

MAPEAMENTO DOS IMPACTOS E ASPECTOS GERAIS DAS AMIDOXIMAS A PARTIR DE UMA ANÁLISE PROSPECTIVA

Romário Jonas de Oliveira (1); Bruna Barbosa Maia da Silva (1); Jadson de Farias Silva (2); Josefa Aqueline da Cunha Lima (3); Juliano Carlo Rufino de Freitas (4).

1 Universidade Federal Rural de Pernambuco, romario.jonas@live.com
1 Universidade Federal de Campina Grande, bruninhamaia5151@gmail.com
2 Universidade Federal Rural de Pernambuco, jadson_nf@hotmail.com
3 Universidade Federal Rural de Pernambuco, akelinecunha@gmail.com
4 Universidade Federal de Campina Grande, julianocrf@gmail.com

Resumo: A análise prospectiva permite o mapeamento dos dados relacionados ao estágio de maturidade de um determinado produto ou tecnologia e de como os mesmos estão inseridos ou sendo utilizados no meio social. Este mapeamento permite tomar decisões mais assertivas e seguras sobre continuar ou não investindo em um determinado produto ou tecnologia. Partindo desse pressuposto, e do fato das amidoximas apresentarem inúmeras aplicações em diferentes setores da economia, foi realizada uma análise prospectiva a fim de avaliar o estado atual a nível nacional e internacional dessa classe de composto. A metodologia utilizada baseou-se na busca de artigos científicos na plataforma *Web of Science* e das patentes depositadas nos bancos de dados do INPI, LATIPAT e ESPACENET, utilizando como palavras-chave “Amidoxima”, “Amidoxime” e “Amidoxim”. Como resultado, foram encontradas um total de 166 patentes depositadas, e constatou-se que os Estados Unidos é o maior detentor de depósito de patente com um percentual de 20,9%. A partir da pesquisa realizada na plataforma *Web of Science*TM constatou-se um total de 1060 artigos, onde a China apresentou maior taxa de publicações 18,3% do todo. O Brasil apresentou 2 patentes depositadas sobre as amidoximas, o que corresponde a 0,2% e o índice-H da palavra-chave amidoxime na *Web of Science* foi de 54. No mais, a elevada quantidade de depósitos de patentes e publicações apenas reforçam as aplicações únicas pertencentes as amidoximas e a importância dessa classe de compostos.

Palavras-chave: Amidoximas; Patentes e Artigos; Prospecção Tecnológica.

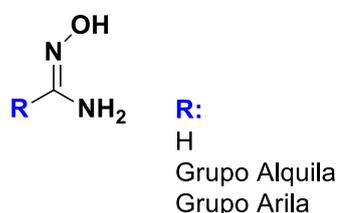
Introdução

A inclusão da propriedade industrial e seu potencial de inovação no Brasil são questões que ainda estão no início de seu desenvolvimento. Isso pode ser explicado pelo fato de que empresas, o setor acadêmico e ainda outros desenvolvedores independentes, transferem muito pouco da tecnologia dos seus produtos para a sociedade. Surgem questões relacionadas à existência ou não do estado atual dos produtos e tecnologias ou das técnicas utilizadas para o desenvolvimento dos mesmos. Essas questões podem se manifestar na forma da existência ou não de patentes relacionadas ao tema, interesse de empresas que trabalham com a respectiva tecnologia bem como outros países que também possuem interesse sobre a técnica (QUINTELLA & TORRES, 2011).

Uma forma de minimizar esse problema está diretamente relacionada com o conhecimento prévio sobre a tecnologia em questão e o respectivo estado atual da técnica, de forma que haja possibilidade de descobrir se a mesma

já foi ou está sendo desenvolvida nacional e internacionalmente, bem como da sua utilização pela sociedade. A prospecção tecnológica de determinado produto ou técnica permite o levantamento de todos os dados relacionados ao estágio de maturidade dos mesmos e de como estão inseridos ou sendo utilizados no meio social, através, principalmente, da busca por patentes em diversas bases de dados (QUINTELLA et al., 2011). Em concordância com as explicações, um dos produtos que muito tem aumentado seu nível de interesse pela comunidade científica, em virtude de suas propriedades biológicas e aplicações tecnológicas, são as amidoximas.

A primeira menção da síntese de Amidoximas, fórmula estrutural mostrada no Esquema 01, foi de 1873 por Lossen e Schifferdecher que na época denominaram de *Isuretin*, e desde então o número de publicações e citações referente a essa classe de compostos tem aumentado em um nível quase que exponencial, como podemos observar na Figura 01 que mostra os dados de publicações e citações relacionados ao tema amidoxime na plataforma *Web of Science*TM (2018).



Esquema 01. Estrutura geral das amidoximas.

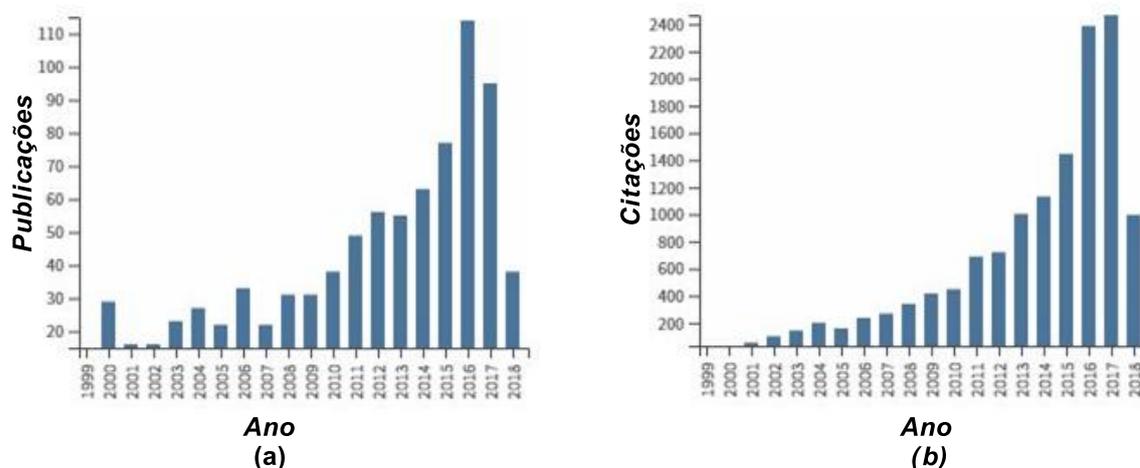


Figura 01. Gráficos do número de publicações (a) e do número de citações (b) envolvendo o termo “Amidoxime” nos últimos 20 anos.

Tal crescimento pode ser explicado em virtude das variadas aplicações das amidoximas, perpassando desde o campo biológico e farmacológico onde podemos mencionar sua atuação como pró-drogas de amidinas (COHRS et al., 2014; SAULTER et al., 2005) e o campo industrial e tecnológico em que há relatos do uso de amidoximas como adsorvente de gases e como agentes complexantes de íons metálicos em solução aquosa (METWALLY, et al., 2013; ZHAO, et al., 2014).

Adsorventes a base de amidoxima demonstram uma eficácia mais elevada quando comparados a outros materiais devido principalmente à hidrofiliabilidade das amidoximas, melhorando o contato com a água. Tal peculiaridade relacionadas as amidoximas poderem ser utilizadas como agentes complexantes em solução aquosa, vem sendo estudada nos últimos anos pela Agência de Energia Atômica do Japão (*Japan Atomic Energy Agency – JAEA*), com objetivo da adsorção de íons urânio (U^{6+}) em água do mar (SCHNEIDER & SACHDE, 2013). Cabe ainda destacar que resinas a base de amidoximas possuem aplicação na produção de embalagens, fibras sintéticas, filtros de cigarro, entre outras (LEONARD, 1962).

Partindo dos pressupostos mencionados em relação as propriedades e aplicações exclusivas das amidoximas, principalmente para indústria e tecnologia, a proposta do presente estudo foi de elaborar uma prospecção tecnológica com objetivo de avaliar o estado atual a nível nacional e internacional dos estudos que envolvem a classe de compostos amidoximas, por meio da análise dos artigos científicos publicados e principalmente das patentes depositadas relacionadas a esses compostos.

Metodologia

O estudo prospectivo tecnológico foi desenvolvido de modo a considerar em seu todo os dados qualitativos relacionados ao tópico a ser estudado, no entanto, em virtude da construção de quadros e tabelas e utilização de dados estatísticos, foi necessária uma ínfima análise quantitativa de modo a melhorar a interpretação dos dados.

Foram realizadas pesquisas nos pedidos de patentes depositadas utilizando para tanto, bancos de dados confiáveis, possuintes de uma prática acessibilidade e por envolverem tanto dados nacionais quanto internacionais, sendo eles o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), Patentes da América Latina e Espanha (LATIPAT) e Instituto Europeu de Patentes (ESPACENET). A busca por artigos científicos foi realizada em uma das bases de dados comumente utilizadas, o *Web of Science™* (Thomson Reuters Scientific).

A pesquisa de dados foi realizada entre abril e maio de 2018 e para isso foram utilizados os termos “amidoxima”, “amidoxime” e “amidoxim” que foram submetidos nos campos de busca avançada (Advanced Search), onde os resultados da busca de patentes e artigos que continham os termos no título e/ou no resumo foram considerados como válidos. Cada trabalho encontrado foi analisado por completo e quando necessário foram reanalisados.

Resultados e Discussão

A relevância das amidoximas pôde ser vislumbrada após um estudo prospectivo, onde os resultados obtidos nos bancos de dados utilizando os termos “amidoxima”, “amidoxime” e “amidoxim”, são relacionados aos depósitos de patentes e publicações científicas na forma de artigos, considerando para as patentes: i. Número de depósitos de patentes; ii. País de origem de depósito; iii. Ano de depósito; e iv. Classificação Internacional de Patentes (CIP) e para os artigos científicos, a quantidade de publicações e sua abordagem temática, ou seja, a área de publicação.

A Tabela 01 demonstra a quantidade de patentes registradas entre 1958-2018 relacionadas as amidoximas por meio dos termos anteriormente mencionados que foram utilizados na busca avançada (*Advanced Search*) nos bancos de dados do INPI, LATIPAT e ESPACENET, onde ao todo foram encontradas um total de 166 patentes registradas.

Tabela 01 – Pesquisas por patentes no banco de dados do INPI, LATIPAT e ESPACENET.

| Palavras-chave | INPI | LATIPAT | ESPACENET | Total |
|-----------------------|-------------|----------------|------------------|--------------|
| Amidoxima | 8 | 13 | 0 | 21 |
| Amidoxime | 0 | | 139 ^A | 139 |
| Amidoxim | 0 | 0 | 6 ^A | 6 |
| | | | | 166 |

^AUma patente igual entre os dados.

Fonte: Autoria Própria (2018)

Na análise dos dados obtidos do INPI foram encontradas um total de oito patentes para o termo “amidoxima” em que as mesmas tinham por objetivos relatos sobre modificação estrutural, desenvolvimento de novos compostos

orgânicos e inorgânicos, produção de matérias para fins medicinais, entre outros. O período de depósito das patentes concentra-se nos anos 2000 a 2010 mais especificamente nos anos 2000, 2003 e 2010.

Os depósitos de patentes encontradas no banco de dados do INPI exibiram as seguintes categorias da CIP: A61 (Ciência Médica ou Veterinária; Higiene); C01 (química inorgânica); C07 (química orgânica) e C08 (compostos macromoleculares orgânicos; desenvolvimento ou seu procedimento químico; composições a base dos mesmos). Cabe destacar, que por ser um banco de dados especificamente nacional, não foi encontrada nenhuma patente depositada quando os termos utilizados foram “amidoxime” e “amidoxim” para o INPI.

Analisando os dados obtidos no LATIPAT foram encontradas um total de 13 patentes referentes ao termo “amidoxima”. As patentes no geral apresentaram como foco principal o desenvolvimento de novos materiais orgânicos, produção de materiais para fins medicinais, desenvolvimento de produtos agrícolas, entre outros. O período de depósito das primeiras patentes foram a partir dos anos 1969, seguido pelos anos de 1976, 1977 e 2009 com maior concentração em 1976 e 1977 ambos com duas publicações cada.

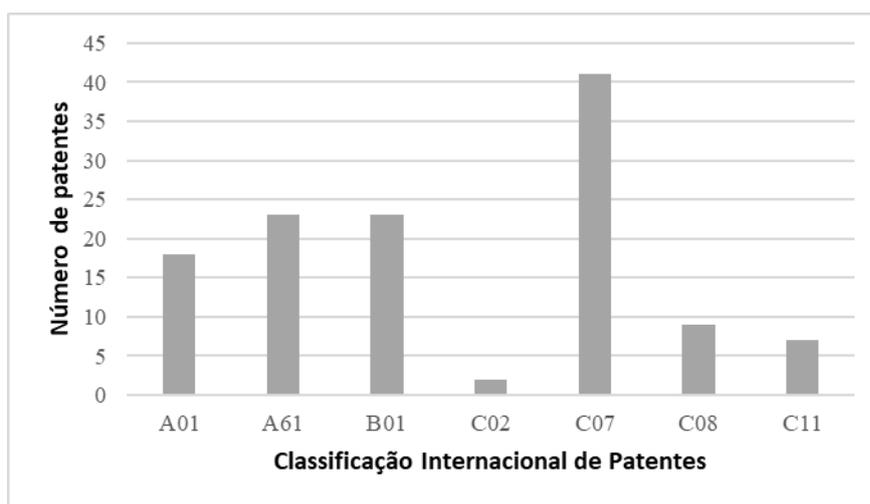
Os depósitos de patentes encontradas no LATIPAT enquadravam-se nas seguintes categorias da CIP: A01 (agricultura; silvicultura; pecuária; caça; captura em armadilhas; pesca), A61 (ciência médica ou veterinária; higiene) e C07 (química orgânica). Durante a busca foi possível notar que uma das patentes encontradas estava presente, tanto na busca utilizando o termo “amidoxima” quanto o termo “amidoxime” e que para o termo “amidoxim” não houve registros de patentes.

A análise dos dados obtidos da ESPACENET europeia não obteve resultados para o termo “amidoxima”, no entanto, para os descritores “amidoxime” e “amidoxim” foi obtida a quantidade de 145 patentes sendo 6 referentes ao termo “amidoxim” e 139 para o termo “amidoxime”, vale ressaltar que uma das patentes estava presente em ambas as buscas.

De modo geral, as patentes encontradas, referem-se em sua totalidade, a preparação de compostos para finalidades médicas, compostos orgânicos, dentre outras. Com relação à Classificação Internacional de Patentes adotada pelo INPI, as patentes encontradas na ESPACENET estão enquadradas nas seguintes categorias: A01 (agricultura; silvicultura; pecuária; caça; captura em armadilhas; pesca), A61 (ciência médica ou veterinária; higiene), B01 (processos ou aparelhos Físicos ou Químicos em Geral), C02 (Tratamento de Água, de Águas Residuais, de Esgotos ou de Lamas e Lodo),

C07 (Química Orgânica), C08 (Compostos Macromoleculares Orgânicos; sua Preparação ou seu Processamento Químico; Composições baseadas nos mesmos) e C11 (Óleos Animais ou Vegetais, Gorduras, Substâncias Graxas ou Ceras; Ácidos Graxos Derivados dos mesmos; Detergentes; Velas), como representado no (Gráfico 01).

Gráfico 01. Agrupamento dos termos “Amidoxime e Amidoxim” e códigos da Classificação Internacional de Patentes na base de dados europeia (ESPACENET).



Fonte: Autoria Própria (2018)

O Gráfico 02 apresenta especificamente que os maiores depósitos de patentes foram realizados em 1976 e 2007 com 8 depósitos cada, representando 11,9% da soma dos documentos de patentes. Analisando os dados da ESPACENET europeia foi possível perceber observar que o primeiro depósito de patentes envolvendo as amidoximas ocorreu em 1958. Pode-se perceber também que entre os anos de 1958 até a década atual há um modesto, porém contínuo, crescimento da quantidade de depósitos de patentes.

Gráfico 02. Resultado anual do depósito de patentes na ESPACENET europeia relacionadas aos termos “Amidoxime” e “Amixodim” (1958 - Atual).



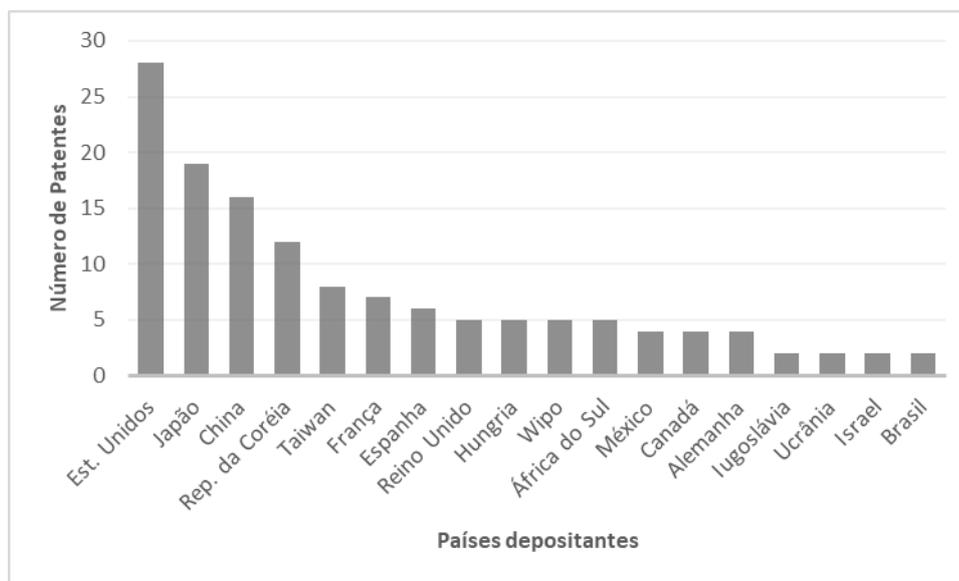
Fonte: Autoria Própria (2018)

Com relação ao cenário dos principais países depositantes, considerando o banco de dados do INPI, LATIPAT e ESPACENET, os Estados Unidos destacam-se como o maior depositário da tecnologia com respectivos 28 pedidos de depósitos, representando 20,9% dos documentos, seguido por Japão (14,2%), China (11,9%) e a República da Coreia (8,9%). Essas informações são mostradas no Gráfico 03.

Os depósitos efetuados pelos Estados Unidos estão concentrados de um modo geral, nas temáticas: processos ou aparelhos físicos ou químicos no geral, saúde, óleos animais ou vegetais, técnicas utilizando ondas (cinematografia, fotografia), química orgânica, compostos macromoleculares e agricultura.

O Brasil, Iugoslávia, Ucrânia e Israel representam apenas 1,5% da percentagem dos depósitos de patentes, de modo que individualmente são possuintes apenas de 2 documentos de patentes identificados. Os outros países somados representam 43,8% dos depósitos encontrados (Gráfico 03).

Gráfico 03. “Distribuição dos depósitos de patentes por países de origem relacionados aos termos “Amidoxime” e Amidoxim” no banco de dados da ESPACENET.



Fonte: Autoria Própria (2018)

Após efetuada investigação dos depósitos de patentes foi feita a análise das publicações relacionadas ao preparo e aplicações das amidoximas. A pesquisa foi efetuada utilizando a base de dados *Web of Science™*. No banco de dados da plataforma dessa plataforma foram encontrados um total de 1060 artigos entre os anos de 1958 a 2018 utilizando o termo “amidoxime” onde as publicações traziam em seu conteúdo áreas como: engenharia química, química multidisciplinar, polímeros, química orgânica e físico-química abordando principalmente tópicos relacionados a modificação estrutural de compostos (SAEED et al., 2008), sínteses de compostos (ZHANG; UCHIYAMA & ASAKURA, 2003) entre outros (ELOY & LENAERS, 1962; SCHNEIDER; SACHDE, 2013; KIM et al., 2013).

A china lidera o percentual de publicações encontradas no *Web of Science™* (utilizando o termo “amidoxime”) com 18,3% dos artigos o que totaliza 174 publicações. Em segundo lugar aparecem os Estados Unidos com 156 artigos e em seguida o Japão com 99 publicações. O Brasil aparece na 21ª posição ao lado de Suíça, Ucrânia e Paquistão com 9 artigos publicado cada o que equivale a aproximadamente 1%.

Os resultados mostraram ainda um total de 17439 citações referentes ao termo “amidoxime”, onde o artigo mais citado, foi o trabalho de Saeed e colaboradores (2008) com um total de 248 citações. No referido artigo os autores modificaram quimicamente nano fibras de poliacrilonitrila (PAN) com grupos amidoxima e

aplicaram-nas na adsorção de metais, devido as amidoximas possuírem essa propriedade. Vale salientar que os autores relataram que mais de 90% dos metais estudados foram recuperados das nanofibras de PAN-Oxima carregadas com metal em uma solução de HNO_3 1 mol^{-1} após tempo de 1h (SAEED et al., 2008).

Quando a pesquisa foi realizada utilizando o termo “Amidoxim”, no *Web of Science*TM, 9 artigos foram encontrados, entre os anos de 1951 a 2015, onde os mesmos enquadraram-se nas áreas de química multidisciplinar, polímeros, farmacologia e neurociências. Esses artigos abordavam a síntese de compostos orgânicos (DAR et al., 2015), aplicações biológicas e farmacológicas (LITERATI-NAGY et al., 2010) dentre outros estudos. O artigo intitulado “Beneficial effect of the insulin sensitizer (HSP inducer) BGP-15 on olanzapine-induced metabolic disorders” (LITERATI-NAGY et al., 2010), apresentou o maior número de citações com um total de 15 citações. No entanto, quando a pesquisa foi realizada utilizando o termo “Amidoxima”, foi encontrado apenas 1 artigo científico, o qual abordava a síntese, caracterização e estabilidade das amidoximas (MANTECON; CADIZ & CERDA, 1981) e apresentou um total de 7 citações.

Como o termo “amidoxime” proporcionou maiores índices de artigos publicados, foi determinado o índice-h (h-index) desse termo, onde o mesmo é um indicador utilizado para quantificar e mensurar o impacto da produção científica dos pesquisadores. A plataforma de dados *Web of Science*TM permite realizar esse tipo de análise para qualquer termo, palavra-chave ou descritores. O índice-h combina a quantidade da produção científica (publicações) e aspectos da sua relevância ou qualidade (citações), por exemplo, um índice-h igual a 15, implica que o pesquisador apresenta no mínimo 15 artigos publicados e cada artigo recebeu no mínimo 15 citações cada (BARRETO et al., 2013).

Em concordância com as descrições, o índice-h utilizando o termo “amidoxime” foi de 54, implicando a alta relevância, impactância e importância das pesquisas envolvendo as amidoximas concordando com os relatos de Barreto e colaboradores que citam que a média e o máximo dos índices-h de pesquisadores de nível 1A na área de medicina do CNPq, na *Web of Science*TM foi de 20,6 e 39 respectivamente.

Com o conhecimento desse conjunto de dados em mãos, constata-se que o Brasil não possui muitos documentos de patentes depositados (apenas 2), enquanto que possui 9 artigos publicados, o que demonstra uma maior preocupação dos pesquisadores em publicarem ao invés de patentear suas pesquisas. Mediante a isto, faz-se necessário a criação de políticas que incentivem, tanto as indústrias brasileiras, quanto

os centros de pesquisas e desenvolvimento e meio acadêmico, desenvolverem o hábito de protegerem suas pesquisas por meio do depósito de patentes, fundamentando o aumento da competitividade, notoriedade e desenvolvimento do país (MATIAS-PEREIRA, 2011).

Conclusões

Através dos dados da prospecção tecnológica constatou-se que o domínio dos pedidos de patentes referentes às amidoximas em diversas áreas temáticas como processos ou matérias físicas ou químicas, saúde, óleos animais e vegetais, técnicas ondulatórias (fotografia e cinematografia), química orgânica, compostos macromoleculares e agricultura é pertencente aos Estados Unidos com 28 pedidos de depósitos, o que significa 20,9% dos documentos e o Brasil é detentor de apenas 2 depósitos que seria equivalente a aproximadamente 0,5% do todo.

A análise das publicações na forma de artigos científicos demonstrou que as pesquisas envolvendo as amidoximas estão situadas principalmente na síntese, caracterização e aplicações tecnológicas, biológicas e farmacológicas. Ademais, o índice H obtido para o termo “Amidoxime”, na plataforma de busca *Web of ScienceTM*, foi de 54, o que reforça a relevância e o impacto das pesquisas envolvendo as amidoximas.

Quanto ao mais, comparando os resultados obtidos nos bancos de patentes e artigos, conclui-se que o Brasil apresenta um maior volume de artigos publicados quando comparado com o número de patentes solicitadas relativo à classe de composto amidoxima, havendo, portanto, a necessidade do maior interesse em patentear as pesquisas de modo a estimular o desenvolvimento tecnológico do país de um modo geral.

Referências

BARRETO, M. L.; ARAGÃO, E.; SOUSA, L. E. P. F.; SANTANA, T. M.; BARATA, R. B. Diferenças entre as medidas do índice-h geradas em distintas fontes bibliográficas e engenho de busca. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, p. 233, 2013.

COHRS, B.; ZHAO, Y.; LUTZEN, U.; CULMAN, J.; CLEMENT, B.; ZUHAVRA, M. In vivo SPECT imaging of [¹²³I]-labeled pentamidine pro-drugs for the treatment of human African trypanosomiasis, pharmacokinetics, and bioavailability studies in rats. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 477, p. 167, 2014.

DAR, B. A.; ZAHEER, Z.; FATEMA, S.; JADAV, S.; FAROOQUI, M. KF-Al₂O₃ Catalyzed Domino One-

Pot, Three-Component Synthesis of 3,5-Disubstituted-1,2,4-Oxadiazoles Under Microwave-Assisted Solvent Free Conditions and Their Biological Activity. **International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences**, v.4, p. 93, 2015.

ELOY, F.; LENAERS, R. The Chemistry of Amidoximes and Related Compounds. **Chemical Reviews**, v. 62, p. 155, 1962.

KIM, J.; TSOURIS, C.; MAYES, R. T.; OYOLA, Y.; SALTO, T.; JANKE, C. J.; DAI, S.; SCHNEIDER, E.; SACHDE, D. Recovery of Uranium from Seawater: A Review of Current Status and Future Research Needs. **Separation Science and technology**, v. 48, p.347, 2013.

LEONARD, S. F. Gevaert Photo Producten, US3063951 A, 1962.

LITERÁTI-NAGY, B.; PÉTERFAI, É.; KULCSÁR, E.; LITERÁTI-NAGY, ZS.; BUDAY, B.; TORY, K.; MANDL, J.; SÜMEGI, B.; FLEMING, A.; ROTH, J.; KORÁNYI, L. Beneficial effect of the insulin sensitizer (HSP inducer) BGP-15 on olanzapine-induced metabolic disorders. **Brain Research Bulletin**, v. 83, p. 340, 2010.

QUINTELLA, C. M.; TORRES, E. A. **In: Capacitação de Inovação Tecnológica para Empresários**. UFS: Aracaju, ISBN 9788578221676, 2011.

QUINTELLA, C. M.; MEIRA, M.; GUIMARÃES, A. K.; TANAJURA, A. S.; DA SILVA, H. R. G. Prospecção Tecnológica como uma Ferramenta Aplicada em Ciência e Tecnologia para se Chegar à Inovação. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 5, p.406-415, 2011.

MANTECON, A.; CADIZ, V.; CERDA, V. Analytical Applications of the Amidoxima Grouping: synthesis, characteristics and reactivity of 3,3'-iminodipropioamidoxime and of 3,3'-oxydipropioamidoxime. **Afinidad**, v. 38, p. 137, 1981.

MATIAS-PEREIRA, J. A gestão do sistema de proteção à propriedade intelectual no Brasil é consistente? **Revista de Administração Pública**, v. 45, p. 567, 2013.

METWALLY, S. S.; AYOUB, R. R.; ALY, H. F. Amidoximation of Cyano Group for Chelating Ion Exchange of Some Heavy Metal Ions from Wastewater. **Sep. Sci. Technol**, v. 48, p. 1830-1840, 2013.

Pesquisa na base de dados **Web of ScienceTM** durante abril e maio de 2018.

Pesquisa no banco de dados do **Instituto Nacional da Propriedade Industrial** (INPI) durante abril e maio de 2018.

Pesquisa no banco de dados do *Patentes da América Latina e Espanha* (LATIPAT) durante abril e maio de 2018.

Pesquisa no banco de dados do *Instituto Europeu de Patentes* (ESPACENET) durante abril e maio de 2018.

SAEED, K.; HAIDER, S.; OH, T. J.; PARK, S. Y. Preparation of amidoxime-modified polyacrylonitrile (PAN-oxime) nanofibers and their applications to metal ions adsorption. **Journal of Membrane Science**, v. 322, p. 400, 2008.

SCHNEIDER, E.; SACHDE, D. The Cost of Recovering Uranium from Seawater by a Braided Polymer Adsorbent System. **Science & Global Security**, v. 21, p.134, 2013.

ZHANG, A.; UCHIYAMA, G.; ASAKURA, T. Dynamic-state Adsorption and Elution Behaviour of Uranium(VI) Ions from Seawater by a Fibrous and Porous Adsorbent Containing Amidoxime Chelating Functional Groups. **Adsorption Science & Technology**, v. 21 n. 8, 2003.

ZHAO, Y.; LI, J.; ZHAO, L.; ZHANG, S.; HUANG, Y.; WU, X.; WANG, X. Synthesis of amidoxime-functionalized Fe₃O₄@SiO₂ core-shell magnetic microspheres for highly efficient sorption of U(VI). **Chem. Eng. J.**, v. 235, p. 275, 2014.