

## Artigo

## Prospecção Tecnológica: Uma Visão Geral dos Aspectos e Impactos Relevantes das Amidoximas

Santos, F. A.; Silva, R. O.; Adriano, W. S.; Freitas, J. C. R.\*

Rev. Virtual Quim., 2018, 10 (5), 1168-1179. Data de publicação na Web: 23 de outubro de 2018

<http://rvq.sbq.org.br>

### Technological Prospecting: An Overview of the Relevant Aspects and Impacts of Amidoximes

**Abstract:** Amidoximes represent a class of organic compounds that have a wide range of biological, pharmacological and technological applications. In view of the potential of these compounds, the objective of this paper was to provide an overview of the technological aspects and impacts of amidoximes through the analysis of patent deposits and the number of articles published. The research was conducted using the terms "Amidoxima", "Amidoxime" and "Amidoxim" in the INPI, LATITAP and ESPACENET patent databases, as well as in the journals search platforms of the *Web of Science*<sup>TM</sup>, *Scopus* and *Scielo*. The International Patent Classification (IPC) indicated the greatest use of amidoximes in C07 (Organic Chemistry), with a total of 42 documents deposited. The United States stands out as the largest patent holder for amidoximes, with 34 applications, which corresponds to 20.5 %. In addition, in general, research on journal platforms revealed that scientific production focuses on studies involving the synthesis and structural characterization of these compounds, application in the industry and description of biological and pharmacological activity. The research involving the term "Amidoxime" provided a h-index equal to 57, and revealed that Brazil does not have many patent documents deposited (only 2), and the number of articles published were 9, which demonstrates the need for incentives to encourage Brazilian researchers to patent their research.

**Keywords:** Amidoxime; patents; technological prospecting.

### Resumo

As amidoximas representam uma classe de compostos orgânicos que apresentam uma vasta gama de aplicações biológicas, farmacológica e tecnológica. Diante das potencialidades desses compostos, objetivou-se fornecer uma visão geral dos aspectos e impactos tecnológicos das amidoximas através da análise dos depósitos de patentes e do número de artigos publicados. A pesquisa foi realizada utilizando os termos "Amidoxima", "Amidoxime" e "Amidoxim" nos bancos de dados de patentes do INPI, LATITAP e ESPACENET, bem como nas plataformas de busca de periódicos do *Web of Science*<sup>TM</sup>, *Scopus* e *Scielo*. A Classificação Internacional de Patentes (CIP) indicou como maior emprego das amidoximas no C07 (Química Orgânica), com um total de 42 documentos depositados. Os Estados Unidos destacaram-se por ser o maior detentor das patentes referentes às amidoximas, com 34 solicitações, o que corresponde a 20,5 %. Além disso, de modo geral, a pesquisa nas plataformas de periódicos revelou que as produções científicas concentram-se nos estudos envolvendo síntese e caracterização estrutural desses compostos, aplicação na indústria e descrição de atividade biológica e farmacológica. A pesquisa envolvendo o termo "Amidoxime" forneceu um índice-h igual a 57, e revelou que o Brasil não possui muitos documentos de patentes depositados (apenas 2), e o número de artigos publicados encontrados foram 9, o que demonstra a necessidade de estímulos para incentivar os pesquisadores brasileiros a patentear suas pesquisas.

**Palavras-chave:** Amidoxima; patentes; prospecção tecnológica.

\* Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Sítio Olho D'água da Bica, s/n, CEP 58175-000, Cuité-PB, Brasil.

✉ [julianocrufino@yahoo.com.br](mailto:julianocrufino@yahoo.com.br)

DOI: [10.21577/1984-6835.20180082](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20180082)

## Prospecção Tecnológica: Uma Visão Geral dos Aspectos e Impactos Relevantes das Amidoximas

Francirenildo Andrade Santos, Rayane de Oliveira Silva, Wellington Sabino Adriano, Juliano Carlo Rufino Freitas\*

Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Sítio Olho D'água da Bica, s/n, CEP 58175-000, Cuité-PB, Brasil.

\* [julianocrufino@yahoo.com.br](mailto:julianocrufino@yahoo.com.br)

*Recebido em 27 de junho de 2017. Aceito para publicação em 4 de outubro de 2018*

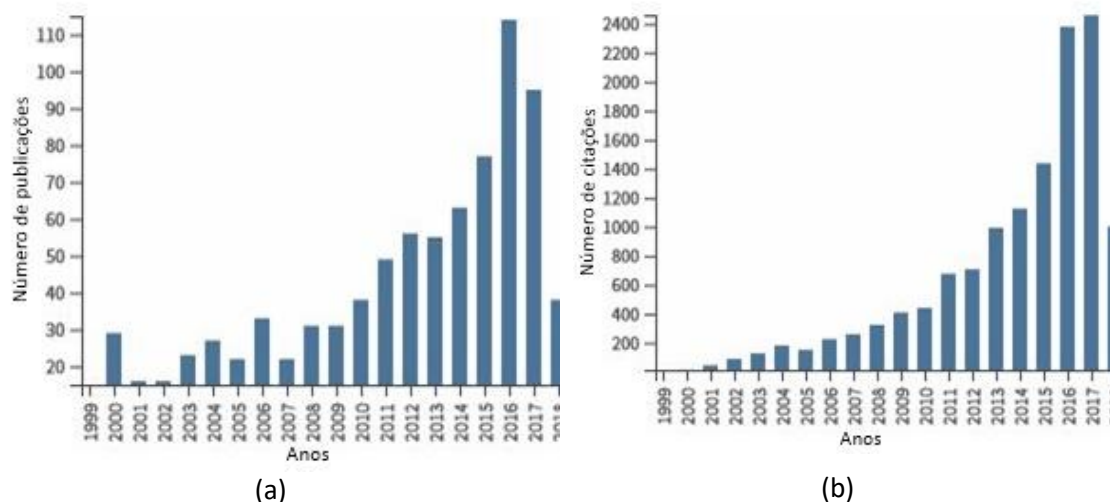
1. Introdução
2. Parte Experimental
3. Resultados e Discussão
4. Conclusão

### 1. Introdução

Desde o primeiro relato da síntese das amidoximas, denominada de *isuretin*, pelos pesquisadores Lossen e Schifferdecher em 1873,<sup>1</sup> o número de artigos científicos e de citações tratando dessa classe de compostos vem crescendo anualmente, conforme pesquisa na plataforma de dados da Coleção Principal do *Web of Science*<sup>TM</sup> utilizando como termo “Amidoxime” (Figura 1).<sup>2</sup> Este crescimento é justificável devido às inúmeras aplicações das amidoximas, por exemplo, na área biológica e farmacológica devido

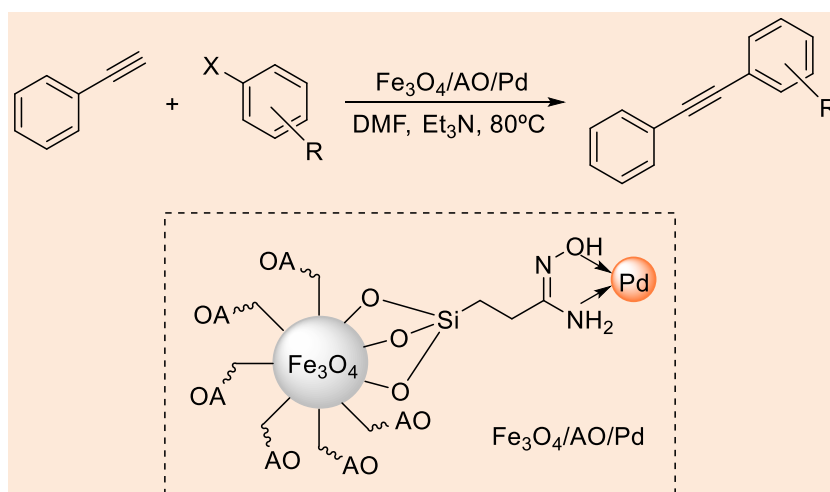
atuarem como pró-fármacos das amidinas,<sup>3,4</sup> e na área industrial e tecnológica por atuarem como adsorvente de gases ou agentes complexantes de íons metálicos em solução aquosa.<sup>5-9</sup>

Do ponto de vista da química sintética as amidoximas e seus derivados são importantes intermediários sintéticos, pois permitem o acesso a inúmeros compostos heterocíclicos, a citar: os oxadiazóis,<sup>10,11</sup> imidazóis,<sup>12</sup> benzamidazóis,<sup>13</sup> entre outros,<sup>13-15</sup> além de auxiliar na formação de novas ligações C-C através da catálise nas reações de acoplamento cruzado do tipo Sonogashira (Esquema 1)<sup>16</sup> e Suzuki.<sup>17</sup>



**Figura 1.** Gráficos do número de artigos (a) e do número de citações (b) envolvendo o termo “Amidoxime” nos últimos 20 anos

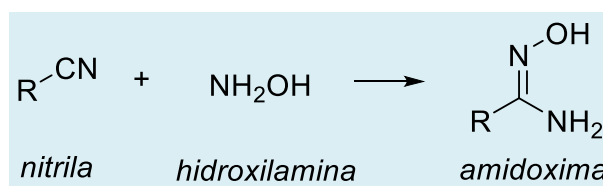
Fonte: Web of Science™



**Esquema 1.** Aplicação da amidoxima na reação de acoplamento cruzado do tipo Sonogashira

Embora, a literatura descreva diversas metodologias visando à síntese das amidoximas,<sup>5,18</sup> geralmente, a mais comumente utilizada está baseada na reação

entre uma nitrila e a hidroxilamina (Esquema 2),<sup>5</sup> uma vez que esta reação é eficiente, e várias nitrilas estão disponíveis comercialmente.



**Esquema 2.** Síntese de amidoximas a partir de nitrilas

As amidoximas, no geral, são substâncias cristalinas e incolores, representada pela fórmula geral  $R(C=NOH)NH_2$ , contendo em sua arquitetura molecular os grupos, isonitroso e amino, os quais conferem a essas substâncias um caráter anfótero, sendo solúveis em ácidos minerais diluídos, bem como em soluções básicas aquosas.<sup>5,19</sup> Além disso, a disposição dos grupos, isonitroso e amino, em uma geometria Z possibilita que as amidoximas atuem como agentes quelantes de íons metálicos em solução.<sup>5</sup>

Tal propriedade vem sendo explorada durante as últimas décadas pela Agência de Energia Atômica do Japão (*Japan Atomic Energy Agency* - JAEA) como adsorventes de íons urânio ( $U^{6+}$ ) presentes em água do mar, uma vez que a função amidoxima complexa seletivamente o íon.<sup>20</sup> No mais, até o momento, os adsorventes à base das amidoximas apresentam uma melhor eficiência quando comparados com outros materiais.<sup>20</sup>

Cabe destacar que a aplicação industrial de materiais poliméricos à base de amidoximas, especificamente na adsorção de urânio, é promissora, uma vez que a quantidade de urânio em 1 litro da água do mar é de 3,3  $\mu g$ , o que corresponde a 4,5 bilhões de toneladas de urânio presente na água do mar,<sup>20</sup> sendo esta uma fonte alternativa para recompor os estoques convencionais de urânio que vem diminuindo ao longo do tempo.<sup>21</sup>

Em 2013, os pesquisadores Schneider e Sachder propuseram uma estimativa de custo de produção para a recuperação de 1 kg de urânio da água do mar utilizando o polímero à base de amidoxima em US\$ 1.230,00 (dólares americanos) com um intervalo de confiança de 95 %.<sup>20</sup>

Além disso, algumas patentes indicam a aplicação das amidoximas na produção de embalagem e como revestimento de suporte para tintas e vernizes, como filtros de fumaça de cigarros, e no campo têxtil podem ser utilizados como matéria prima para fabricação de novas fibras sintéticas.<sup>22</sup>

Diante destas aplicações das amidoximas, o objetivo deste trabalho foi realizar uma prospecção tecnológica a fim de analisar o panorama nacional e internacional com relação às pesquisas envolvendo as amidoximas e suas aplicações, relacionando os documentos de patentes depositados sobre essa tecnologia e os artigos científicos publicados. Adicionalmente, o estudo prospectivo foi realizado devido ser uma ferramenta básica que influencia nos processos de tomada de decisão para o desenvolvimento de novas tecnologias. O propósito dos estudos de prospecção não é expor o futuro, mas sim projetar e analisar possíveis estudos que contribuirão, da forma mais positiva possível, na construção do futuro.<sup>23</sup>

## 2. Parte Experimental

A prospecção tecnológica priorizou os aspectos qualitativos, contudo apresentou uma interface quantitativa, uma vez que houve necessidade do auxílio de dados estatísticos e tabelas.

A prospecção tecnológica envolvendo as amidoximas, foi realizada a partir da pesquisa nos pedidos de patentes depositados em três bancos de dados, sendo eles: o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), Patentes da América Latina e Espanha (LATIPAT) e Instituto Europeu de Patentes (ESPACENET). Estes bancos de dados foram selecionados devido a sua acessibilidade e confiabilidade dos dados disponíveis, além disso, devido se tratarem de bancos de dados nacional (INPI) e internacional (LATIPAT e o ESPACENET).

A busca de periódicos foi realizada nas principais plataformas, sendo elas: *Web of Science*<sup>TM</sup> (Coleção Principal da Thomson Reuters Scientific), *Scopus* (Elsevier) e *Scielo* (Scientific Electronic Library Online).

A coleta de dados foi realizada em maio de 2018, utilizando descritores, palavras-chave e termos: "Amidoxima", "Amidoxime" e

“Amidoxim”, os quais foram inseridos nos campos de busca avançada (*Advanced Search*), sendo considerados válidos os documentos de patentes e artigos que apresentassem esses termos no título ou no resumo. Foram feitas leituras dos resumos das patentes e trabalhos encontrados e quando necessário a leitura do trabalho na íntegra.

### 3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos e descritos nesta prospecção tecnológica referem-se aos depósitos de patentes efetuados e dos artigos científicos publicados sobre os termos:

“Amidoxima”, “Amidoxime” e “Amidoxim”, considerando-se, 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 e sua abordagem temática (área de publicação).

Ao pesquisar no banco de dados do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), Patentes da América Latina e Espanha (LATIPAT) e Instituto Europeu de Patentes (ESPACENET), foram encontrados um total de 166 patentes registradas com os tópicos de pesquisa “Amidoxima”, “Amidoxime” e “Amidoxim” nos anos de 1958 - 2017, no título ou no resumo, como mostra na Tabela 1.

**Tabela 1.** Pesquisa por patentes, nos bancos de dados do INPI, LATIPAT e ESPACENET, utilizando os termos “Amidoxima”, “Amidoxime” e “Amidoxim”

Palavras-chave	INPI	LATIPAT	ESPACENET	Total
Amidoxima	8	13	0	21
Amidoxime	0	0	139 <sup>A</sup>	139
Amidoxim	0	0	6 <sup>A</sup>	6
				166

<sup>A</sup> Uma patente igual entre os dados. **Fonte:** Autoria própria (2018)

No banco de dados de patentes nacional INPI, foram encontradas 8 patentes para o termo “Amidoxima”, as quais tinham como objetivos: modificação estrutural, produção de novos compostos orgânicos e inorgânicos, preparação de compostos para finalidades médicas, dentre outras. As patentes encontradas estão concentradas entre os anos de 2000 a 2010, com uma maior frequência de depósitos para os anos 2000, 2003 e 2010. As patentes encontradas no banco de dados do INPI apresentavam as seguintes categorias da CIP: A61 (Ciência Médica ou Veterinária; Higiene), C01 (Química Inorgânica), C07 (Química Orgânica) e C08 (Compostos Macromoleculares Orgânicos; sua Preparação ou seu Processamento Químico; Composições baseadas nos mesmos). Vale ressaltar que neste banco de

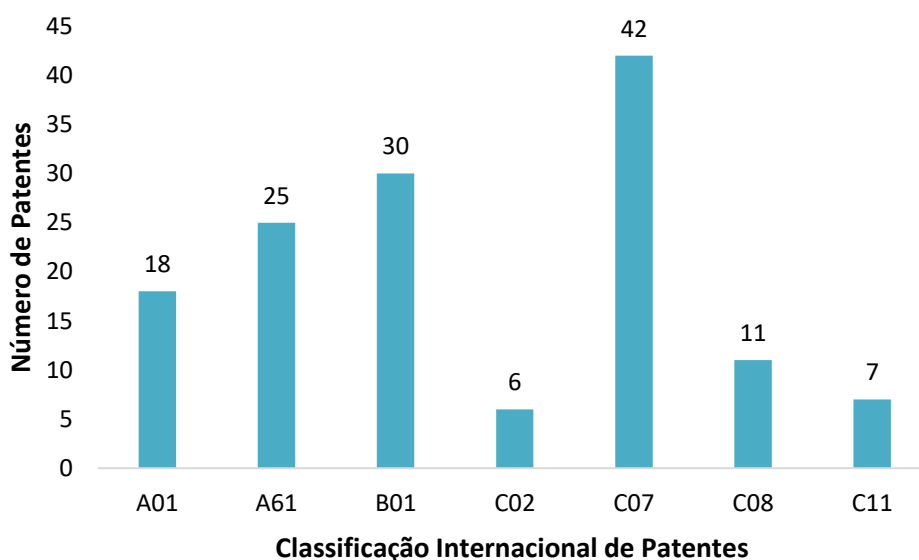
dados não foi encontrada nenhuma patente depositada quando os termos utilizados foram “Amidoxime” e “Amidoxim”.

No banco de dados da América Latina e Espanha Espacenet (LATIPAT) foram encontradas 13 patentes, especificamente para o termo “Amidoxima”, as quais referem-se em sua totalidade a produção de novos compostos orgânicos, preparação de compostos para finalidades médicas, preparação de produtos agrícolas, dentre outros. As primeiras patentes depositadas foram registradas a partir do ano de 1969, seguindo pelos os anos de 1976, 1977 e 2009, com maior índice em 1976 e 1977, com duas solicitações cada. Com relação às patentes encontradas na 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). Na pesquisa, constatou-se a ausência de patentes depositadas relacionadas aos termos “Amidoxime” e “Amidoxim” durante a pesquisa.

No banco de dados da ESPACENET europeia, a pesquisa utilizando o termo “Amidoxima” não resultou em nenhum resultado, contudo, utilizando os termos “Amidoxime” e “Amidoxim”, foram encontradas 145 patentes, sendo que uma das patentes estava presente nas duas buscas. As patentes encontradas referem-se, em sua totalidade, a preparação de compostos para finalidades médicas, compostos orgânicos, dentre outras. Com relação à Classificação

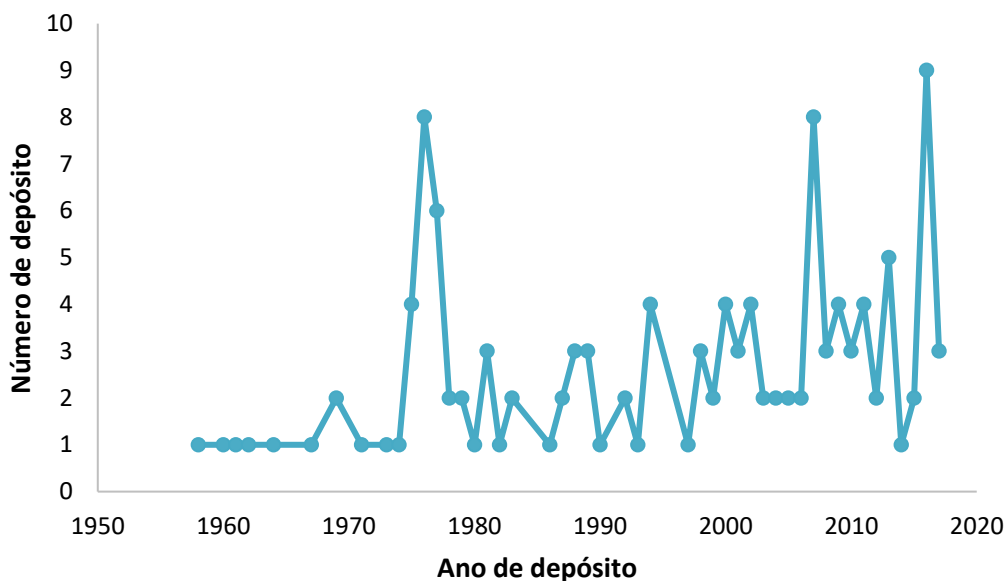
Internacional de Patentes adotada pelo INPI, as patentes encontradas na ESPACENET enquadravam-se nas seguintes categorias: A01 (Agricultura; Silvicultura; Pecuária; Caça; Captura em armadilhas; pesca), A61 (Ciência Médica ou Veterinária; Higiene), B01 (Processos ou Aparelhos Físicos ou Químicos em Geral), 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) (Figura 2).



**Figura 2.** Agrupamento dos termos “Amidoxime e Amidoxim” e códigos da Classificação Internacional de Patentes na base de dados europeia (ESPACENET)

A pesquisa na ESPACENET europeia indicou que o primeiro depósito de patente envolvendo a classe de composto amidoxima aconteceu em 1958 (Figura 3). Observou-se que os anos de maiores depósitos de patentes foram 1976 e 2007, com 8 solicitações cada,

representando 11,9 % dos documentos de patente identificados, quando somados (Figura 3). Além disso, observa-se um discreto, mas constante aumento do número de depósito de patentes durante os anos de 1958 a 2017.



**Figura 3.** Resultado anual do depósito de patentes na ESPACENET europeia relacionadas aos termos “Amidoxime” e “Amixodim” (1958 - 2016)

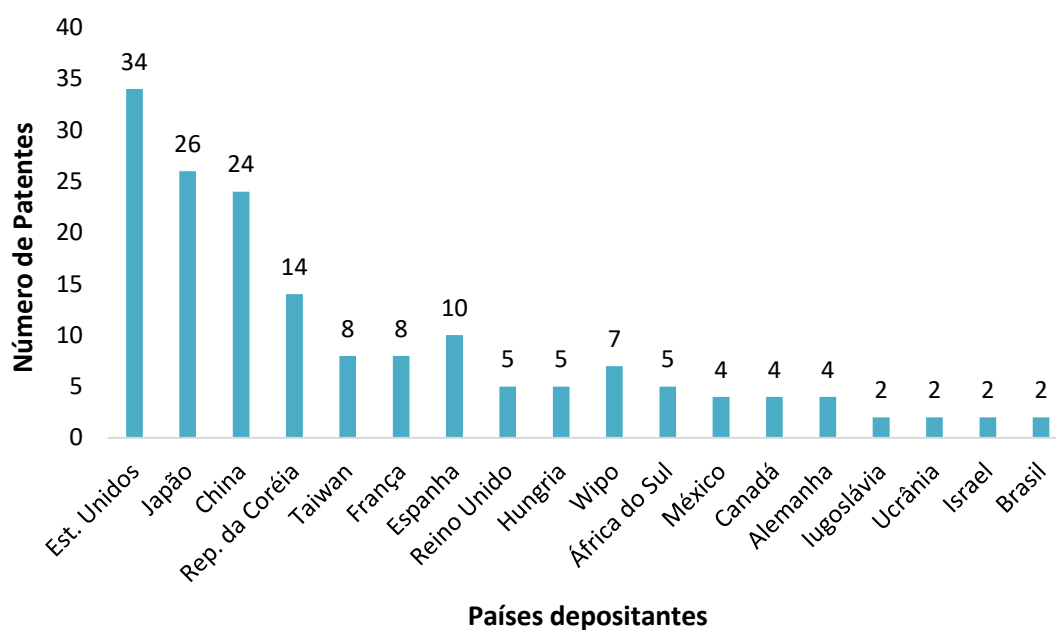
Outra pesquisa realizada foi relativa aos principais países depositantes, levando em consideração os três bancos de dados pesquisados. Dentro do cenário apresentado, Figura 4, o Estados Unidos destaca-se como o maior detentor da tecnologia, com 34 pedidos de depósitos, o que representa 20,5 % dos documentos de patente identificados. Em seguida, aparecem o Japão, a China, e a República da Coreia com 15,6 %, 14,5 % e 8,4 %, respectivamente (Figura 4).

No geral, os depósitos realizados pelo Estados Unidos concentram-se nas seguintes linhas temáticas: Processos ou aparelhos Físicos ou Químicos em geral, Saúde, Óleos animais ou vegetais, Gorduras, Técnicas utilizando ondas (Fotografias, Cinematografia), Química Orgânica, Compostos Macromoleculares Orgânicos e Agricultura.

O Brasil juntamente com a Iugoslávia, Ucrânia e Israel não possuem um número expressivo de depósito, uma vez que, individualmente estes países possuem apenas 2 documentos de patentes identificados, o que representa 1,2 %. Os demais 10 países

somados representam 98,8 % dos depósitos encontrados (Figura 4).

Uma vez analisados e quantificados os depósitos de patentes efetuados, partiu-se para a análise das publicações referentes à preparação e aplicação das amidoximas em diferentes plataformas de busca de periódicos. Após pesquisa na base de dados *Web of Science™*, utilizando o termo “Amidoxime”, foram encontrados 1.054 artigos entre os anos de 1958 a 2018, para esse termo as grandes áreas abordadas foram: Química Multidisciplinar, Ciências dos Polímeros, Engenharia Química, Química Orgânica e Físico-Química, nas quais trazem estudos que abordam modificações estruturais,<sup>24</sup> síntese de compostos,<sup>25</sup> entre outros.<sup>19-21</sup> A pesquisa indicou que o artigo intitulado “Preparation of amidoxime-modified polyacrylonitrile (PAN-oxime) nanofibers and their application to metal ions adsorption”,<sup>24</sup> é o mais citado, com um total 248 citações, e apresenta como objetivo a preparação de nano fibras de poliácridonitrila (PAN) contendo a função amidoxima visando sua aplicação na absorção de metais em soluções aquosa.



**Figura 4.** Distribuição dos depósitos de patentes por países de origem relacionados aos termos “Amidoxime” e Amidoxim” no banco de dados da ESPACENET

Quando a pesquisa foi realizada utilizando o termo “Amidoxim”, no *Web of Science™*, 9 artigos foram encontrados, entre os anos de 1951 - 2015, onde eles se enquadram nas áreas de Química Multidisciplinar, Ciência Polímera, Farmacologia Farmácia, Neurociências. Esses artigos abordavam a sínteses de compostos orgânicos,<sup>26</sup> aplicações biológicas e farmacológicas,<sup>27</sup> dentre outros estudos. Dentre os artigos encontrados, o artigo intitulado “Beneficial effect of the insulin sensitizer (HSP inducer) BGP-15 on olanzapine-induced metabolic disorders”,<sup>27</sup> apresentou o maior número de citações com um total de 17 citações, e apresenta como objetivo a preparação de um sensor de insulina. No entanto, quando a pesquisa foi realizada utilizando o termo “Amidoxima”, foi encontrado apenas 1 artigo científico, o qual abordava a síntese, características e estabilidade das amidoximas,<sup>28</sup> e apresenta um total de 7 citações.

Levando em consideração os dados obtidos no *Web of Science™* (utilizando o termo “Amidoxime”), constata-se que a China é o país que mais publica em periódicos de circulação internacional, com 211

publicações, o que representa 19,9 % dos artigos verificados. Em seguida, aparecem os Estados Unidos e Japão com 188 e 101 artigos publicados respectivamente. O Brasil aparece na 24ª posição juntamente com a Escócia, com 9 artigos publicados (aproximadamente 1 %)

Na pesquisa a base de dados *Scopus* utilizando o termo “Amidoxime”, a busca apresentou um total de 1.181 artigos entre os anos de 1891 a 2018, para esse termo as grandes áreas abordadas foram: Química, Ciências de Materiais, Engenharia Química, Bioquímica, Genética e Biologia Molecular, Farmacologia, Toxicologia e Farmacêutica. Os artigos abordavam, no geral, síntese e caracterização,<sup>29</sup> aplicação industrial,<sup>24</sup> aplicação biológica e farmacológica,<sup>18</sup> dentre outras. Entre os artigos encontrados observou-se que o artigo que apresentou o maior número de citações, corresponde ao mesmo artigo de pesquisa do banco de dados da *Web of Science™*, intitulado “Preparation of amidoxime-modified polyacrylonitrile (PAN-oxime) nanofibers and their applications to metal ions adsorption”,<sup>24</sup> totalizando 260 citações.



Quando o termo “Amidoxim” foi utilizado no campo de pesquisa do *Scopus*, 8 artigos foram encontrados entre os anos de 1955 e 2010, onde áreas abordadas foram: Química, Medicina, Neurociência, Farmacologia, Toxicologia e Farmácia. Nesta pesquisa o artigo que apresentou o maior número de citações, corresponde ao mesmo artigo de pesquisa no banco de dados da *Web of Science™*, intitulado “Beneficial effect of the insulin sensitizer (HSP inducer) BGP-15 on olanzapine-induced metabolic disorders”,<sup>27</sup> totalizando 21 citações. Para o termo “Amidoxima” não foi encontrado nenhum artigo científico.

Por fim, a pesquisa na base de dados *Scielo* utilizando o termo “amidoxima”, foram encontrados 3 artigos científicos entre os anos de 1999 a 2009, onde as grandes áreas abordadas foram: Química Multidisciplinar, Ciências dos Polímeros, os quais abordavam a atividade biológica de compostos orgânicos,<sup>30</sup> aplicação industrial<sup>31</sup> e aplicação sintética.<sup>32</sup>

Quando o termo “Amidoxime” foi utilizado no campo de pesquisa do *Scielo*, foram encontrados 4 artigos científicos entre os anos de 1999 a 2016, os quais abordavam a atividade biológica de compostos orgânicos,<sup>30</sup> aplicação como catalisador,<sup>33</sup> aplicação industrial<sup>31</sup> e produção de polímeros.<sup>34</sup> Para o termo “Amidoxim” não foi encontrado nenhum resultado.

Uma vez que o termo “Amidoxime” levou aos maiores índices de artigos publicados nas três plataformas de busca de periódicos, foi determinado o índice-h (*h-index*) desse termo. O índice-h é um indicador utilizado para quantificar e mensurar o impacto da produção científica dos pesquisadores, no entanto, a plataforma de dados *Web of Science™* permite realizar esse tipo de análise para qualquer termo, palavra-chave ou descritores. O índice-h combina a quantidade da produção científica (número de artigos publicados) e aspectos da sua relevância ou qualidade (número de 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. Adicionalmente, o índice-h é um

excelente indicador de medidas bibliométricas na ciência.<sup>35</sup>

Desta forma, o índice-h para o termo “Amidoxime” foi 57, o que demonstra a alta relevância e o impacto das pesquisas envolvendo as amidoximas, uma vez que, de acordo com Barreto e colaboradores,<sup>35</sup> a média e o máximo dos índices-h de pesquisadores nível 1A do CNPq, na área de Medicina, na *Web of Science™* foi de 20,6 e 39, respectivamente.

Diante destes dados, constata-se que o Brasil não possui muitos documentos de patentes depositados (apenas 2), enquanto que possui 9 artigos publicados, o que salienta uma maior preocupação pelos pesquisadores em publicarem ao invés de patentear seus dados. Mediante a isto, observa-se a necessidade da criação de políticas que incentivem, tanto as indústrias brasileiras, quanto os centros de pesquisas e desenvolvimento e academias, desenvolverem o hábito de protegerem suas pesquisas por meio do depósito de patentes, uma vez que isso é fundamental para aumentar a competitividade, notoriedade e desenvolvimento do país.<sup>36</sup>

#### 4. Conclusão

Com base na análise dos dados, constata-se que o Estados Unidos detém o domínio dos pedidos de patentes referentes as amidoximas em diversas áreas temáticas, como Processos ou aparelhos Físicos ou Químicos em geral, Saúde, Óleos animais ou vegetais, Gorduras, Técnicas utilizando ondas (Fotografias, Cinematografia), Química Orgânica, Compostos Macromoleculares Orgânicos e Agricultura. No entanto, a pesquisa utilizando os termos “Amidoxima”, “Amidoxime” e “Amidoxim” no INPI forneceu um baixo número de patentes depositadas, ou seja, 8 documentos depositados de um universo de 166.

Em relação aos artigos científicos, constatou-se que os estudos envolvendo as amidoximas concentram-se principalmente

na síntese e caracterização e aplicações tecnológicas, biológica e farmacológica nas diferentes plataformas de busca. Além disso, o índice H obtido para o termo “Amidoxime”, no *Web of Science*<sup>TM</sup>, foi de 57, o que reforça a relevância e o impacto das pesquisas envolvendo as amidoximas.

No 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 a classe de composto amidoxima.

## Agradecimentos

Os autores agradecem às agências de fomento CNPq (447361/2014-7) ao PRONEM/FACEPE (APQ-0476-1.06/14) pelo suporte financeiro e à CAPES pelas bolsas concedidas. À Central Analítica do Departamento de Química Fundamental da Universidade Federal de Pernambuco pelas análises dos compostos sintetizados.

## Referências Bibliográficas

- <sup>1</sup> Lossen, W.; Schifferdecker, P. Ueber Isuretin, eine dem Harnstoff isomere base. *Justus Liebigs Annalen der Chemie* **1873**, *166*, 295. [CrossRef]
- <sup>2</sup> Pesquisa na *Web of Science* em 25 de outubro de 2016, utilizando como palavra-chave “amidoxime”.
- <sup>3</sup> Saulter, J. Y.; Kurian, J. R.; Trepanier, L. A.; Tidwell, R. R.; Bridges, A. S.; Boykin, D. W.; Stephens, C. E.; Anbazhagan, M.; Hall, J. E. Unusual dehydroxylation of antimicrobial amidoxime prodrugs by cytochrome b(5) and NADH cytochrome b(5) reductase. *Drug Metabolism and Disposition* **2005**, *33*, 1886. [CrossRef] [PubMed]
- <sup>4</sup> Cohrs, B.; Zhao, Y.; Lutzen, U.; Culman, J.; Clement, B.; Zuhavra, M. In vivo SPECT imaging of [<sup>123</sup>I]-labeled pentamidine prodrugs for the treatment of human African trypanosomiasis, pharmacokinetics, and bioavailability studies in rats. *International Journal of Pharmaceutics* **2014**, *477*, 167. [CrossRef] [PubMed]
- <sup>5</sup> Freitas-Filho, J. R.; da Silva, R. L.; da Silva, E. E.; Santos, J. A. M.; de Freitas, J. J. R.; Freitas, J. C. R. Amidoximas: Aplicações e Principais Estratégias Sintéticas. *Revista Virtual de Química* **2015**, *6*, 2549. [CrossRef]
- <sup>6</sup> Metwally, S. S.; Ayoub, R. R.; Aly, H. F. Amidoximation of Cyano Group for Chelating Ion Exchange of Some Heavy Metal Ions from Wastewater. *Separation Science and Technology* **2013**, *48*, 1830. [CrossRef]
- <sup>7</sup> Liu, X.; Chen, H.; Wang, C. H.; Qu, R. J.; Ji, C. N.; Sun, C. M.; Xu, Q. Adsorption properties of amidoximated porous acrylonitrile/methyl acrylate copolymer beads for Ag (I). *Polymers for Advanced Technologies* **2011**, *22*, 2032. [CrossRef]
- <sup>8</sup> Zhao, Y.; Li, J.; Zhao, L.; Zhang, S.; Huang, Y.; Wu, X.; Wang, X. Synthesis of amidoxime-functionalized Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub> core-shell magnetic microspheres for highly efficient sorption of U(VI). *Chemical Engineering Journal* **2014**, *235*, 275. [CrossRef]
- <sup>9</sup> Coskun, R.; Dilci, Y.; J. Preparation of Double Amidoxime-Containing Chelating Fiber for Removal of Chrome (VI) Ions. *Journal of Macromolecular Science part a-pure and Applied Chemistry* **2014**, *51*, 767. [CrossRef]
- <sup>10</sup> Barros, C. J. P.; de Souza, Z. C.; Freitas, J. J. R.; da Silva, P. B. N.; Militão, G. C. G.; Silva, T. G.; Freitas, J. C. R.; Freitas Filho, J. R. A Convenient Synthesis and Cytotoxic Activity of 3-aryl-5-pentyl-1,2,4-oxadiazoles from Carboxylic Acid Esters and Arylamidoximes Under Solvent-free Conditions. *Journal of the Chilean Chemical Society* **2014**, *59*, 2359. [CrossRef]
- <sup>11</sup> Freitas, J. J. R.; Freitas, J. C. F.; da Silva, L. P.; de Freitas, J. R.; Kimura, G. Y. V.; Srivastava, R. M. Microwave-induced one-pot synthesis of

- 4-[3-(aryl)-1,2,4-oxadiazol-5-yl]-butan-2-ones under solvent free conditions. *Tetrahedron Letters* **2007**, *48*, 6195. [CrossRef]
- <sup>12</sup> Tang, D.; Li, X.-L.; Guo, X.; Wu, P.; Li, J.-H.; Wang, K.; Jing, H.-W. Copper and zinc co-catalyzed synthesis of imidazoles via the activation of sp<sup>3</sup> C–H and N–H bonds. *Tetrahedron* **2014**, *70*, 4038. [CrossRef]
- <sup>13</sup> Zhu, J.; Chen, Z.; Xie, H.; Li, S.; Wu, Y. An efficient method to access 2-fluoroalkylbenzimidazoles by PIDA oxidation of amidines. *Journal of Fluorine Chemistry* **2012**, *133*, 134. [CrossRef]
- <sup>14</sup> Adib, M.; Ansari, S.; Mohammadi, A.; Bijanzadeh, H. R. A novel, one-pot, solvent-, and catalyst-free synthesis of 2-aryl/alkyl-4(3H)-quinazolinones. *Tetrahedron Letters* **2010**, *51*, 30. [CrossRef]
- <sup>15</sup> Xu, H.; Ma, S.; Xu, Y.; Bian, L.; Ding, T.; Fang, X.; Zhang, W.; Ren, Y. Copper-Catalyzed OnePot Synthesis of 1,2,4-Triazoles from Nitriles and Hydroxylamine. *The Journal of Organic Chemistry* **2015**, *80*, 1789. [CrossRef]
- <sup>16</sup> Veisi, H.; Sedrpoushan, A.; Maleki, B.; Hekmati, M.; Heidari, M.; Hemmati, S. Palladium immobilized on amidoxime-functionalized magnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles: a highly stable and efficient magnetically recoverable nanocatalyst for sonogashira coupling reaction. *Applied Organometallic Chemistry* **2015**, *29*, 834. [CrossRef]
- <sup>17</sup> Wu, Z.-C.; Huang, Y.; Lu, Y.-N.; Tao, T.-X.; Zhang, Z. Suzuki reactions of aryl bromides catalyzed by amidoxime fibers-palladium(II) complex. *Catalysis Communications* **2012**, *29*, 158. [CrossRef]
- <sup>18</sup> Fylaktakidou, K. C.; Hadjipavlou-Litina, D. J.; Litinas, K. E.; Varella, E. A.; Nicolaidis, D. N. Recent developments in the chemistry and in the biological applications of amidoximes. *Current Pharmaceutical Design* **2008**, *14*, 1001. [CrossRef]
- <sup>19</sup> Eloy, F.; Lenaers, R. The Chemistry of Amidoximes and Related Compounds. *Chemical Reviews* **1962**, *62*, 155. [CrossRef]
- <sup>20</sup> Schneider, E.; Sachde, D. The Cost of Recovering Uranium from Seawater by a Braided Polymer Adsorbent System. *Science & Global Security* **2013**, *21*, 134. [CrossRef]
- <sup>21</sup> Kim, J.; Tsouris, C.; Mayes, R. T.; Oyola, Y.; Saito, 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* **2013**, *48*, 367. [CrossRef]
- <sup>22</sup> Leonard, S. F. Gevaert Photo Producten, US3063951 A, **1962**. [Link]
- <sup>23</sup> Quintella, C. M.; Meira, M.; Guimarães, A. K.; Tanajura, A. S.; Silva, H. R. G. Prospecção Tecnológica como uma Ferramenta Aplicada em Ciência e Tecnologia para se Chegar à Inovação. *Revista Virtual de Química* **2011**, *3*, 406. [CrossRef]
- <sup>24</sup> Saeed, K.; Haider, S.; Oh, T.-J.; Park, S.-Y. Preparation of amidoxime-modified polyacrylonitrile (PAN-oxime) nanofibers and their application to metal ions adsorption. *Journal of Membrane Science* **2008**, *322*, 400. [CrossRef]
- <sup>25</sup> Zhang, AY; Asakura, T; Uchiyama, G. The adsorption mechanism of uranium(VI) from seawater on a macroporous fibrous polymeric adsorbent containing amidoxime chelating functional group. *Reactive & Functional Polymers* **2003**, *57*, 67. [CrossRef]
- <sup>26</sup> Dar, B. A.; Zaheer, Z.; Fatema, S.; Jadav, S.; Farooqui, M. KF-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 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 and Allied Sciences* **2015**, *4*, 93. [Link]
- <sup>27</sup> Literati-Nagy, B.; Peterfai, E.; Kulcsar, E.; Literati-Nagy, Z.; Buday, B.; Tory, K.; Mandl, J.; Sumegi, B.; Fleming, A.; Roth, J.; Koranyi, L. Beneficial effect of the insulin sensitizer (HSP inducer) BGP-15 on olanzapine-induced metabolic disorders. *Brain Research Bulletin* **2010**, *83*, 340. [CrossRef] [PubMed]
- <sup>28</sup> Mantecon, A., Cadiz, V., Cerda, V. Analytical Applications of the Amidoxima Grouping. 2. Synthesis, Characteristics and Reactability of 3,3'-iminodipropioamidoxime and of 3,3'-

- oxydipropioamidoxime. *Afinidad* **1981**, *38*, 137. [Link]
- <sup>29</sup> Yang, D., Yu, L., Chen, H., Yu, Y., Xu, Y., Sun, J., Wang, Y. Use of apple seeds as new source for synthesis of polyacrylonitrile-based adsorbent to remove Pb(II). *Polymer Bulletin* **2017**, *1*. [CrossRef]
- <sup>30</sup> Boykin, D. W. Antimicrobial Activity of the DNA Minor Groove Binders Furamide and Analogs. *Journal of the Brazilian Chemical Society* **2002**, *13*, 763. [CrossRef]
- <sup>31</sup> Coutinho, F. M. B.; Rezende, S. M.; Barbosa, C. C. R. Resinas Quelantes Amidoxímicas. *Polímeros* **1999**, *9*, 129. [CrossRef]
- <sup>32</sup> Neves Filho, R. A. W.; Bezerra, N. M. M.; Guedes, J. M.; Srivastava, R. M. An easy synthesis of 3,5-disubstituted 1,2,4-oxadiazoles from carboxylic acids and arylamidoximes mediated by ethyl chloroformate. *Journal of the Brazilian Chemical Society* **2009**, *20*, 1365. [CrossRef]
- <sup>33</sup> Andrade, D.; Freitas Filhos, J. R.; Freitas, J. C. R. Aplicação de amidoximas como catalisadores da reação de alilação por aliltrifluoroborato de potássio em meio bifásico. *Química Nova* **2016**, *39*, 1225. [CrossRef]
- <sup>34</sup> Hu, C. G.; Wang, S. L.; Wu, Z. Z.; Zao, Z.; Li, G. Development and characterization of the amidoxime/Europium (III)-chelated complex fibers. *Matéria (Rio de Janeiro)* **2014**, *19*, 350. [CrossRef]
- <sup>35</sup> 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* **2013**, *47*, 231. [CrossRef]
- <sup>36</sup> Matias-Pereira, J. A gestão do sistema de proteção à propriedade intelectual no Brasil é consistente? *Revista de Administração Pública* **2011**, *45*, 567. [CrossRef]