

Investigação Prospectiva dos Whiskers de Estanho

Tin Whiskers Prospective Investigation

*Jaceguai Soares da Silva*¹

*Antenor Farias Barbosa*²

*Carolina Batista da Silva*³

*Gleybhson Felipe dos Santos Alves*⁴

*Karolina Bertulino da Silva*⁵

*Aglaupe Meira Bastos Melo*⁶

*Josealdo Tonholo*⁷

Resumo

Whiskers são pequenos filamentos que crescem na superfície do estanho quando ele é depositado (ou eletrodepositado) sobre um metal, em geral o cobre. Esses *whiskers* podem provocar panes, como em equipamentos médicos de alta tecnologia, equipamentos militares, satélites, etc. Nesse contexto, este trabalho objetiva quantificar informações a respeito dos *whiskers* de estanho, tanto em termos tecnológicos como também científico. Na prospecção científica utilizou a base de dados do Portal de Periódicos da CAPES. A prospecção tecnológica deu-se por meio de buscas em bases do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO), do Lens, do Escritório Europeu de Patentes (Espacenet) e do USPTO. Foram recuperados 239 trabalhos acadêmicos publicados e apenas 112 depósitos para *whiskers* de estanho. Há uma prevalência de empresas se apresentarem como as maiores detentoras das patentes depositadas, preferencialmente com classificação IPC C25, H01 e H05, compatível com a corrida para mitigar os caros impactos do surgimento dos *whiskers*.

Palavras-chave: *Whiskers*. Estanho. Prospecção.

Abstract

Whiskers are small filaments that grow on the surface of tin when it is deposited (or electrodeposited) on a metal, usually copper. These whiskers can cause breaches in equipment such as high-tech medical equipment, military equipment, satellites, etc. In this context, this paper aims to prospect and quantify the technological and scientific information about tin whiskers. In the scientific exploration, the database of the Portal of Periodicals of CAPES was used. Technological prospecting took place through searches at INPI, WIPO, THE LENS, Espacenet and USPTO databases. A total of 239 published academic papers and 112 patent deposits for tin whiskers were recovered. There is an evident prevalence of companies as patents holders and the preferable use of with C25, H01 and H05 IPC classifications, which is very compatible with the race to mitigate whiskers' expensive impacts.

Keywords: Whiskers. Tin. Prospection.

¹ Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.

² Instituto Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.

³ Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.

⁴ Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.

⁵ Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.

⁶ Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.

⁷ Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.



1 Introdução

Por muito tempo, a indústria de eletroeletrônicos utilizou ligas contendo estanho/chumbo em placas de circuitos eletrônicos. Contudo, o uso do chumbo nessas ligas tem sido proibido por várias regulamentações em diversos países, a exemplo do que ocorreu na União Europeia (UE), pela política da *Restriction of Hazardous Substances Directive* (RoHS), restringindo o uso de substâncias perigosas. Um dos gargalos apontados é o descarte irresponsável de placas de circuitos eletrônicos contendo chumbo metálico, iminente contaminador do meio ambiente, principalmente pelo fato da reciclagem de material eletrônico implicar em um minucioso controle de resíduos e requerer tecnologias específicas de reaproveitamento dos componentes, por vezes exorbitantes.

Em placas de circuitos eletrônicos, a deposição do estanho, em sua maioria, é realizada por eletrodeposição, por apresentar-se como um processo com maior controle da espessura na camada de estanho depositada sobre o cobre. Essa deposição tem o intuito de proteger a superfície do cobre contra a oxidação. Contudo, o processo de deposição tem apresentado grandes problemas, pois eleva o risco de formação de *whiskers* de estanho, o qual ainda não está bem esclarecido (HORVÁTH *et al.*, 2014).

Whiskers são pequenos filamentos que crescem na superfície do estanho depositado (ou eletrodepositado) sobre um metal, em geral o cobre. Eles regularmente se apresentam com comprimentos da ordem de 1-10 μm uma razão do comprimento em relação ao diâmetro superior a 5, embora a razão do comprimento pelo diâmetro exceda 1000. Estima-se, em condições de temperatura ambiente, que a ocorrência de crescimento tenha taxa de 0,01 nm s^{-1} (BUNYAN *et al.*, 2013).

O fenômeno da formação de *whiskers* tem sido observado há mais de 60 anos. O que tem acontecido atualmente é um aumento no número de casos por conta da restrição ao uso do chumbo pelas regulações ambientais como elemento mitigador do fenômeno. O chumbo era adicionado ao estanho para conter a formação de *whisker*. Antes da restrição a adição de chumbo, esse procedimento atendia de forma satisfatória e evitava a sua ocorrência.

Brusse *et al.* (2002) tem relatado diversas falhas de equipamentos provocado pela formação de *whiskers*. Tendo essas sido causadas por curto-circuito permanente (para romper um condutor, *whiskers* demandam de uma corrente de apenas 30 mA ou mais), curto-circuito transiente (ocorre de forma transitória) e vapor metálico (ocorre no vácuo se a corrente for de poucos amperes, aproximadamente 18 V, no *whisker* poderá ocorrer o fenômeno de vaporização criando íons de estanho o qual poderá conduzir centenas de amperes, a exemplo de ambientes inóspitos como os enfrentados por satélites em órbita terrestre).

Brusse *et al.* (2002) e Bunyan *et al.* (2013) relatam problemas decorrentes da formação dos *whiskers* nas placas de circuitos eletrônicos. Tais problemas têm colocado fora de operação equipamentos médicos de alta tecnologia, equipamentos militares como o sistema de radar do F15 e sistemas de mísseis, satélites também saíram de operação devido a curtos-circuitos provocados por esses filamentos, entre os quais pode-se citar: o Galaxy IV e o Galaxy VII.

Whiskers de estanho são bons condutores elétricos e seu crescimento pode conectar terminais (ou trilhas) entre componentes elétricos/eletrônicos adjacentes, criando curto-circuito intermitente ou uma falha permanente do equipamento, no primeiro caso, causando intermitência

de operação e, no segundo caso, provocando falha total do circuito. Essa situação se agrava a cada dia, com a busca de miniaturização dos circuitos e a proximidade cada vez maior das linhas de condução.

A ocorrência e o crescimento dos *whiskers* têm sido o alvo de questionamento de diversos pesquisadores. Nesse sentido, Bunyan *et al.* (2013) salienta o fato de ainda não haver um consenso entre a comunidade científica, apenas diversas teorias na tentativa de explicação deste fenômeno.

De acordo com Brusse *et al.* (2002), depois da deposição do estanho sobre o cobre, ocorre o processo de difusão e formação de composto intermetálico, e esse processo ocorre entre o material depositado sobre o substrato de cobre. Conforme o autor, os átomos com elevada difusividade no estanho (cobre e zinco, por exemplo) migram do material do substrato para a camada de estanho. Assim, a difusão dos elementos resulta em Cu_6Sn_5 , produzindo *stress* na camada de estanho e fazendo surgir estruturas finas que crescem até o equilíbrio da força interna com a externa.

Estudos realizados por Horvát *et al.* (2013) constataram que estanho em ambiente de elevada umidade apresenta formação de SnO_2 (resultando em expansão no volume de 31%), quando a umidade reage com o cobre tem-se CuO_2 (resultando em uma expansão no volume de 72%), na qual a temperatura tem um fator influenciável no processo. Dessa maneira, a liga com maior teor de cobre sofrerá mais *stress* devido a maior expansão do produto corroído dentro da liga. A diferença de volume entre os dois óxidos é devida a estruturas diferentes do cristal e a localização do átomo de oxigênio entre os átomos de estanho.

Nessa perspectiva, o presente trabalho objetiva prospectar e quantificar informações a respeito dos *whiskers* de estanho, tanto em termos tecnológicos como também científico, além de contribuir para a realização de estudos futuros relacionados ao surgimento e mitigação dos *whiskers* por meio da identificação de países e setores com destaque em pesquisas e desenvolvimento tecnológico nesse ramo.

2 Metodologia

Este trabalho, para efeitos comparativos, foi realizado em duas etapas: prospecção científica e prospecção tecnológica, no período de 03 a 04 de julho de 2017.

Para a realização da prospecção científica, utilizou-se a base de dados do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Selecionou-se o campo “buscar assunto”, o qual realiza uma busca em várias bases de dados concomitantemente (Web of Science, Science Direct, Scopus, dentre outras bases), e, na sequência, inseriu-se as palavras-chave nos campos “título” e “no assunto”, considerou-se ainda os campos “data de publicação”, “tipo de material” e “idioma”, selecionando para cada um “qualquer ano”, “artigos” e “inglês”, respectivamente.

A prospecção tecnológica deu-se por meio de buscas em bases nacional e internacionais. Utilizou-se as bases do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), base tecnológica brasileira, da World Intellectual Property Organization (WIPO), do Open Public Resource for Innovation Cartography (LENS), do European Patent Office (Espacenet) e do United States Patent and Trademark Office (USPTO), bases internacionais.

Todas as buscas realizadas nas bases de prospecção tecnológica foram realizadas nos campos: “título” e “resumo”, depois da seleção do campo “busca avançada”. As buscas, tanto científica quanto tecnológica, abrangeram desde a primeira publicação, ou depósito, disponível em cada base, até a data da pesquisa. O Quadro 1 dispõe os termos utilizados nas pesquisas bibliográfica e tecnológica.

Quadro 1 – Palavras-chave utilizadas nas buscas de artigos e patentes

INPI	PERIÓDICOS CAPES, WIPO, THE LENS E ESPACENET	USPTO
<i>Whisker*</i>	<i>Whisker*</i>	<i>Whisker\$</i>
<i>Whisker* and (estanho or Sn)</i>	<i>Whisker* and (tin or Sn)</i>	<i>Whisker\$ and (tin or Sn)</i>
<i>Whisker* and (cobre or Cu)</i>	<i>Whisker* and (copper or Cu)</i>	<i>Whisker\$ and (copper or Cu)</i>
<i>Whisker* and (zinco or Zn)</i>	<i>Whisker* and (zinc or Zn)</i>	<i>Whisker\$ and (zinc or Zn)</i>
<i>Whisker* and solda*</i>	<i>Whisker* and solder*</i>	<i>Whisker\$ and solder*</i>

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo

Os operadores *booleanos* “*”, “and”, “or” e “\$” (no caso do USPTO, operador equivalente ao “*” nas demais bases utilizadas) foram utilizados com o intuito de indicar aos sistemas de busca como a combinação de termos deveria ser realizada.

A análise dos dados coletados, por meio dos artigos e patentes recuperados, permitiu estabelecer relações, como: número de patentes depositadas *versus* ano, países, artigos, situação, classificação e outros. Para fins de simplificação, além de facilidade de acesso, optou-se por utilizar os dados obtidos na base Espacenet e do Portal de Periódicos da CAPES a fim de estabelecer as relações citadas. Ênfase também foi dada a junção dos verbetes “*whisker* and (estanho or Sn)*” no tratamento dos dados obtidos das plataformas de busca.

3 Resultados e Discussão

Os resultados obtidos por meio das buscas efetuadas nas variadas bases, conforme o uso das palavras-chave descritas na metodologia, estão expostos na Tabela 1. Nessa tabela está presente tanto o número de patentes quanto o de artigos.

Tabela 1 – Resultados dos artigos e patentes recuperados nas bases utilizadas

PALAVRAS-CHAVE	INPI	WIPO	LENS	ESPCENET	USPTO	PERIÓDICOS CAPES
<i>Whisker*</i>	2	1859	3107	3395	312	2974
<i>Whisker* and (tin or Sn)</i>	0	134	163	112	17	239
<i>Whisker* and (copper or Cu)</i>	0	33	45	35	1	79
<i>Whisker* and (zinc or Zn)</i>	0	87	145	133	6	42
<i>Whisker* and solder*</i>	0	30	35	22	3	27

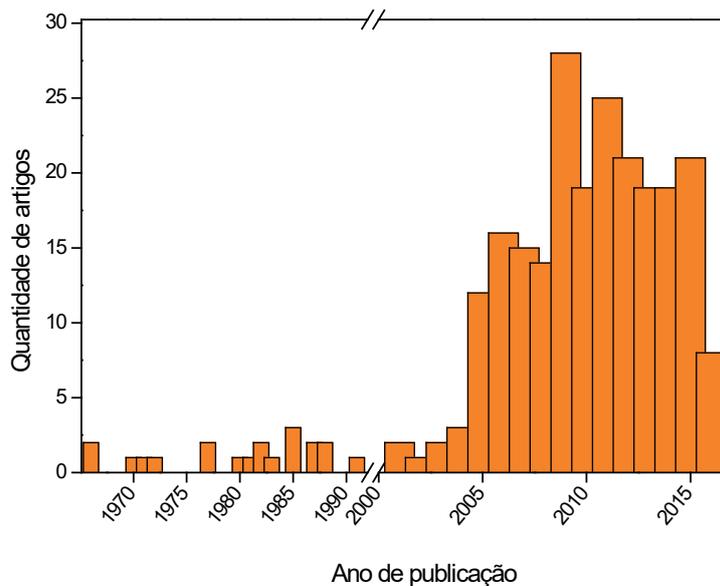
Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Os resultados obtidos, considerando-se os artigos científicos recuperados por meio do Portal de Periódicos da CAPES, apontam para aproximadamente 3.000 trabalhos acadêmicos publicados até a data dessa pesquisa ao se usar apenas o verbete “*whisker**”.

Ao se adicionar mais uma palavra-chave na busca, os resultados demonstram um refinamento no número de publicações. O acréscimo do verbete “*tin or Sn*” reduz o número de trabalhos acadêmicos para 239. Quando se adiciona o verbete “*copper or Cu*” ao primeiro termo, o número de artigos recuperados decresce para 79. O verbete “*zinc or Zn*” também foi utilizado como segundo termo e o resultado demonstrou 42 artigos publicados. Já o uso de “*solder**” junto do verbete “*whisker**” exibiu um número de artigos científicos igual a 27.

Os 239 artigos recuperados com o termo “*whisker* and tin or Sn*” foram separados por ano de publicação e podem ser visualizados na Figura 1. Não se observa na Figura 1 crescimento de pesquisas direcionadas a temática do crescimento dos *whiskers* até o ano de 2004. Contudo, de 2005 a 2009, evidencia-se um crescimento de publicações de artigos 15 vezes maior em relação ao período que antecede o ano de 2004. Nos anos seguintes não houve aumento de publicações, mas manteve-se num número próximo ao de publicações do ano de 2009.

Figura 1 – Artigos recuperados por ano de publicação pelo Portal de Periódicos da CAPES



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

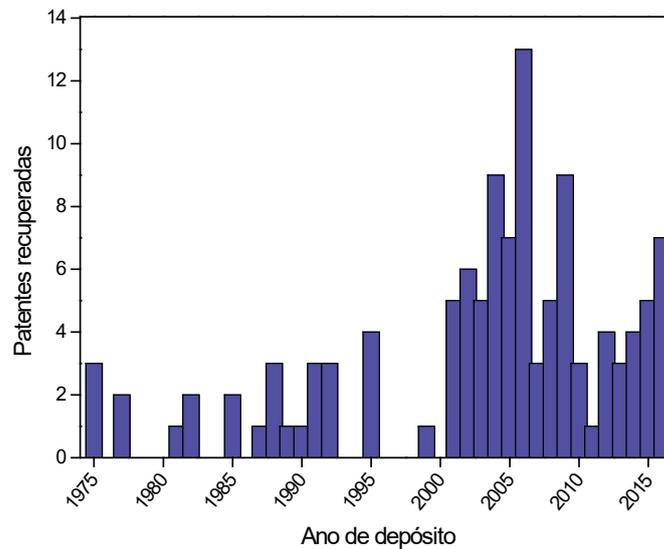
Ressalte-se aqui que, a escolha desses quatro verbetes acrescidos ao primeiro deve-se, principalmente, ao fato do crescimento dos *whiskers* poder estar associado a esses elementos metálicos e a solda (liga metálica). Os dados revelam uma quantidade de trabalhos realizados considerável, contudo pode-se inferir que, provavelmente, o acréscimo de uma terceira palavra-chave reduziria bastante o número de artigos a serem recuperados, esse fato ressalta a importância da continuidade de estudos nessa área com o propósito de minimizar e/ou impossibilitar o crescimento dos *whiskers*.

As análises da prospecção tecnológica mostraram números diferentes de documentos de patentes para cada base pesquisada. De forma geral, o Espacenet mostrou uma maior quantidade de patentes. O INPI, banco de patentes nacional, recuperou apenas dois documentos de

patentes, a PI 9905325-0 e a PI 0105534-8, mas ambas tratam de outra temática diferente da proposta deste estudo.

Conforme descrito na metodologia, as patentes do Espacenet recuperadas para o termo “*whisker* and tin or Sn*” também foram analisadas. Para esse termo pesquisado o número de documentos foi igual a 112. Esses dados foram separados por ano e estão dispostos na Figura 2.

Figura 2 – Patentes recuperadas por ano pelo Espacenet

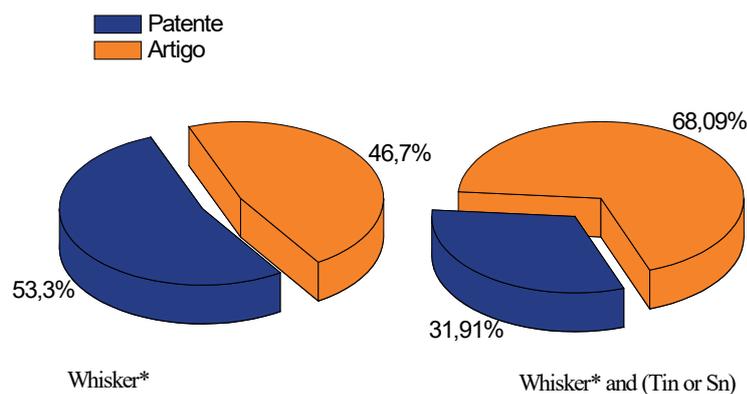


Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

A análise da Figura 2 revela uma quantidade pequena de depósitos de patentes do ano de 1975 até 1999. Os dados mostram um crescimento dos depósitos de patentes a partir de 2001, mas muito discreto. O maior número de depósitos ocorreu no ano de 2006 e teve uma quantidade solicitada de 13 patentes apenas.

Um percentual comparativo das produções científicas com as produções tecnológicas foi efetuado. Essa comparação percentual entre artigos e patentes é mostrada a seguir na Figura 3. A observação dos dados coletados evidencia uma busca baixa pelo desenvolvimento de novos produtos, pois há uma produção científica de aproximadamente 80% contra 20% de produção tecnológica para o tema tratado neste trabalho quando se compara o verbete “*whisker* and tin or Sn*”.

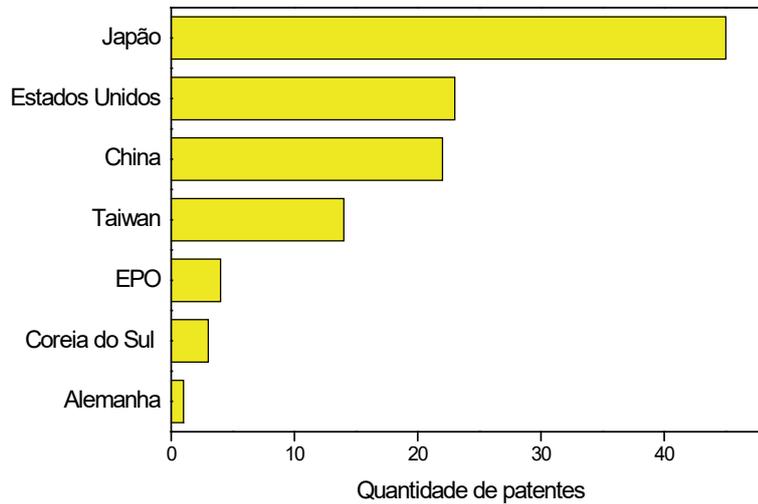
Figura 3 – Percentual de artigos versus patentes recuperadas pelo Espacenet



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Dados referentes ao país de origem depositante também foram extraídos (Figura 4). Os dados extraídos confirmam não ter ocorrido nenhum depósito em território brasileiro. Em territórios internacionais destacam-se China, Estados Unidos e Japão com a realização do maior número de depósitos, tendo o Japão um pouco mais que o dobro da produção tecnológica depositada no país em relação à China e aos Estados Unidos.

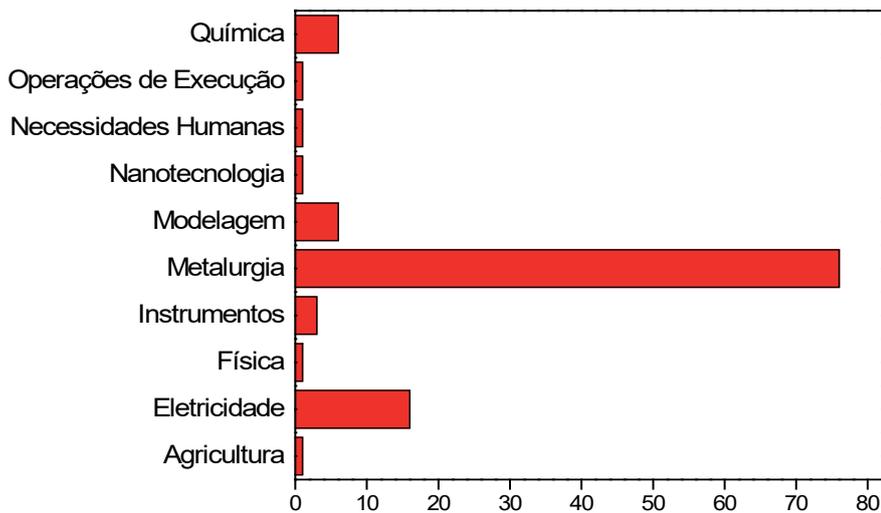
Figura 4 – Patentes depositadas no país de origem



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

A Figura 5 apresenta a classificação das patentes recuperadas para o verbete “*whisker* and tin or Sn*” por meio do Espacenet e pode ser visualizada a seguir.

Figura 5 – Classificação geral das patentes recuperadas

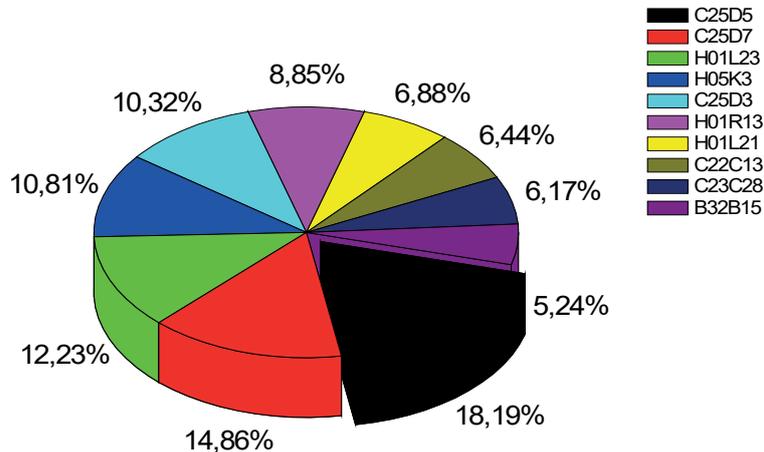


Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

As 112 patentes recuperadas estão distribuídas em dez classes gerais: Química, Operação de execução, Necessidades humanas, Nanotecnologia, Modelagem, Instrumentos, Física, Eletricidade, Agricultura e Metalurgia. Dessas dez classes gerais, houve um destaque para as classes gerais de Eletricidade e Metalurgia com 16 e 76 depósitos de patentes, respectivamente.

Ao analisar as classificações IPC, representadas na Figura 6, observa-se uma maior incidência das classificações com os seguintes códigos C25D5, C25D7, H01L23, H05K3 e C25D3, os quais correspondem, respectivamente, a “Galvanoplastia de processos”, “Galvanoplastia de revestimento”, “Dispositivos semicondutores e outros dispositivos no estado sólido”, “Aparatos ou processos para fabricação de circuitos impressos” e “Galvanoplastia”.

Figura 6 – Principais classificações IPC das patentes recuperadas

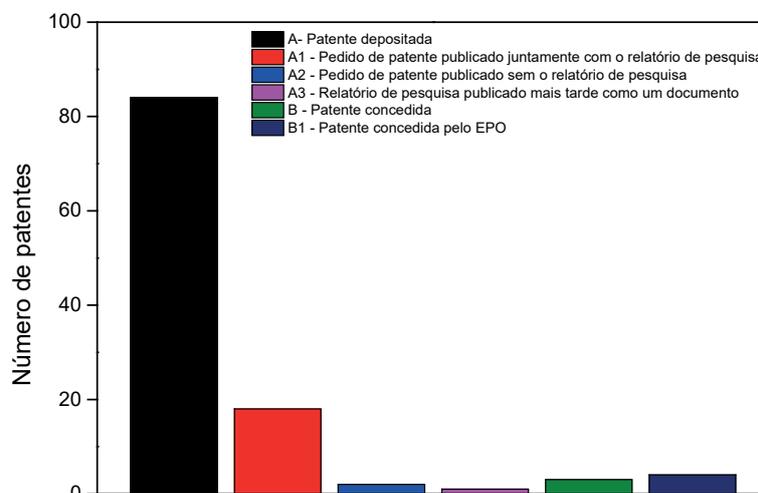


Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Dos 112 documentos recuperados pelo Espacenet, investigou-se, ainda, a situação na qual eles se encontravam na data da busca (Figura 7). As situações encontradas foram: Patente depositada (A), Pedido de patente publicado juntamente com o relatório de pesquisa (A1), Pedido de patente publicado sem o relatório de pesquisa (A2), Relatório de pesquisa publicado mais tarde como um documento (A3), Patente concedida (B) e Patente concedida pelo EPO (B1).

O resultado indicou apenas 4 patentes concedidas, elevado índice de patentes depositadas (84), as demais referiam-se a depósitos com ou sem o relatório de pesquisa ou mesmo a publicação posterior do relatório de pesquisa como um documento.

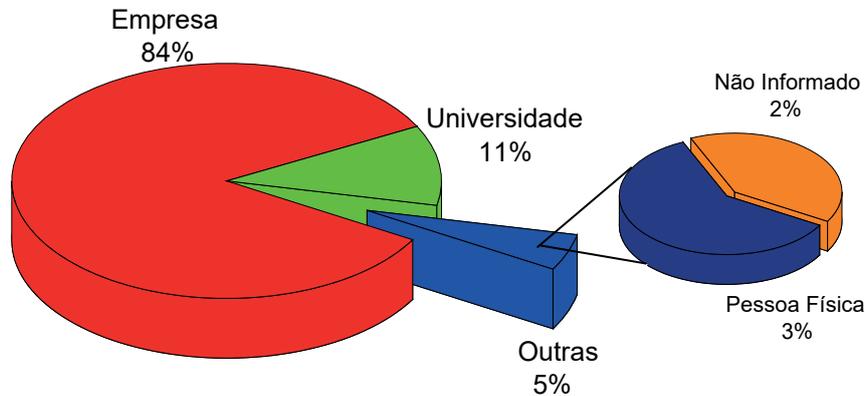
Figura 7 – Situação das patentes recuperadas no Espacenet



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Uma verificação sobre a categoria dos depositantes das 112 patentes recuperadas no Espacenet foi executada, a mesma está exposta na Figura 8. A verificação dos detentores das patentes mostrou uma concentração expressiva em empresas, 84% do total, seguida das universidades, 11% do total, 3% para pessoas físicas e 2% não identificados.

Figura 8 – Detentores das patentes recuperadas pelo Espacenet



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Uma análise do perfil das empresas mostrou que mais de 50 empresas solicitaram depósitos de patentes, mas, em sua maioria, a quantidade solicitada era de apenas uma patente. As companhias com maior número de pedidos foram “Kobe Steel Ltd”, “Jfe steel kk”, “Ishihara Chemical Co Ltd” e “Enthone” com valores iguais a 5, 4, 7 e 4 pedidos por cada uma, respectivamente. Em relação às universidades, somente 7 realizaram solicitação de proteção da tecnologia desenvolvida, a “University Nat Taiwan Science Tech” teve a maior quantidade de solicitações, um total de 4 patentes.

Por fim, observa-se que apesar dos riscos envolvidos no surgimento dos *whiskers*, um baixo número de patentes vem sendo solicitado nos últimos anos, esse fato remete à necessidade de desenvolver estudos neste tema, a fim de solucionar os problemas existentes, além de estimular uma maior interação entre empresa e universidade.

4 Considerações Finais

Problemas decorrentes da formação dos *whiskers* nas placas de circuitos eletrônicos, dentre outros, têm sido relatados. Um aumento da produção científica direcionada a temática do crescimento dos *whiskers* tem ocorrido desde meados dos anos 2000. Porém, a produção tecnológica relacionada aos *whiskers* de estanho ainda é bastante inferior à produção científica e as patentes especificamente encontradas ainda não garantem uma efetividade da mitigação de suas causas com a amplitude necessária.

Os resultados obtidos afirmam que o Brasil teve baixa expressividade, em termos de produção tecnológica, em relação a diminuição/mitigação dos *whiskers* de estanho, diferente do Japão que apresentou 45 patentes depositadas.

As empresas apresentaram-se como as maiores detentoras das patentes depositadas, esse fato revela a necessidade de esforços no sentido de promover maior interação entre universidades e empresas com o objetivo de desenvolver pesquisa e desenvolvimento nessa área de estudo.

Agradecimentos

Os autores agradecem os financiamentos recebidos da FAPEAL, FINEP, CNPq e CAPES.

Referências

BRUSSE, JAY A. *et al.* Tin whiskers and Mitigation. *In*: CAPACITOR AND RESISTOR TECHNOLOGY SYMPOSIUM, [S.l.], march 2002, p. 25–29.

BUNYAN D. *et al.* Tin whisker growth from electroplated finishes – a review. **Transactions of the Institute of Metal Finishing**, [S.l.], v. 91, n. 5, 2013.

ESPAENET. Patent search [Base de dados – Internet]. European Patent Office. 2017. Disponível em: <www.worldwide.espacenet.com>. Acesso em: 20 jun. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI) [Base de dados –Internet]. 2017. Disponível em: <www.inpi.gov.br>. Acesso em: 9 jul. 2017.

HORVÁTH, BARBARA *et al.* Growth of intermetallics Sn/Ni/Cu, Sn/Ag/Cu and Sn/Cu layered structures. **Thin Solid Films**, [S.l.], n. 556, p. 345–353, 2014.

HORVÁTH, BARBARA *et al.* Corrosion properties of tin–copper alloy coatings in aspect of tin whisker growth. **Journal of Alloys and Compounds**, [S.l.], n. 577, p. 439–444, 2013.

LENS [Base de dados – Internet]. 2017. Disponível em: <www.lens.org>. Acesso em: 9 jul. 2017.

Sobre os Autores

Jaceguai Soares da Silva

E-mail: jaceguaisoares@hotmail.com

Doutorando (em fase de conclusão); mestre em Ciências (Sub-área: Físico-Química); especialista em Gestão Ambiental; e graduado em Química (Licenciatura). Integrante do Laboratório de Eletroquímica Aplicada-LEAp e Professor no Centro Universitário Tiradentes (UNIT).

Antenor Farias Barbosa

E-mail: antenorfb@gmail.com

Mestre em Engenharia Elétrica, pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) (2003); e graduado em Engenharia Elétrica, pela Universidade de Mogi das Cruzes (1984). Professor permanente do Instituto Federal de Alagoas (IFAL), campus Maceió. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, desde 1986, tendo trabalhando na iniciativa privada como engenheiro. Em 1992 deu início a atividade docente, no IFAL, ministrando aulas no Curso Técnico de Eletrônica Integrado ao Ensino Médio. Exerceu a função de chefe do Departamento de Tecnologia e Processo, no período de agosto de 2010 a setembro de 2014, no IFAL. No Departamento Acadêmico

de Tecnologia e Processo coordenou os Cursos Integrados em: Química, Eletrônica, Eletrotécnica, Informática e Mecânica, subsequentes em: Química, Eletrotécnica e Mecânica, e os Cursos Tecnológicos: Gestão de Turismo, de Hotelaria, o Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação e Tecnológico em Alimentos.

Carolina Batista da Silva

E-mail: carol.batistasilva@gmail.com

Graduada em Química Tecnológica e Industrial, pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL), campus A. C. Simões. Técnica em Química, pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), campus Ipojuca. Tem experiência na área de Química, com ênfase em caracterização de microdispositivos por microscopias avançadas.

Gleybson Felipe dos Santos Alves

E-mail: gleybson_felipe@hotmail.com

Graduando em Química Tecnológica e Industrial, pelo Instituto de Química e Biotecnologia (IQB) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Possui curso técnico em Química, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas (IFAL), campus Maceió.

Karolina Bertulino da Silva

E-mail: karolinabertulino@hotmail.com

Graduanda em Química Tecnológica e Industrial, pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Integrante do Grupo de Pesquisa do Laboratório de Eletroquímica Aplicada (LEAp).

Aglaube Meira Bastos Melo

E-mail: aglaube.meira@gmail.com

Graduanda em Química – Licenciatura, pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Foi membro do Laboratório de Síntese e Isolamento de Feromônios (LaSIF/IQB/UFAL), onde desenvolveu pesquisa na área de Ecologia Química, atuando na investigação de novos atraentes de oviposição do mosquito *Aedes aegypti*. Atualmente, integra o Laboratório de Eletroquímica Aplicada (LEAp/IQB/UFAL), onde realiza pesquisa na área de Eletroquímica, atuando em pesquisa envolvendo a caracterização de materiais.

Josealdo Tonholo

E-mail: tonholo@gmail.com

Doutor (1997) e mestre (1991) em Físico-Química, pelo Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo (USP); bacharel e licenciado em Química, pela Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto (1988). Professor titular da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), vinculado ao Instituto de Química e Biotecnologia. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Eletroquímica, atuando principalmente nos seguintes temas: remediação de águas residuárias, anodo dimensionalmente estável, desprendimento de hidrogênio e produção de cloro e soda, corrosão, polímeros condutores, dispositivos e materiais inovadores em energia e saúde. Na área de Gestão em Ciência, Tecnologia e Inovação, é ativo em Sistemas de Inovação, Empreendedorismo Inovador, Proteção do Conhecimento, Transferência de Tecnologia, Interação Universidade-Empresa e Incubadoras de Empresas/Parques Tecnológicos. É orientador do quadro permanente dos PPGs em Química e Biotecnologia do IQB/UFAL, da Rede Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia (PROFNIT) e da Rede Renorbio. É membro integrante do INCT-INAMI-Instituto Nacional de Marcadores Integrados. É Bolsista de Produtividade DT/CNPq, desde 2006. Foi bolsista de Pós-doutorado CNPq, no Departamento de Materiais da Universidade de Loughborough, Inglaterra, sob supervisão do Prof. G.D. Wilcox (2013–2014). Foi Diretor da Associação Brasileira de Parques Tecnológicos e Incubadoras de Empresas (ANPROTEC) (2003–2009). Desde 2015, exerce a função de pró-reitor do Fórum Nacional de Gestores de Inovação e Transferência de Tecnologia (FORTEC).