

ACHATINA FULICA – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA PARA USO DA PRAGA INVASORA COMO INIBIDOR DE CORROSÃO

Jaceguai Soares da Silva^{1*}, Williams Raphael de Souza Moraes², Gleybhson Felipe dos Santos Alves³, Karolina Bertulino da Silva⁴, Abel Coelho da Silva Neto⁵, Josealdo Tonholo⁶

^{1,2,3,4,5,6} Universidade Federal de Alagoas, AL, Brasil.

Rec.:01/08/2017. Ace.:05/06/2018

RESUMO

A corrosão está relacionada a reações químicas ou eletroquímicas entre um material e o seu ambiente, que produzem uma deterioração do material e de suas propriedades. Este trabalho objetiva quantificar informações a respeito da mitigação da corrosão através do uso do muco liofilizado do caracol *Achatina fulica*, em termos tecnológicos e científico. A prospecção científica foi realizada nas bases Scopus e Web of Science. Já a tecnológica deu-se através de buscas nas bases do INPI e da WIPO. Os resultados adquiridos, ao se considerar os artigos científicos recuperados no Scopus e Web of Science, demonstram um crescimento exponencial das publicações ao longo dos anos, enquanto as patentes recuperadas mostraram uma participação das universidades inferior a 10% (dez por cento) nas solicitações de invenções.

Palavras-chave: Corrosão. Inibidor. Prospecção. *Achatina fulica*.

PROSPECTIVE STUDY OF THE USE OF LYOPHILIZED MUCUS OF ACHATIN FULICA AS AN ANTICORROSIVE INHIBITOR

ABSTRACT

Corrosion is related to chemical or electrochemical reactions between a material and its environment, which produce a deterioration of the material and its properties. This work aims to quantify information regarding the mitigation of corrosion through the use of lyophilized mucus of the *Achatina fulica* snail, in technological and scientific terms. Scientific prospecting was carried out at the Scopus and Web of Science bases. Technological research was done through searches at the INPI and WIPO bases. The results obtained, when considering the scientific articles retrieved in Scopus and Web of Science, have shown an exponential growth of publications over the years, while recovered patents have shown a participation of universities of less than 10% (ten percent) in inventions.

Keys word: Corrosion. Inhibitor. Prospection. *Achatina fulica*.

*Autor para correspondência: jaceguaisoares@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Segundo a ASTM (*American Society for Testing and Materials*), a corrosão é definida como a reação química ou eletroquímica entre um material, em geral um metal, e o seu ambiente, produzindo uma deterioração do material e suas propriedades (CICEK; AL-NUMAN, 2011).

Cascudo (1997) conceitua a corrosão como a interação destrutiva ou a interação capaz de provocar a inutilização para uso, de um material com o meio ambiente, seja por reação química ou por eletroquímica. Numa perspectiva puramente termodinâmica, a corrosão metálica é impulsionada devido à tendência de decréscimo energético (PANNONI, 2007).

O emprego de materiais metálicos em equipamentos utilizados no setor industrial, como por exemplo, têxtil, de alimentos, de petróleo, dentre outros, bem como as consequências diretas e indiretas do processo corrosivo nessas indústrias, estimulam estudos com o intuito de minimização das perdas nestes setores em decorrência da deterioração de metais (SILVA, 2014).

Gentil (2003) cita as modificações de processo, de propriedades de metais (a obtenção de uma liga metálica adequada para ser usada em determinado meio corrosivo pode gerar melhoria na redução da taxa de corrosão) e de projetos; o emprego de revestimentos protetores metálicos e não-metálicos; e a proteção catódica e anódica como outras medidas práticas comumente usadas para combater a corrosão. Além desses, também é empregado o uso dos inibidores no combate da corrosão.

A *International Organization for Standardization* (ISO) define o inibidor como uma “substância química que diminui a taxa de corrosão, quando presente em certa concentração no sistema corrosivo, sem mudar significativamente a concentração de qualquer outro agente corrosivo” (BROWN, 1999 citado por UCHÔA, 2007, p. 53).

Os inibidores orgânicos têm se destacado bastante pelo seu uso. Geralmente, são compostos orgânicos que possuem insaturações e/ou grupamentos fortemente polares contendo nitrogênio, oxigênio ou enxofre, cuja estrutura possui partes hidrofóbicas e hidrofílicas ionizáveis e, em contato com o metal, formam películas protetoras sobre as áreas anódicas e catódicas, por isso podem ser chamados de inibidores de adsorção (MACEDO, 2011).

Considerando a problemática da corrosão dos materiais, tem-se a necessidade da investigação de substâncias com potencial ação inibidora, bem como atóxicas ao meio ambiente e aos seres vivos, principalmente, se forem oriundas de fontes renováveis, baratas e prontamente disponíveis e que possam atuar no combate a corrosão de metais sujeitos a meios distintos.

Dentro da perspectiva de utilização de substâncias, de origem natural, inibidoras da corrosão, um substrato proposto para busca bibliográfica foi o do muco do caracol *Achatina fulica*, dado a sua reconhecida capacidade de excretar um muco contendo, principalmente, glicoproteínas com propriedades antioxidantes.

O *Achatina fulica*, popularmente chamado de caracol africano, é nativo da costa leste da África e está entre as 100 espécies invasoras mais prejudiciais do planeta. Hoje, é encontrado em todos os continentes, exceto na Antártida. Esta espécie apresenta alta resistência e capacidade de adaptar-se a distintas condições ambientais (AQUINO, 2010).

A secreção liberada pelos moluscos é comumente denominada de muco cutâneo. Essa secreção apresenta, desde os primórdios da humanidade, aplicações terapêuticas e cosméticas. Dentro desse contexto, xaropes expectorantes e diversos cosméticos são produzidos através do uso do muco cutâneo de caracóis, baseando-se em receituários milenares, pelos povos europeus (MARTINS *et al.*, 2003).

SILVA, J.S. da. et al.. *Achatina Fulica* – Prospecção tecnológica para uso da praga invasora como inibidor de corrosão.

No caracol, suas principais funções são agir como veículo de transporte de partículas da superfície ciliada; secretar produtos; transferir água e eletrólitos através da epiderme e auxiliar em sua locomoção. A secreção cutânea, liberada por esses moluscos, é proveniente de várias glândulas e exsudato geral de células epiteliais. Um elevado conteúdo proteico faz parte de sua constituição, fato pelo qual diversos autores a denominam também de secreção glicoproteica ou mucoglicoproteica (MARTINS *et al.*, 2003; LORENZI; MARTINS, 2008; SANTANA, 2011).

Nesse intuito, este trabalho investigou, através de dados da produção científica e tecnológica extraídos nas plataformas de pesquisa, a respeito da utilização do muco liofilizado do caracol *Achatina fulica* para aplicação como inibidor anticorrosivo. Para tanto, fez-se uso de bases de dados acadêmicos e de produção tecnológica, brasileira e internacionais.

METODOLOGIA

Neste trabalho realizou-se mapeamentos científico e tecnológico. As buscas foram feitas entre os dias 07 e 12 de julho de 2017. O mapeamento científico ocorreu através de buscas por palavras-chave nas bases *Scopus* e *Web of Science*. Na base *Scopus*, após a eleição da(s) palavra(s)-chave, selecionaram-se os campos de busca a seguir: “search” > “document search” > “article title” > “abstract” > “language: English”, e por fim refinou-se os dados obtidos em “document type: article”. Já na base da *Web of Science*, as buscas foram realizadas com a inserção da(s) palavra(s)-chave de acordo com a seguinte combinação: “Pesquisa” > “Pesquisa básica” > “Título” > “Tipo de documento: Article” > “Idioma: English”.

Para o mapeamento tecnológico foram realizadas buscas nas bases de patentes do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), base de patentes nacional, e da *World Intellectual Property Organization* (WIPO), base patentária estrangeira. Nestas bases, as buscas ocorreram através da seleção dos seguintes campos “Busca avançada” > “Título” > “Resumo”, contudo a busca no INPI foi realizada com as palavras-chave em língua portuguesa, enquanto na WIPO as palavras-chave eram em língua inglesa. No Quadro 1, estão dispostos os termos de buscas usados para as prospecções científica e tecnológica.

Quadro 1 – Palavras-chave usadas para buscas de artigos e de patentes.

INPI	WIPO, <i>Scopus</i> e <i>Web of Science</i>
Corro*	Corro*
Corro* and inibidor	Corro* and inhibitor
<i>Achatina fulica</i>	<i>Achatina fulica</i>
Corro* and inibidor and caracol	Corro* and inhibitor and snail
Corro* and inibidor and (<i>Achatina fulica</i>)	Corro* and inhibitor and (<i>Achatina fulica</i>)
Corro* and inibidor and (muco liofilizado)	Corro* and inhibitor and (lyophilized mucus)

Fonte: Autores, 2017.

O mecanismo de busca nas bases pesquisadas foi feito através da combinação de termos pelos operadores *booleanos*. Nesse trabalho somente os operadores “*” e “and” foram necessários.

A quantidade de artigos e patentes recuperados permitiu verificar a evolução científica e tecnológica das aplicações referentes ao desenvolvimento de novas composições para uso como inibidores de corrosão.

SILVA, J.S. da. et al.. *Achatina Fulica* – Prospecção tecnológica para uso da praga invasora como inibidor de corrosão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O quantitativo de artigos e patentes, extraído das bases citadas por meio da combinação das palavras-chave mencionadas na metodologia, está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Quantitativo de artigos e patentes recuperados nas bases pesquisadas.

PALAVRAS-CHAVE	INPI¹	WIPO	Web of Science	Scopus
Corro*	538	41949	57338	56828
Corro* and inhibitor	34	3105	3458	3310
Achatina fulica	0	3	288	246
Corro* and inhibitor and snail	0	0	0	0
Corro* and inhibitor and Achatina fulica	0	0	0	0
Corro* and inhibitor and lyophilized mucus	0	0	0	0

Fonte: Autores, 2017.

A análise da quantidade de artigos encontrados no *Web of Science* e *Scopus* demonstra uma grande quantidade de publicações nas duas bases. Ao usar o primeiro termo de busca, “corro*”, as duas plataformas recuperam quase 60000 (sessenta mil) artigos publicados cada uma. Mesmo ao adicionar “inhibitor” ao primeiro termo da busca, as duas bases demonstram resultados bastantes semelhantes: mais de 3000 (três mil) artigos publicados em cada base.

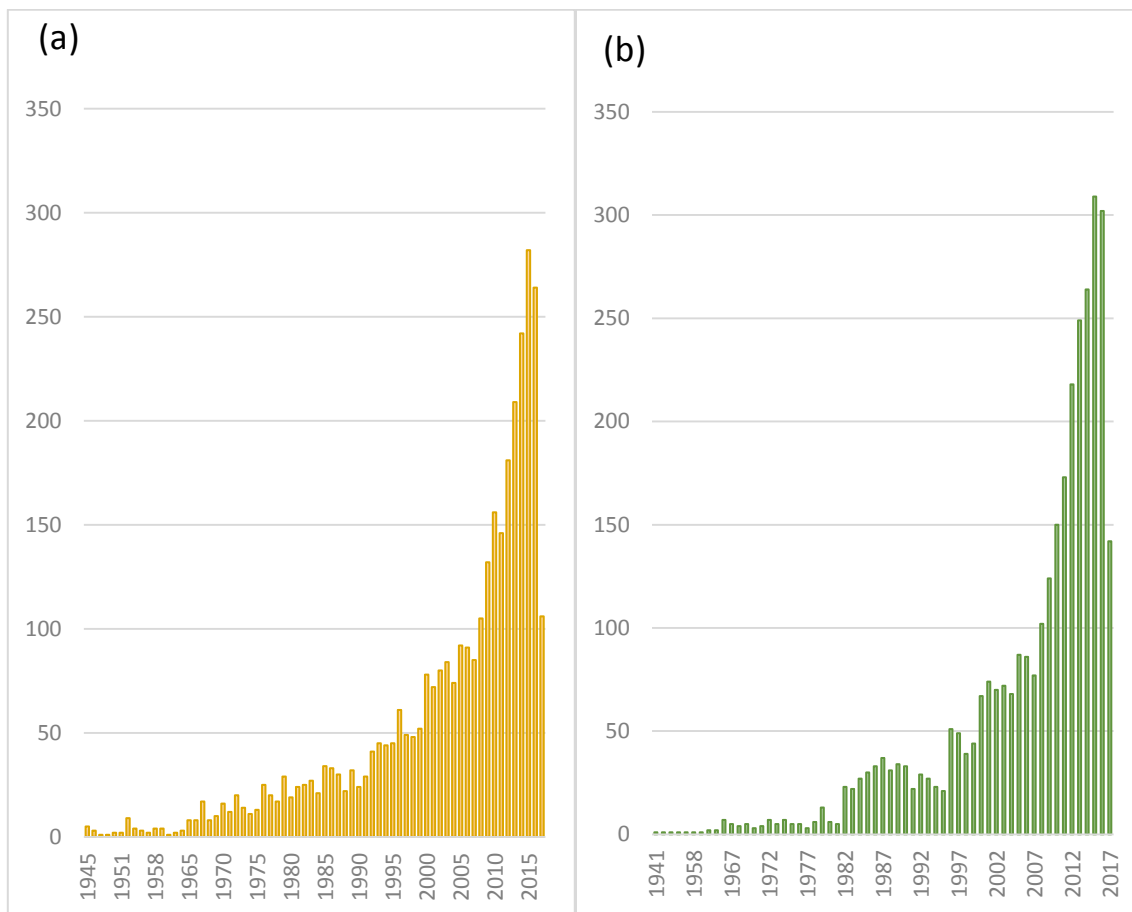
Por ou lado, ao analisar o termo “*Achatina fulica*” observou-se a produção de cerca de 300 artigos no *Web of Science* e mais de 200 artigos no *Scopus*. Nessas buscas, verificou-se um direcionamento para as áreas de bioquímica, agricultura, medicina, farmacologia e imunologia como as principais áreas da pesquisa. Não se obteve dados associados a aplicação química relacionada à corrosão.

Um refinamento dos dados, neste caso com a expressão “corro* and inhibitor”, permitiu verificar a preocupação com a remediação e diminuição dos efeitos da corrosão, pois houve um aumento do número de publicações de artigos nas duas bases ao longo dos anos. O aumento das publicações científicas, na forma de artigos, está ilustrado na Figura 1.

¹ Nesta base, as buscas ocorreram com os palavras-chave em português.

SILVA, J.S. da. et al.. *Achatina Fulica* – Prospecção tecnológica para uso da praga invasora como inibidor de corrosão.

Figura 1 – Evolução das publicações de artigos na (a) *Web of Science* e (b) *Scopus*, com a expressão “corro* and inhibitor”.



Fonte: Autores, 2017.

A Figura 1 destaca que em meados dos anos 80, já havia uma quantidade considerável da produção acadêmica voltada para o tema em estudo. Todavia, até meados dos anos 2000 a produção de artigos praticamente dobrou. Daí por diante os trabalhos científicos continuaram em ascensão, praticamente de forma exponencial, atingindo um pico máximo entre 2013 e 2015 nas duas bases pesquisadas, e num patamar quatro vezes maior quando comparado ao número de publicações dos anos 2000.

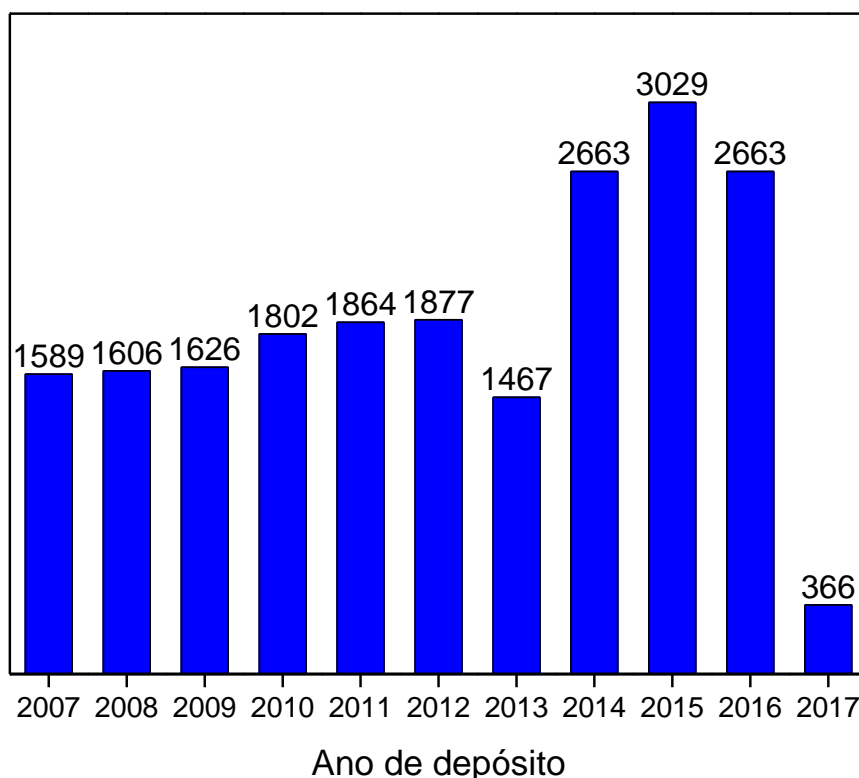
No que tange à produção tecnológica, as bases INPI e WIPO apresentaram um quantitativo de depósito de patentes completamente desiguais, o que já é esperado dada a diferença de abrangência entre elas. No INPI o número de depósitos de patentes foi muito baixo, a utilização da expressão “corro*” como palavra-chave recuperou apenas 538 patentes depositadas no país. A utilização da mesma expressão na base WIPO recuperou 41949 documentos de patentes, um valor praticamente 80 (oitenta) vezes maior que o número de patentes depositadas no nosso país. (trecho removido, sugestão do avaliador)

Quando, no mecanismo de busca, usou-se a expressão “corro* and inhibitor”, a base do INPI SILVA, J.S. da. et al.. Achatina Fulica – Prospecção tecnológica para uso da praga invasora como inibidor de corrosão.

continuou apresentando valores de depósitos de patentes bem abaixo dos valores encontrados na base da WIPO para a mesma expressão, da mesma forma isso é esperado devido a diferença de abrangência entre elas. O número de documentos recuperados para INPI e WIPO foram 34 e 3105, respectivamente. Esses valores expressam uma quantidade superior a noventa vezes mais depósitos via WIPO em relação aos depósitos via INPI.

Com o intuito de refinar os dados encontrados, selecionaram-se os últimos dez anos, de 2007 a 2017, na base de patentes da WIPO, visto que esta base apresenta uma maior abrangência, e fez-se uma filtragem dos dados anteriormente obtidos. Nessa perspectiva, informações sobre o quantitativo de patentes depositadas, países depositantes e solicitantes das patentes depositadas nesse período foram avaliadas. Assim, o primeiro dado extraído da filtragem dos últimos dez anos de busca foi a quantidade de patentes depositadas por ano. A informação obtida externou um fato de extrema relevância: metade das patentes depositadas para a pesquisa realizada com o primeiro termo de busca ocorreu nesse período. Foram exatamente 20552 patentes recuperadas na base de dados da WIPO. A evolução do número de patentes depositadas para o período está discriminada na Figura 2.

Figura 2 – Patentes recuperadas por ano na WIPO no período de 2007 a 2017.



Fonte: Autores, 2017.

A Figura 2 também mostra que, de 2007 até o ano de 2015, o número de patentes depositadas foi

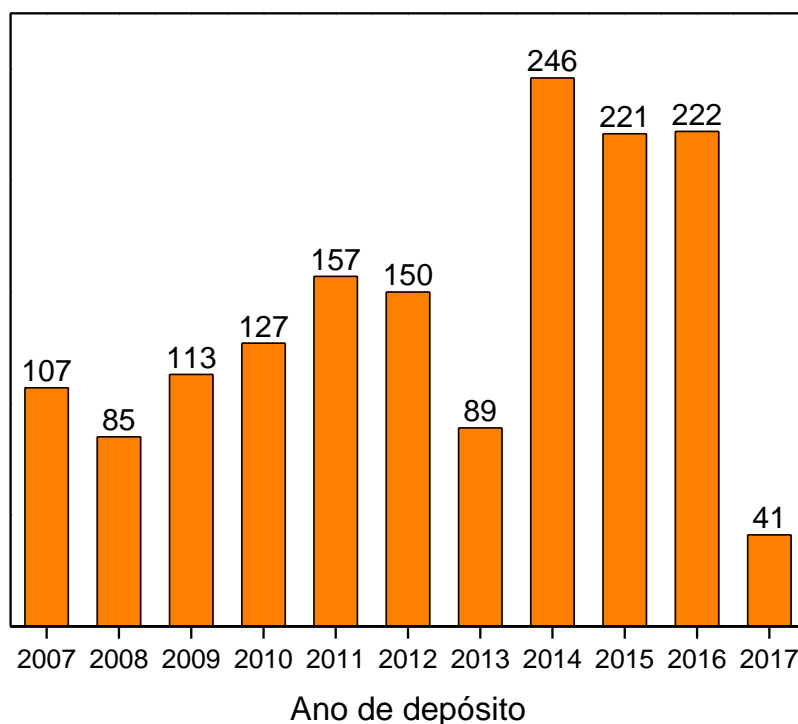
SILVA, J.S. da. et al.. Achatina Fulica – Prospecção tecnológica para uso da praga invasora como inibidor de corrosão.

praticamente duplicado. O estudo deixa evidente um aumento no interesse em gerar produtos/processos com possibilidade de atuar na mitigação dos efeitos da corrosão, expresso através do aumento de depósitos de patentes.

Quando foi utilizada a expressão “*corro* and inhibitor*”, o número de solicitações de invenções também teve um aumento significativo a cada ano. Um gráfico da evolução dos depósitos das invenções é dado na Figura 3.

A análise dos dados da Figura 3 revelou um comportamento semelhante ao da expressão anterior, *corro**, pois o número de depósitos de solicitações das invenções dos últimos dez anos equivale a uma quantidade de aproximadamente metade do total de patentes para o termo “*corro* and inhibitor*”. Este fato evidencia que medidas vêm sendo tomadas no sentido de conter os efeitos da corrosão.

Figura 3 – Depósitos de patentes dos últimos dez anos conforme a base da WIPO para o termo “*corro* and inhibitor*”, no período de 2007 a 2017.

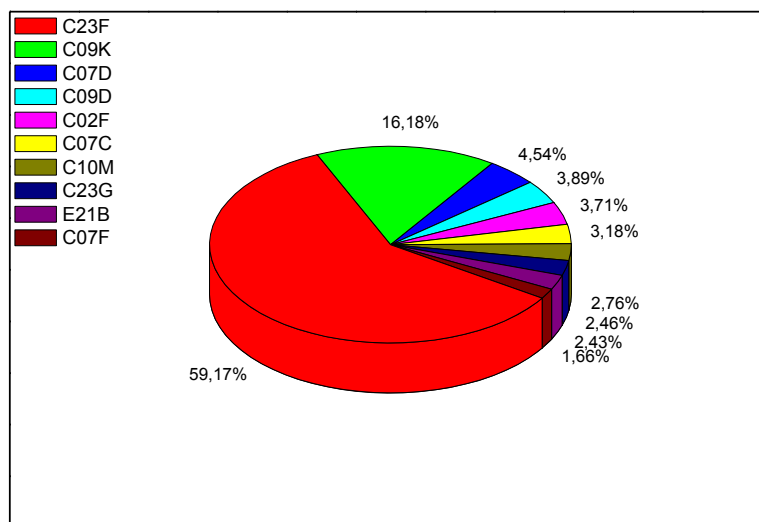


Fonte: Autores, 2017.

Ao analisar as classificações IPC, representadas na Figura 4, observa-se uma maior incidência das classificações com os seguintes códigos C23F, C09K, C07D e C09D, os quais correspondem, respectivamente, a “Tratamento de superfícies de material metálico”, “Composições de tintas, lustradores, resinas naturais ou adesivas”, “Compostos heterocíclicos” e “Composições para revestimento”.

SILVA, J.S. da. et al.. Achatina Fulica – Prospecção tecnológica para uso da praga invasora como inibidor de corrosão.

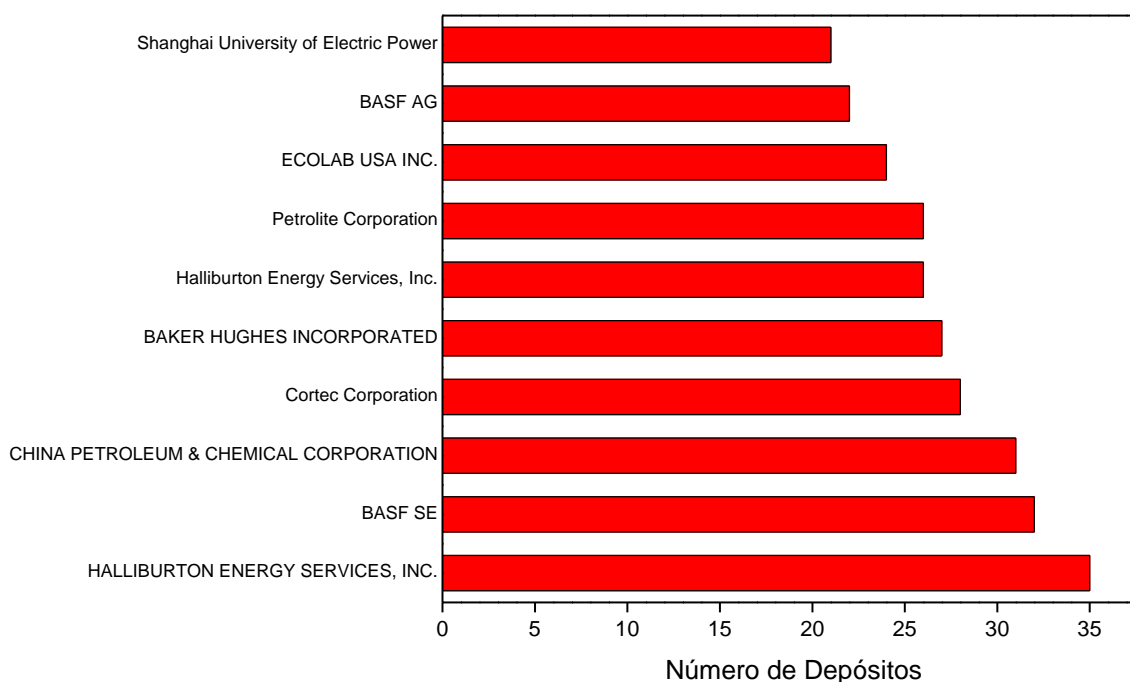
Figura 4 – Principais classificações IPC das patentes recuperadas.



Fonte: Autores, 2017.

Informações sobre as organizações detentoras das solicitações das patentes também foram extraídas e estão representadas na Figura 5.

Figura 5 – Principais organizações solicitantes de patentes conforme a base da WIPO.



Fonte: Autores, 2017.

A Figura 5 mostra as dez principais organizações solicitantes das invenções depositadas conforme dados da base da WIPO. Os dados demonstram serem os depositantes, quase que em sua totalidade, de empresas. A participação de universidades é de menos de 8% (oito por cento) nas solicitações de invenções. Dentre as dez organizações que mais solicitaram destacam-se a “HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC”, a “BASF SE” e a “CHINA PETROLEUM & CHEMICAL CORPORATIONA”.

Usando como palavra-chave o termo “*Achatina fulica*”, somente 3 patentes foram recuperadas pela WIPO, e no INPI a busca foi nula. As três patentes recuperadas são KR1019970042581, CN105851671 e KR100973192*, e descrevem métodos de isolamento e preparo de composição para uso com fins medicinais, não apresentando, portanto, nenhuma aplicação para combater a corrosão.

A pesquisa se mostrou de grande relevância acadêmica e tecnológica, tendo em vista a quantidade de trabalhos e patentes recuperados tanto para corrosão quanto para o caracol. Porém, ao acrescentar, às palavras-chave “*Corro* and inhibitor*”, o terceiro termo “*snail* ou caracol”, “*Achatina fulica*” ou “*lyophilized mucus* ou muco liofilizado” a busca resultou vazia. Tal resultado abre a expectativa sobre a necessidade de uma investigação técnico-científica acerca da potencialidade do uso da *Achatina* para algumas finalidades industriais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

SILVA, J.S. da. et al.. *Achatina Fulica* – Prospecção tecnológica para uso da praga invasora como inibidor de corrosão.

Em decorrência das consequências diretas e indiretas do processo corrosivo de materiais metálicos largamente usados pelas indústrias têxtil, de alimentos, de petróleo, dentre outras, há a necessidade da otimização de estudos para minimizar as perdas por deterioração desses materiais. Embora o maior número de publicações de artigos tenha ocorrido nos últimos 10 anos, a produção tecnológica ainda é bastante inferior, quando se compara esses números aos depósitos de patentes.

Os dados adquiridos apontam uma baixa participação das universidades nas solicitações de patentes nas condições prospectadas neste trabalho em corrosão, menos de 8% (oito por cento) nas solicitações de invenções, uma vez que somente a “Shanghai University of Electric Power” aparece na base da WIPO como universidade solicitante de patente.

As patentes recuperadas não têm aplicação no combate à corrosão. A pesquisa apontou sua utilização para aplicações medicinais apenas.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

AQUINO, M. *Achatina fulica* no Brasil. **REDVET**. v. 11, n. 8, 2010.

CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armaduras em concreto - inspeção e técnicas eletroquímicas**. Goiânia: Pini – UFG, 1997. 237 p.

CICEK, V.; AL-NUMAN, B. **Corrosion chemistry**. Massachusetts: Scrivener Publishing LLC, 2011. 171 p.

GENTIL, V. **Corrosão**. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 341 p.

INPI. Instituto Nacional da Propriedade Industrial. 2017. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

LORENZI, A. T.; MARTINS, M. F. Análise colorimétrica e espectroscópica do muco de caracóis terrestres *Achatina sp* alimentados com ração diferenciada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n.3, p.572-579, 2008.

MACEDO, R. G. M. A. **Avaliação do comportamento de heterociclos mesoiônicos solubilizados em microemulsão de óleo de coco saponificado como inibidores de corrosão**. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado em Química e Biotecnologia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011.

MARTINS, M. F. et al. Avaliação macro e microscópica da cicatrização de lesões experimentalmente provocadas em pele de coelhos tratadas com secreção mucoglicoproteica do *escargot Achatina fulica*. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 40 (supl): p. 213-218, 2003.

PANNONI, F. D. **Coletânea do uso do aço** – princípios da proteção de estruturas metálicas em situação de corrosão e incêndio. 4 ed. Gerda, 2007. 90 p.

SILVA, J.S. da. et al.. *Achatina Fulica* – Prospecção tecnológica para uso da praga invasora como inibidor de corrosão.

SANTANA, W. A. **Desenvolvimento, caracterização e avaliação do potencial cicatrizante de filmes preparados com muco de *Achatina fulica* associados ou não a laserterapia**. 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Meio Ambiente) – Universidade Tiradentes, Aracaju, 2011.

SCOPUS. 2017. Disponível em: <<https://www.scopus.com>>. Acesso em: 11 jul. 2017.

SILVA, J. S. **Estudo da inibição de corrosão em aço por uma secreção liofilizada de *Achatina fulica***. 2014. 83 f. Dissertação (Mestrado em Química e Biotecnologia) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió.

UCHÔA, S. B. B. **Inibição de corrosão em concreto armado: eficiência e comportamento do sistema tiouréia/molibdato de sódio**. 2007. Tese (Doutorado em Química e Biotecnologia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.

WEB OF SCIENCE, Periódicos CAPES. 2017. Disponível em: <>. Acesso em: 07 jul. 2017.

WIPO. World Intellectual Property Organization. 2017. Disponível em: <<https://patentscope.wipo.int>>. Acesso em: 10 jul. 2017.