

APRENDIZADOS PROVENIENTES DA FAUNA E DA FLORA PARA A INDÚSTRIA DE HIDROCARBONETOS: MAPEAMENTO DE TECNOLOGIAS BIOMIMÉTICAS

Carla Alencar Santos Rocha¹; Renata Cristina Teixeira¹

¹CENPES/PETROBRAS, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. (carlarocha.COPPETEC@petrobras.com.br)

Rec.: 03.07.2014. Ace.: 31.12.2014

RESUMO

A biomimética examina a natureza e procura estimular novas percepções para a produção de sistemas similares aos encontrados nos sistemas biológicos, buscando novas e melhores soluções de engenharia através da imitação da natureza. O presente estudo, através das técnicas de prospecção tecnológica, exhibe um mapeamento de tecnologias inspiradas na natureza e aplicadas em processos da indústria de hidrocarbonetos. Foram recuperados 294 artigos sobre o tema, dos quais 32% de instituições estadunidenses. Foram utilizadas também as técnicas de análise de redes sociais para a identificação do compartilhamento de informações na construção do conhecimento sobre a tecnologia estudada.

Palavras chave: Biomimética. Hidrocarbonetos. Prospecção Tecnológica. Análise de Redes Sociais.

ABSTRACT

Biomimetics examines the nature and seeks to stimulate new insights into the production systems that are similar to those found in biological systems, pursuing new and better engineering solutions through the imitation of nature. This study, through the techniques of technology prospecting, maps technologies inspired on nature and applied in the processes of the hydrocarbon industry. A total of 294 articles on the subject were retrieved, of which 32% were produced by American institutions. Techniques of social network analysis were also used to identify the information sharing in the construction of knowledge about the technology studied.

Keywords: Biomimetic. Hydrocarbon. Technology Prospecting. Social Network Analysis.

Área tecnológica: Biotecnologia, Biomateriais

INTRODUÇÃO

A preocupação com a melhoria de materiais, de artefatos e de seus métodos de fabricação, assim como a redução do impacto da atividade humana no meio ambiente e com a sustentabilidade, tem sido um fator cada vez mais determinante para a garantia da competitividade nas mais diversas áreas da indústria. De forma similar, a própria natureza desenvolveu e vem desenvolvendo materiais, objetos e processos com funcionalidades específicas em diferentes escalas, através de uma evolução contínua numa escala de tempo estimada em 3,8 bilhões de anos (BHUSHAN, 2013). Assim, na busca por soluções mais funcionais ou que causem menor impacto ambiental, cientistas e pesquisadores têm voltado seus olhares para o próprio meio ambiente em busca de inspiração. A biomimética, definida por Benyus (2007, p.10) como a imitação consciente da genialidade da vida, trata de processos e produtos criados pelo homem com inspiração na natureza. XUAN et al. (2013, p. 531) apontam que as tecnologias biomiméticas são ainda emergentes, sendo usadas para resolver problemas de engenharia através do estudo e da imitação de estruturas, funções e princípios de trabalho dos organismos. A biomimética é ainda classificada por Detânico, Teixeira e Silva (2010) como uma nova especialidade que pesquisa o desempenho de ecossistemas e seus organismos naturais na busca de ideias inteligentes e sustentáveis à indústria.

Diante das definições relatadas anteriormente, pode-se dizer que a natureza desenvolveu e aplica um método eficiente de evolução, o qual encontra eco na afirmação de que a “natureza é sabia”, sendo um caminho sólido e promissor para inovações mais inteligentes na criação e produção de novos materiais. Seguindo o conceito de biomimética, não se procura extrair da natureza esses materiais e sim, o conhecimento de como produzi-los, buscando a sustentabilidade.

O presente trabalho, através da revisão de literatura e também da utilização das técnicas de prospecção tecnológica em base de dados literários, objetiva apresentar um mapeamento de tecnologias inspiradas na natureza e aplicadas em processos da indústria de hidrocarbonetos. Foram utilizadas também as técnicas de análise de redes sociais para a identificação do compartilhamento de informações para a construção do conhecimento sobre o tema estudado.

A seção seguinte apresenta uma seleção de aplicações de técnicas biomiméticas utilizadas para a transformação de hidrocarbonetos, apontando alguns dos diversos estudos encontrados na literatura. A seguir são apresentados os métodos aplicados para a elaboração do presente estudo, seguida da seção que apresenta e comenta os resultados da prospecção tecnológica sobre o tema. Por fim, são apresentados os comentários finais, seguida da lista de referências consultadas para a confecção do presente estudo.

Esta seção apresenta algumas das tecnologias biomiméticas com aplicabilidade na indústria de hidrocarbonetos descrita na literatura técnica e científica recuperada no presente estudo.

Tak-Sing et al. (2011, p. 443) descrevem a criação de uma superfície, inspirada nas folhas da planta *Nepenthes pitcher*, que é capaz de repelir vários tipos de líquidos. Os autores partiram de estudos anteriores sobre a impermeabilidade da flor de lótus (*Nelumbo nucifera*) para chegar ao que nomearam superfície omnifóbica. Dentre as várias aplicabilidades sugeridas, destaca-se o transporte de fluidos, podendo tornar o transporte de hidrocarbonetos mais rápido e eficiente.

Um novo fluido de perfuração, capaz de reduzir o impacto negativo na estabilidade de poços, foi desenvolvido por pesquisadores da *China University of Petroleum*. O fluido imita a estrutura e função da proteína secretada pelo mexilhão marinho (*Mytilus edulis*), possui alta capacidade de adesão, podendo ligar-se a diversos tipos de substratos inorgânicos e orgânicos em meio aquoso, incluindo metal, pedra e filmes poliméricos. (XUAN et al., 2013, p. 531)

As oxidações biomiméticas recebem grande atenção na pesquisa atualmente. Leod (2008) estudou a atividade catalítica de metaloporfirinas na oxidação de hidrocarbonetos, comparando a capacidade catalisadora dessa substância com a dos complexos de salen. Zhou et al. (2012, p. 103) analisaram

diversos sulfetos, incluindo o dibenzotiofeno, concluindo que a porfirina de ferro pode ser utilizada como catalisador eficiente para oxidação de hidrocarbonetos inclusive em condições naturais, como à temperatura ambiente.

Segundo Fudg et al. (2010), o lodo produzido pelo peixe-bruxa (da classe *Myxini*, são peixes marinhos que vivem em água fria e possuem a forma de enguias) pode ser usado como inspiração para a produção de fibras de proteína comparáveis, em relação a suas propriedades materiais e ao seu desempenho mecânico, à da aranha. O uso das fibras produzidas pela biomimética do peixe-bruxa pode substituir o uso de fibras proveniente de materiais petrolíferos.

Pakerton, Stone e Letinki (2000, p. 275) desenvolveram um método analítico simples para avaliar a contaminação de hidrocarbonetos a partir de simulações biomiméticas no ambiente aquoso da truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Os resultados em relação ao método desenvolvido apresentaram as vantagens de rápida absorção e elevada sensibilidade analítica o que reduz a quantidade de amostras necessárias tornando os estudos mais baratos e rápidos.

Peterson (1994) havia usado algas para analisar a concentração de contaminantes de hidrocarbonetos em ambiente aquático. Segundo o autor, o entendimento da influência da proporção de água para hidrocarboneto na determinação da composição química da fase aquosa é de grande importância para a compreensão da toxicidade da mistura de hidrocarbonetos. Este mesmo procedimento foi também utilizado por King et al. (1996) para estudar os riscos para o homem e para o meio ambiente decorrente de contaminação por hidrocarbonetos.

A presente seção não objetivou esgotar todos os estudos biomiméticos recuperados na literatura, apenas, trazer exemplos de aplicações dessa ciência para a indústria dos hidrocarbonetos.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada para levantamento das informações concentrou-se na busca pela literatura técnica e científica publicada sobre o tema na base de dados Scopus, que reúne mais de 18 mil títulos de mais de 5.000 editoras internacionais, incluindo a cobertura de 16.500 revistas nas áreas de ciência, tecnologia, medicina, sociais, artes e humanidades.

A combinação das palavras-chave *biomimetic* and (*petroleum hydrocarbon*) foi utilizada como estratégia de busca nos campos “resumo”, “título” e “palavras-chave”, com limitação temporal ao ano de 2013, resultando em 294 documentos recuperados. Os *softwares* VantagePoint e Pajek foram utilizados para a produção das análises bibliométricas e para a análise de compartilhamento de conhecimentos. A seção seguinte apresenta a análise do resultado, seguida das considerações finais.

RESULTADO E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a evolução da publicação de artigos sobre biomimética aplicada à indústria do petróleo.

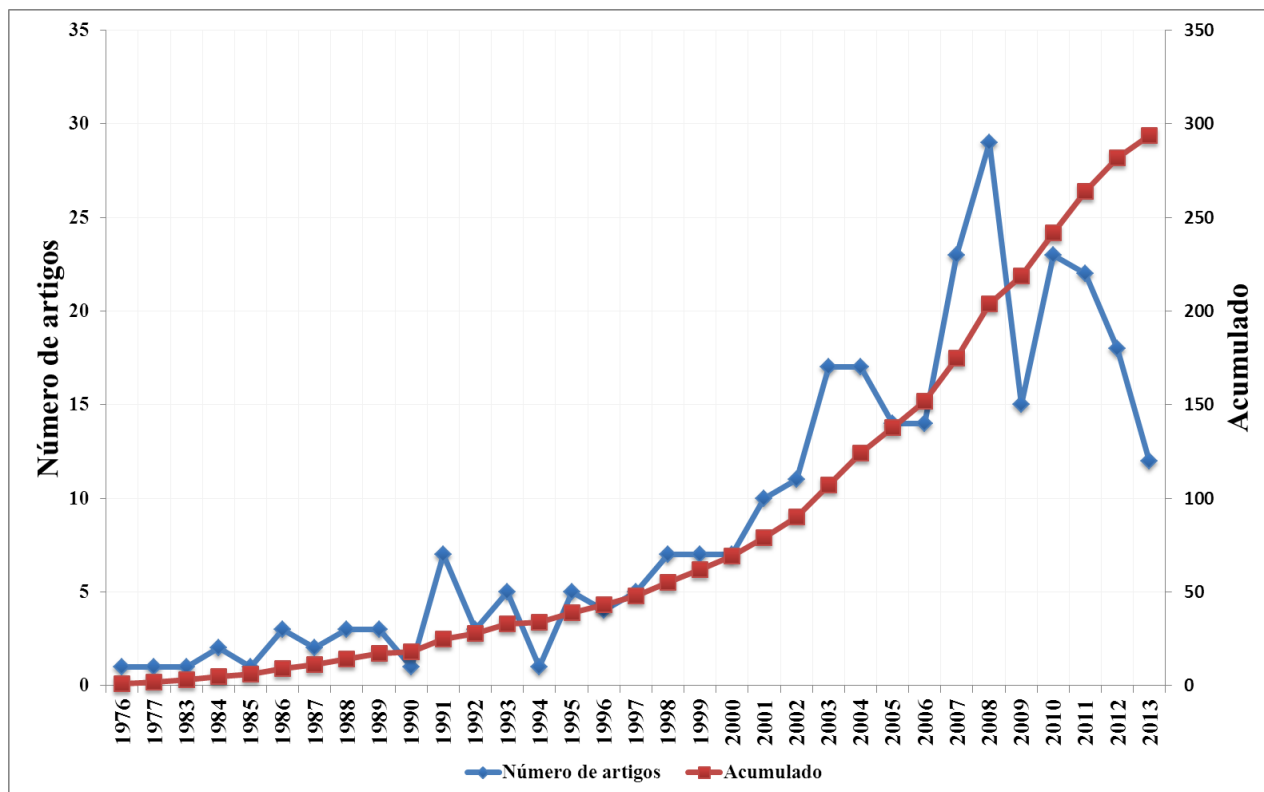
O primeiro artigo recuperado sobre o tema foi publicado em 1976 e analisava a participação do estireno como um finalizador de ciclização de políenos.

Como pode ser observado na Figura 1, o número de publicações permaneceu estável até final da década de 1980, quando então percebe-se um aumento mais significativo da publicação de artigos. Até esse período, a maior concentração de estudos refletia a necessidade da oxidação de hidrocarbonetos aplicada à indústria médica e não diretamente na indústria petrolífera.

A partir do ano 2000 esse crescimento se acentuou e o ano de 2008 apresenta pico de 29 publicações.

Os anos de 2012 e 2013 aparentam apresentar queda, mas cabe ressaltar que a base pode sofrer atrasos no processo de indexação dos documentos.

Figura 1 - Evolução da publicação de artigos e acumulado



Fonte: Autoria própria, 2014.

A Figura 2 apresenta quais foram as instituições que mais realizaram pesquisas no tema do presente estudo, apontando também o principal autor de cada instituição, considerando o quantitativo de artigos de mesma autoria no tema.

A *RussianAcademyofSciences* (Rússia) e a *ChineseAcademyofSciences* (China) se destacam com 18 e 16 artigos respectivamente.

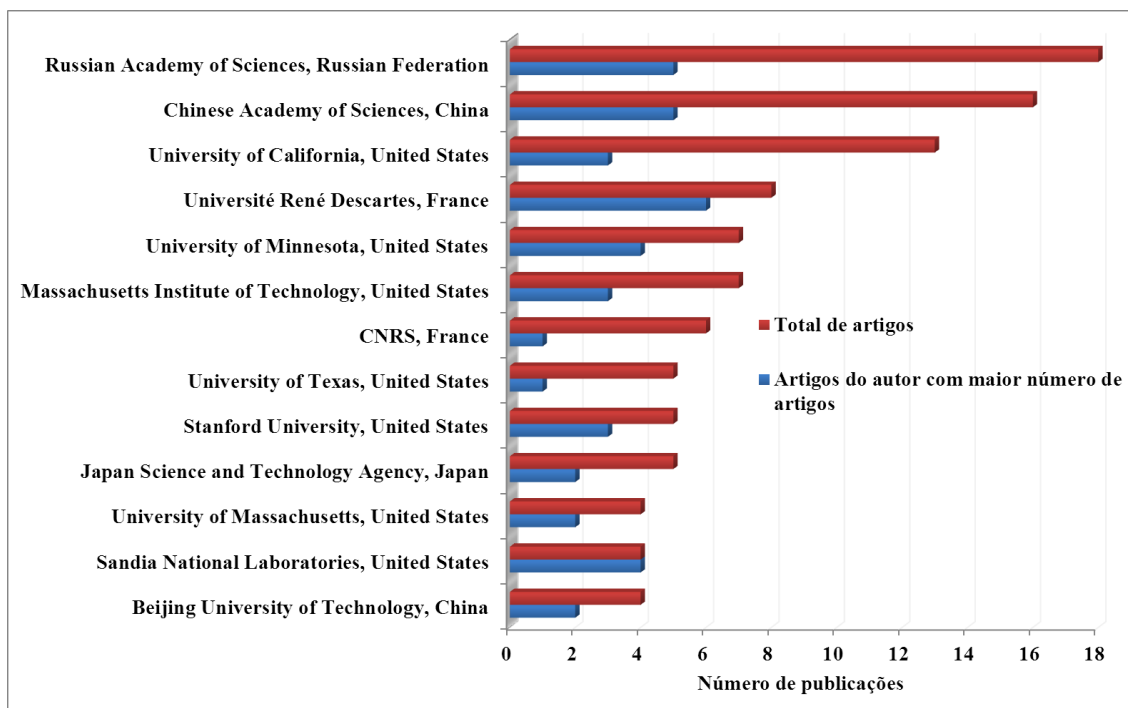
A *UniversityofCalifornia* (Estados Unidos) possui 13 artigos publicados no tema pesquisado.

A *Université René Descartes* (França) possui oito artigos e é dessa instituição o autor com maior número de artigos publicados sobre a pesquisa biomimética aplicada a hidrocarbonetos.

Pierrette Battioni possui seis trabalhos sobre o tema e é o pesquisador com maior número de trabalhos recuperados no presente estudo.

A Figura 3 apresenta em destaque a rede de relacionamentos formada pelo agrupamento dos artigos com três ou mais pesquisadores de instituições distintas, compartilhando um mesmo artigo. Optou-se por mostrar esse agrupamento uma vez que a totalidade dos 1.019 autores identificados no conjunto de 294 artigos resultou em uma figura muito complexa e de poucos compartilhamentos, ou seja, muitos dos artigos foram escritos em parceria entre autores da mesma instituição. Cada instituição representa um vértice da rede e a existência de relacionamento entre as instituições (artigo publicado em conjunto) é representada por uma aresta.

Figura 2 - Número de publicações por instituição com destaque para o número de publicações do principal autor



Fonte: Autoria própria, 2014.

A Figura 3 apresenta, em primeiro plano, o grupo com maior concentração no compartilhamento de informações, nomeado na análise de redes sociais como componente gigante. (SOUZA, BARBASTEFANO e LIMA, 2012). A *University of California* (Estados Unidos) aparece como um ator central, ou seja, um ator onde a passagem de fluxo informacional é maior do que nos outros vértices dessa rede. Esta instituição possui relacionamento com outras 11 instituições. O *Massachusetts Institute of Technology* (Estados Unidos) possui relacionamento com outras seis instituições e o *Weizmann Institute of Science* (Israel) possui relacionamento com outras cinco instituições.

A Tabela 1 apresenta a lista com as principais áreas de concentração de pesquisa no conjunto de documentos recuperados. As áreas de maior destaque são Química (60 %), Bioquímica, Genética e Biologia Molecular (27 % cada), Engenharia Química (20%), Materiais (10%) e Meio Ambiente (9 %).

Tabela 1 - Áreas de concentração das pesquisas

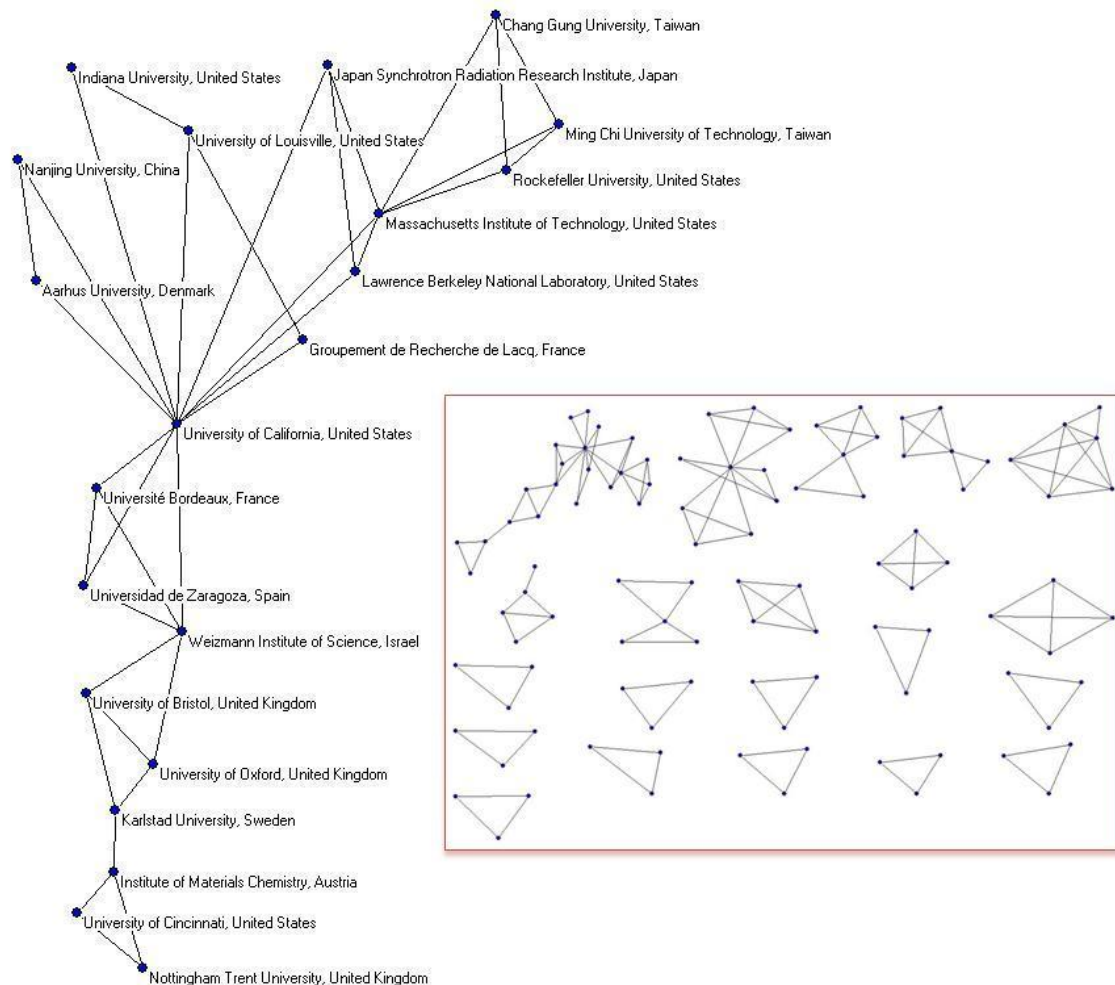
Áreas de Pesquisa	Nº Artigos
Química	176
Bioquímica, Genética, Biologia Molecular	87
Engenharia química	59
Materiais	30
Meio Ambiente	26
Farmacologia, toxicologia	26

Tabela 1 - Áreas de concentração das pesquisas

Áreas de Pesquisa	Nº Artigos
Engenharia química	15
Física e Astronomia	15
Medicina	10
Energia	8
Ciências da Terra e Planetárias	5
Agricultura e Ciências Biológicas	4
Multidisciplinar	4
Imunologia e Microbiologia	3
Matemática	2
Ciência da Computação	1
Ciência da Decisão	1

Fonte: Autoria própria, 2014.

Figura 3 - Componente gigante e rede de compartilhamento de conhecimento



Fonte: Autoria própria, 2014.

CONCLUSÃO

Os estudos biomiméticos buscam o entendimento do comportamento funcional da fauna e da flora em seu ambiente natural e almejam a aplicação desse conhecimento para benefício do ser humano, através da construção de tecnologias sustentáveis. A exposição de diversos trabalhos que seguem a biomimética foi objeto do presente estudo, que também apresentou o mapeamento da tecnologia biomimética publicada em artigos técnicos e científicos.

Na busca pela literatura técnica disponível sobre tema foram recuperados 294 artigos, dos quais apenas 1,4% foram produzidos por instituições brasileiras, indicando que essas tecnologias ainda se encontram incipientes no país.

Os estudos sobre tecnologias biomiméticas têm se intensificado ao longo dos anos e acredita-se que ganharão cada vez mais espaço na produção científica uma vez que a busca por sustentabilidade e por meios de produção mais limpos tem igualmente crescido em importância nos dias atuais.

REFERÊNCIAS

BENYUS, J. M. **Biomimética**: inovação inspirada pela natureza. São Paulo: Cultrix, 2007.

BHUSHAN, B. Biomimetics: bioinspired superhydrophobic, self-cleaning/antifouling and low drag surfaces for green tribology. **WORLD TRIBOLOGY CONGRESS**, v. 2013. **Proceedings...** Turim: Politecnico di Torino, 2013.

DETANICO, F. B.; TEIXEIRA, F.; SILVA, T. L. K. A biomimética como método criativo para o projeto de produto. **Design & Tecnologia**, v. 1, n. 2, 2010.

FUDGE, D. S. et al. Hagfish slime threads as a biomimetic model for high performance protein fibres. **Bioinsp. Biomim.**, v. 5, p. 1-8, 2010.

KING, D. J.; et al. Environmental risk assessment of petroleum substances: the hydrocarbon block method. **Report n. 96/52**. Brussels: CONCAWE, 1996.

LEOD, T. C. O. M. **Metaloporfirinas e compostos salen como modelos biomiméticos do citocromo P450 no metabolismo de fármacos anticonvulsivantes e antidepressivo**. 261 f. 2008. Tese (Doutorado em Ciências). Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.

PAKERTON, T. F.; STONE, M. A.; LETINSKI, D. J. Assessing the aquatic toxicity of complex hydrocarbon mixtures using solid phase microextraction. **Toxicology Letters**, n. 112-113, p. 273-282, 2000.

PETERSON, D. R. Calculating the aquatic toxicity of hydrocarbon mixtures. **Chemosphere**, v. 29, n. 12, p. 2493-2506, 1994.

SOUZA, C. G.; BARBASTEFANO, R. G.; LIMA, L. S. Redes de colaboração científica na área de química no Brasil: um estudo baseado nas coautorias dos artigos da revista Química Nova. **Química Nova**, v. 35, n. 4, p. 617-676, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v35n4/a03v35n4.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2013.

TAK-SING, W. et al. Bioinspired self-repairing slippery surfaces with pressure-stable omniphobicity. **Nature Physics**, v. 7, p. 443-447, 2011.

Carla Alencar Santos ROCHA; Renata Cristina TEIXEIRA. Aprendizados provenientes da fauna e da flora para a indústria de hidrocarbonetos: mapeamento de tecnologias biomiméticas

XUAN, Y.; et al. A biomimetic drilling fluid for wellbore strengthening. **Petrol. Explor. Develop.**, v. 40, n. 4, p. 531-536, 2013.

ZHOU, X.; et al. Biomimetic oxidation of sulfides based on FeIIIporphyrin under the mild conditions. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOMEDICAL ENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY, 2, 2012. **Anais...** Macau: IEEE Computer Society, 2010.