, foram sendo incorporados aspectos estéticos, de segurança e, mais recentemente, de sustentabilidade (ASHBY, 2015). O desenvolvimento de novos materiais,



a globalização da produção e comercialização de produtos, incluindo os impactos sociais e ambientais resultantes do progresso tecnológico das últimas décadas, implicou, para a seleção dos materiais, na necessidade de simular cenários de opções que considerem de modo integrado questões de natureza químico-física, sociais e ambientais.

A diversidade de possibilidades, variáveis e requisitos a serem ponderados e mensurados na escolha dos materiais tem resultado em metodologias de sistematização simplificadoras da realidade, contornadas pela adição de fatores de segurança, que podem resultar em falhas de componentes e causar desastres de proporções catastróficas. Recentes abordagens para o desenvolvimento de projetos de engenharia baseadas nas teorias de Edgar Morin (2005), considerando-os como sistemas complexos, podem ser aplicadas para a seleção dos materiais. Nestas abordagens, **ferramentas de análise para grandes quantidades de dados** são necessárias para a consideração dos projetos como sistemas abertos e sem disjunção, incompletos, e com características de emergência e sensibilidade às condições iniciais (PIQUEIRA; OLIVEIRA, 2017).

Uma metodologia adequada para análise de grandes quantidades de dados e que pode ser utilizada de para auxiliar na seleção dos materiais neste contexto de complexidade, é a bibliometria. Combinada com outras formas de coleta e análise de informações, a bibliometria pode ser utilizada no processamento, identificação de informações, e elaboração de indicadores essenciais para a tomada de decisão. Apesar da tradição de uso da bibliometria para preparação de indicadores quantitativos de ciência e tecnologia (MOED; GLÄNZEL; SCHMOCH, 2005; OECD, 2009), seu uso ainda tem sido pouco explorado como suporte à seleção dos materiais, restringindo-se a relativamente poucos estudos para identificação do estado da arte e mapeamento tecnológico de novos materiais e processos de fabricação, principalmente na área de nanotecnologia.<sup>1</sup> Este artigo objetiva explorar como as análises bi-

---

1 De 40 de 80 artigos recuperados na Web of Science em 16 jan. 2018, conforme o procedimento descrito neste artigo utilizando a expressão de busca: Tópico: (bibliometr\*), refinado por Áreas de pesquisa: (MATERIALS SCIENCE), são relacionados à nanotecnologia.



bibliométricas podem contribuir para o processo de seleção de materiais no desenvolvimento de produtos.

## 2 METODOLOGIA

Estratégias bibliométricas aplicadas em estudos sobre tecnologias de materiais considerando: coleta, preparação, processamento, análise e visualização dos dados, foram levantadas a partir da revisão do conteúdo de publicações recuperadas na base de dados *Web of Science*, e outras publicações complementares que os autores do presente estudo consideram relevantes.

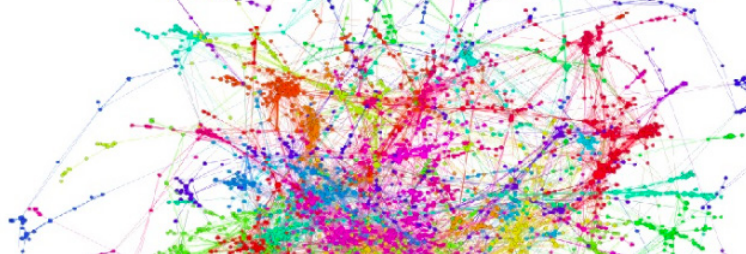
Na Coleção Principal da base de dados *Web of Science* foram recuperadas 98 referências bibliográficas empregando-se a expressão de busca apresentada a seguir. Estas referências foram triadas, considerando apenas aquelas que necessariamente abordavam a temática em questão.

**Tópico:** (bibliometr\*) - **Refinado por:** Áreas de pesquisa: MATERIALS SCIENCE )) OR

**Tópico:** (“material\* selection” OR “material\* forecast\*” OR “material\* mapp\*”) AND ((bibliometr\* OR patent\* OR “web of science” OR WOS OR ISI or scopus OR derwent OR “quantitative analis\*” or “quantitative stud\*”

*Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=Todos os anos. Data da coleta: 16 jan. 2018.*

A produção científica de pesquisadores ligados ao Núcleo de Informação Tecnológica em Materiais (NIT/Materiais), da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), também foi analisada. Este Núcleo desenvolve pesquisas na temática de bibliometria e indicadores quantitativos para seleção de materiais há quase 20 anos, podendo ser considerado pioneiro nesses estudos (FARIA et al., 1999). As informações foram coletadas dos campos *Produções* e *Orientações* dos currículos dos pesquisadores na plataforma Lattes do CNPQ.



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A contribuição da bibliometria para a seleção dos materiais é possível em todas as etapas do desenvolvimento de produtos, da conceituação ao final do ciclo de vida, como listado no Quadro 1. A contribuição ocorre, sobretudo, na identificação e monitoramento de informações para tomada de decisão.

Estudos bibliométricos aplicados às publicações científicas e documentos de patentes nos estágios iniciais do desenvolvimento de produtos podem auxiliar, por exemplo, na identificação de materiais: (i) com maior receptividade pelos clientes e pela sociedade; (ii) que atendam a regulamentações atuais e futuras; e, (iii) com melhor desempenho físico-químico, econômico e ambiental. Ainda podem contribuir para a identificação de metodologias de seleção mais adequadas, para a identificação do estado da arte e do estágio do ciclo de vida de tecnologias de materiais, além de potenciais parceiros para desenvolvê-las.

Nas etapas de testes e fabricação de produtos piloto, estes estudos podem auxiliar na identificação de materiais e processos necessários para corrigir eventuais falhas de projeto ou propiciar melhorias não visualizadas nas etapas anteriores. Na etapa de lançamento, para identificar tecnologias de materiais para uso e manutenção do produto, além de monitorar o lançamento de produtos pelos concorrentes.

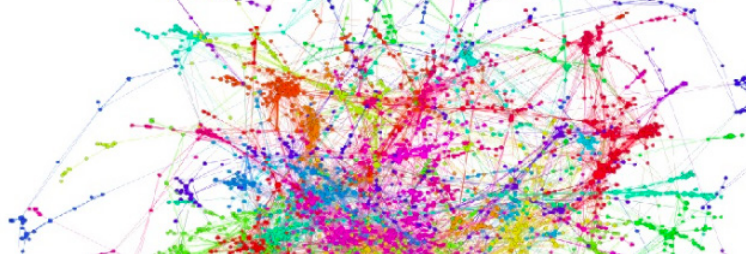


## QUADRO 1 - POSSIBILIDADES DE CONTRIBUIÇÃO DA BIBLIOMETRIA PARA A SELEÇÃO DOS MATERIAIS

| Etapa do desenvolvimento de produto    | Atividades relacionadas à seleção dos materiais                                                                      | Possíveis contribuições da bibliometria para a seleção dos materiais*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Conceito                               | Identificação de possibilidades de materiais e processos de fabricação                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar tendências de uso de materiais em produtos consumidos pelos potenciais clientes;</li> <li>Identificar tendências de uso de materiais e processos de fabricação utilizados pelos possíveis concorrentes;</li> <li>Identificar materiais e processos que atendem regulamentações do produto, ou pressões sociais de segurança e ambientais (atuais e tendências);</li> <li>Identificar materiais alternativos com melhores propriedades físico-químicas, ou de menor custo.</li> </ul> |
| Detalhamento                           | Triagem das possibilidades, estudo de viabilidade e escolha da melhor solução                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar metodologias para seleção dos materiais;</li> <li>Identificar o estado da arte e/ou o estágio do ciclo de vida de potenciais tecnologias de materiais;</li> <li>Identificar potenciais parceiros para desenvolvimento/aplicação de novos materiais.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                       |
| Testes e fabricação de produtos piloto | Fabricação e testes de protótipos                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar materiais e processos para corrigir falhas do projeto/ propiciar melhorias.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Lançamento                             | Provisionamento de recursos para vendas e pós-venda                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar materiais e processos para uso e manutenção do produto;</li> <li>Monitorar o lançamento de produtos concorrentes.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Vendas e acompanhamento                | Identificação da necessidade de substituição de materiais e processos (competitividade, custo, novos requisitos etc) | <ul style="list-style-type: none"> <li>Monitorar uso de materiais pelos concorrentes;</li> <li>Identificar materiais para melhoria do desempenho do produto;</li> <li>Monitorar tecnologias promissoras;</li> <li>Monitorar materiais para atendimento a tendências de regulamentações para o produto, de segurança e ambientais.</li> </ul>                                                                                                                                                                                            |
| Final do ciclo de vida                 | Acompanhamento para descontinuar o produto                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar materiais e processos para melhorias incrementais que estendam o ciclo de vida do produto;</li> <li>Monitorar tecnologias para reuso/ reciclagem dos materiais.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

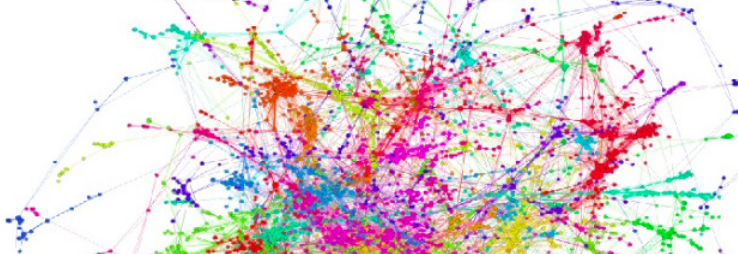
\* (BAROUNDI; RODRIGUES, 2015; CHANCHETTI et al., 2016; COSOVIC et al., 2012; MARDANI et al, 2016; MILANEZ et al., 2013b, 2014a, 2014b, 2017a, 2017b, 2017c; MILANEZ; NOYONS; FARIA, 2016; OLIVEIRA et al., 2017; PEARCE, 2015; PIGOSSO; McALOONE; ROZENFELD, 2015; SANTOS; LEIVA; GREGOLIN, 2016; SCOPEL; FARIA, 2013).

**Fonte:** Elaborado pelos autores.



Durante as etapas de vendas e acompanhamento, até o final de ciclo de vida do produto, a bibliometria pode contribuir para monitoramento: (i) do uso de materiais pelos concorrentes; (ii) de tecnologias promissoras que foram inicialmente descartadas por não estarem suficiente maduras; e, (iii) de materiais que atenderão tendências de regulamentações para o produto, de segurança e ambientais. Adicionalmente pode auxiliar na identificação de materiais e processos para melhoria do desempenho do produto, e melhorias que possam vir a estender seu ciclo de vida.

Nos estudos bibliométricos produzidos no NIT/Materiais, destacam-se algumas estratégias referentes à forma de coleta, preparação, processamento, análise e visualização de dados que podem contribuir para estudos direcionados a seleção dos materiais. Estas estratégias são indicadas no Quadro 2.

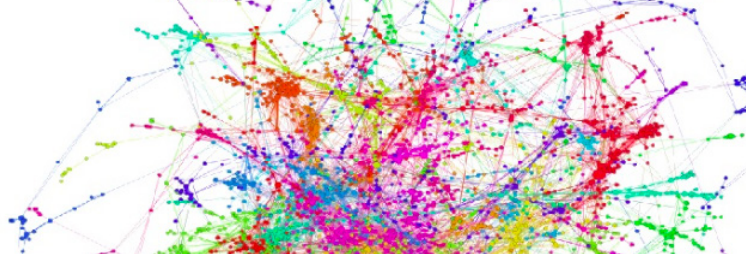


## QUADRO 2 - ESTRATÉGIAS BIBLIOMÉTRICAS APLICADAS EM ESTUDOS SOBRE TECNOLOGIAS DE MATERIAIS

| Etapa do estudo bibliométrico         | Objetivo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Referências                                                                                                                |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Coleta de dados                       | Desenvolvimento de expressões de busca para materiais                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | (CHANCHETTI et al., 2016; MILANEZ et al., 2013b, 2014a, 2017b, 2017c; MILANEZ; NOYONS; FARIA, 2016; OLIVEIRA et al., 2017) |
| Preparação de dados                   | Identificação e padronização da primeira data de depósito de uma patente em um registro de patentes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | (MILANEZ et al., 2014a, 2017a, 2017b; OLIVEIRA et al., 2017)                                                               |
| Processamento                         | Mineração de texto (para “micro” e “nano” indicadores)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | (MILANEZ et al., 2014a, 2017b)                                                                                             |
| Análise e visualização de informações | <p><u>Macro-indicadores de patentes:</u> - número de patentes por ano; - número de patentes por países; - número de patentes por tecnologia de materiais; - número de patentes por aplicações dos materiais; - número de patentes por processo de fabricação; - relação entre patentes de companhias e universidades; - evolução de tecnologias patenteadas por período; - patentes triádicas e tetrádicas.</p> <p><u>Fontes de dados:</u> USPTO, <i>Derwent Innovation Index</i></p> | (CHANCHETTI et al., 2016; MILANEZ et al., 2013b, 2014a, 2014b, 2017a, 2017b; SCOPEL; FARIA, 2013)                          |
|                                       | <p><u>Macro-indicadores de publicações científicas:</u> - número de publicações por ano; - número de publicações por tecnologia; - número de publicações por organização etc.</p> <p><u>Fontes de dados:</u> <i>Web of Science</i> e/ou <i>Scopus</i></p>                                                                                                                                                                                                                             | (MILANEZ et al., 2017c; MILANEZ; NOYONS; FARIA, 2016; OLIVEIRA et al., 2017)                                               |
|                                       | <p><u>Representações em rede:</u> - relações entre domínios tecnológicos; - colaboração entre instituições de pesquisa baseada em co-autoria; - mapas de citação; - redes de colaboração entre companhias e universidades, por tecnologia.</p>                                                                                                                                                                                                                                        | (CHANCHETTI et al., 2016; MILANEZ et al., 2017b, 2017c; MILANEZ; NOYONS; FARIA, 2016; OLIVEIRA et al., 2017)               |
|                                       | <p><u>Estágio do ciclo de vida da tecnologia</u> a partir de dados de patentes: Diagramas Mooge e Curvas de extrapolação</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | (CHANCHETTI et al., 2016; MILANEZ et al., 2013b, 2014b, 2017a)                                                             |

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Na coleta de dados para análise bibliométrica, identifica-se a necessidade de elaboradas expressões de busca quando as tecnologias em estudo são emergentes, como, por exemplo, aquelas envolven-



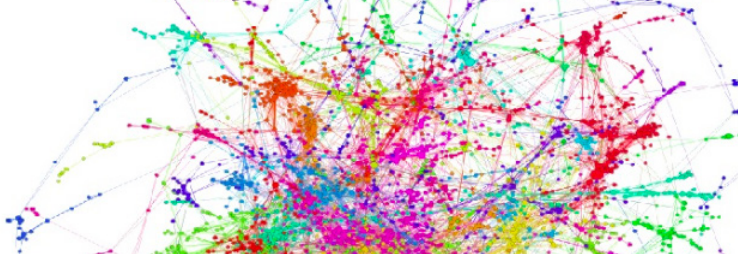
do nanotecnologia e materiais para armazenamento de hidrogênio (CHANCHETTI et al., 2016; MILANEZ; NOYONS; FARIA, 2016). Uma preparação de dados pode ser necessária quando se importam dados de uma base para um software de análise bibliométrica como o *VantagePoint*. Um exemplo é a identificação e uniformização da informação referente a primeira data de depósito de uma patente, em um registro de patentes (MILANEZ et al., 2013a).

No processamento dos dados, indicadores bibliométricos tradicionais, que chamamos aqui de macro-indicadores (MOED; GLÄNZEL; SCHMOCH, 2005; OECD, 2009), podem não ser suficientes para a identificação de informações relevantes para a seleção dos materiais, o que pode resultar na necessidade de sofisticadas técnicas de mineração de texto. Informações em um nível “micro e nano”, com alto nível de detalhamento e valor agregado podem ser obtidas, por exemplo, a partir de mineração de texto aplicada a reivindicações de patentes (MILANEZ et al., 2014a, 2017b).

Na análise e visualização de informações, destacam-se as representações em rede de instituições, autores e palavras-chave desenvolvidas em softwares como *Gephi* e *VOSViewer* (CHANCHETTI et al., 2016; MILANEZ et al., 2017b, 2017c; MILANEZ; NOYONS; FARIA, 2016; OLIVEIRA et al., 2017). Para visualização do estágio do ciclo de vida das tecnologias destacam-se os diagramas Moge (1997) e as curvas de extrapolação (ERNST, 1997), obtidos de dados de patentes.

## 4 CONCLUSÕES

A bibliometria pode contribuir para o processo de decisão na seleção dos materiais em todas as etapas do desenvolvimento de produtos, identificando e compilando grande volume de informações dispersas em bases de dados. O processamento e análise de grandes quantidades de dados são necessários para tratar a complexidade nos projetos de engenharia e propiciar soluções integradas, que considerem questões de natureza social, econômica e ambiental, além da adequação físico-química dos materiais nos componentes.



Os indicadores bibliométricos tradicionais têm a possibilidade de acompanhar questões em nível macro, enquanto novas pesquisas têm desenvolvido metodologias com o intuito de compilar indicadores em nível “micro” e “nano”. Além das metodologias, a visualização da informação também pode fornecer novas formas de avaliar os aspectos inerentes à tomada de decisão no processo de seleção dos materiais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos aos Programas de Pós-Graduação da UFSCar: em Ciência e Engenharia de Materiais, e em Ciência, Tecnologia e Sociedade. Ao Departamento de Ciência da Informação da UFSCar. À FAPESP (proc.: 2015/18878-8) e a Capes (proc.: 23112.001801/2016-04) pelo fomento.

## REFERÊNCIAS

ASHBY, M. F. **Material selection in mechanical design**. 2. ed. United Kingdom: Elsevier, 1999. 502 p.

ASHBY, M. Green design in a resource constrained world – a materials perspective. In: Webseminar, 2015.

BAROUNDI, K.; RODRIGUES, J.C. Flowable Resin Composites: a systematic review and clinical considerations. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v. 9, n. 6, p. ZE18-ZE24, 2015.

CHANCHETTI, L.F et al. Technological forecasting of hydrogen storage materials using patent indicators. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 41, n. 41, p. 18301-18310, 2016.

COSOVIC, V. et al. State of the Art and Challenges in Development of Electrical Contact Materials in the Light of the RoHS Directive. **Science of Sintering**, v. 44, n. 2, p. 245-253, 2012.

ERNST, H. The use of patent data for technological forecasting: the diffusion of CNC-technology in the machine tool industry. **Small Business Economics**, v. 9, n. 4, p. 361-381, 1997.



FARIA, L. I. L. et al. Study on surface treatment using bibliometric techniques In: CONFERENCE ON SCIENTOMETRICS AND INFORMETRICS, 7., 1999, Colima, MX. **Proceedings...** Colima, MX: International Society for Scientometrics and Informetrics, 1999. p. 5-8.

MILANEZ, D.H. et al. The Earliest Priority Selector for compiling patent indicators. In: INT. SOC. SCI. INF. CONF., VIENNA, 14., 2013a. p.1877-1880.

MILANEZ, D.H. et al. Assessing nanocellulose developments using science and technology indicators. **Materials Research**, v. 16, p. 635-641, 2013b.

MILANEZ, D.H. et al. Technological indicators of nanocellulose advances obtained from data and text mining applied to patent documents. **Materials Research**, v. 17, p. 1513-1522, 2014a.

MILANEZ, D. H. et al. Patents in nanotechnology: an analysis using macro-indicators and forecasting curves. **Scientometrics** (Print), v. 101, p. 1097-1112, 2014b.

MARDANI, A. et al. VIKOR Technique: a systematic review of the state of the art literature on methodologies and applications. **Sustainability**, v. 8, n. 1, 2016.

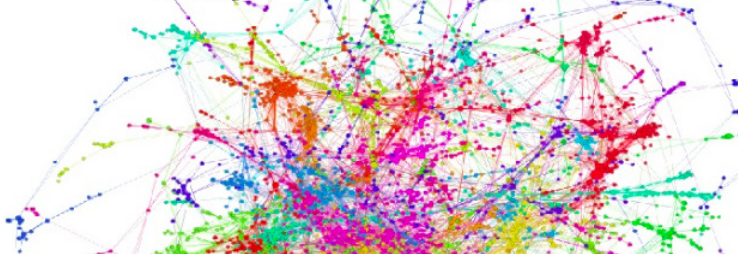
MILANEZ, D. H.; NOYONS, E. C. M.; FARIA, L. I. L. A delineating procedure to retrieve relevant publication data in research areas: the case of nanocellulose. **Scientometrics** (Print), p. 627-643, 2016.

MILANEZ, D.H. et al. Assessing technological developments in amorphous/glassy metallic alloys using patent indicators. **Journal of Alloys and Compounds**, v. 716, p. 330-335, Sep. 2017a.

MILANEZ, et al. Claim-based patent indicators : a novel approach to analyze patent content and monitor technological advances. **World Patent Information**, v. 30, p. 64-72, 2017b.

MILANEZ, D. H. et al. Assessing collaboration and knowledge flow on coatings of metallic glasses obtained from thermal spraying processes using bibliometrics and science mapping. **Materials Research**, p.1-12, 2017c.

MOED, H. F.; GLÄNZEL, W.; SCHMOCH, U. **Handbook of quantitative science and technology research**. New York: Kluwer Academic Publishers, 2005. 785 p.



MOGEE, H. E. Patents and technology intelligence. In: ASHTON, W. B.; KLAVANS, T. A. (Ed.). **Keeping Abreast of Science and Technology**: technical intelligence for business. Columbus, OH: Battelle Press, 1997. p. 295-335.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. 2. ed. Porto Alegre: Editora Sulina, 2005.

OECD. **Patent Statistics Manual**. 2009. Disponível em: <[oecd.org/sti/inno/](http://oecd.org/sti/inno/)>. Acesso em: jan. 2018.

OLIVEIRA, B.S. et al. Thermal spraying processes and amorphous alloys: macro-indicators of patent activity. **Materials Research**, p. 1-12, 2017.

PEARCE, J.M. A novel approach to obviousness: an algorithm for identifying prior art concerning 3-D printing materials. **World Patent Information**, v. 42, p. 13-18, 2015.

PIGOSSO, D. C. A.; McALOONE, T. C.; ROZENFELD, H. Characterization of the State-of-the-art and Identification of Main Trends for Ecodesign Tools and Methods: Classifying Three Decades of Research and Implementation. **Journal of the Indian Institute of Science**, v. 95, n. 4, p. 405-427, 2015.

PIQUEIRA, J. R. C.; OLIVEIRA, S.M. Engenharia de sistemas complexos. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 91, p. 249-255, 2017.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SANTOS, C. V. et al. Materials Selection for Sustainable Executive Aircraft Interiors. **Materials Research**, v. 19, n. 2, p. 339-352, 2016.

SCOPEL, F.; FARIA, L. I. L. Tendências tecnológicas do uso do sisal em compósitos a partir da prospecção em documentos de patentes. **Polímeros**, v. 23, n. 4, p. 514-520, 2013.