

# Prospecção Tecnológica de uso de Eletrodos Contendo Ferro em sua Composição para Abatimento de Cargas Orgânicas em Tratamento de Águas e Efluentes

*Technological Prospecting for the use of Electrodes Containing Iron its Composition for the Reduction of Organic Loads in Water and Effluent Treatment*

*Nathalia Marcelino Pereira Queiroz<sup>1</sup>*

*Flaviana Freitas Feitosa Ferro<sup>2</sup>*

*Nikson Iohannes Silva de Almeida<sup>3</sup>*

*Juscyllan Santana Queiroz<sup>4</sup>*

*Ana Lais de Araujo Costa<sup>5</sup>*

*Carmem Lucia de Paiva e Silva Zanta<sup>6</sup>*

*Josealdo Tonholo<sup>7</sup>*

## Resumo

A tecnologia eletroquímica tem sido apontada como promissora frente à remediação de águas residuárias devido ao seu alto poder de oxidação, custo relativamente baixo e fácil operação. Para esse método de tratamento, o material dos eletrodos utilizados é parte crucial para seu bom desempenho. Com o objetivo de traçar o panorama científico e o tecnológico relativos ao uso de eletrodos contendo ferro em sua composição para a oxidação de cargas orgânicas, foram realizadas buscas e análises de artigos científicos e patentes em bases de dados nacionais e internacionais. Apesar de revelada uma densa produção científica relacionada a essa tecnologia, com um total de 438 artigos, há poucos produtos tecnológicos registrados, perfazendo 88 patentes. Também foi observado que os países que possuem depósitos de patente nessa área são China, Alemanha e Reino Unido. Esses dados apontam uma oportunidade de investimentos em pesquisa e desenvolvimento para gerar inovação tecnológica nessa área.

Palavras-chave: Eletrodos. Efluentes. Patentes.

## Abstract

The electrochemistry technology has been pointed as promising to the treatment of wastewater due to its high oxidation power, relatively low cost, and easy operation. The material of the electrodes used is crucial to the good performance of this treatment method. Aiming to map the scientific and technological prospects about the use of electrodes containing iron immobilized or in its composition to the oxidation of organic charges, it was performed review and research of scientific papers and patents from national and international databases. Despite it was revealed a dense scientific production related to this technology, with total of 438 articles, there are few technological products registered, summing 88 patents. It was also observed that the countries that holds patent deposits in this field were China, Germany and United Kingdom. This data shows that there is an opportunity of investment in research and development to generate innovation in this field.

Keywords: Electrodes. Effluents. Patents.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.

<sup>4</sup> Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.

<sup>5</sup> Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.

<sup>6</sup> Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.

<sup>7</sup> Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.



## 1 Introdução

A remediação de recursos hídricos contaminados por compostos orgânicos de efluentes domésticos e industriais é, atualmente, um dos maiores desafios da comunidade científica e tecnológica, o que tem desencadeado a busca por materiais e métodos alternativos eficazes no tratamento da água e na redução da carga de contaminantes (SCIALDONE *et al.*, 2009).

Nesse panorama, a tecnologia eletroquímica aparece como uma alternativa bastante atraente para a oxidação de cargas orgânicas devido ao seu alto poder de oxidação, versatilidade, simplicidade, possibilidade de automação e compatibilidade ambiental (KUMAR; SINGH; SRIVASTAVA, 2015).

Os materiais dos eletrodos utilizados nesses métodos são os componentes mais importantes, uma vez que os mecanismos de oxidação são diferentes para cada composição (CHEN *et al.*, 2013). As características necessárias para um bom material eletrodico são: grande área superficial, máxima condutância elétrica, resistência à corrosão, boa propriedade eletrocatalítica e estabilidade de desempenho. Além disso, disponibilidade em abundância e baixo custo são essenciais (BADRAYYANA *et al.*, 2015).

Uma classe de eletrodos bem peculiar é constituída pelos ânodos dimensionalmente estáveis (ADEs), que são substratos de titânio ou tântalo revestidos com óxidos de metais nobres, como IrO<sub>2</sub> e RuO<sub>2</sub>. Outros óxidos, como TiO<sub>2</sub>, SnO<sub>2</sub> e Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, são adicionados à camada dos metais titânio ou tântalo para aumentar a resistência à corrosão, melhorar o desempenho e reduzir os custos (MARSHALL; HAVERKAMP, 2012).

Essa classe de eletrodos é amplamente utilizada em processos eletroquímicos por apresentarem excelente estabilidade mecânica, alta estabilidade à corrosão, longo tempo de vida útil, elevada atividade eletrocatalítica, baixo custo, facilidade de preparação e aumento de escala bem-sucedido (BORBÓN *et al.*, 2014).

Há na literatura registros da utilização de ADEs para a oxidação de várias classes de compostos orgânicos perigosos, como herbicidas, compostos fenólicos e corantes (PIPI; AQUINO NETO; ANDRADE, 2013). Nesses eletrodos, a oxidação pode ocorrer por meio de oxidação direta, isto é, troca de elétrons entre o contaminante e a superfície do eletrodo, ou por geração indireta de espécies reativas com alto poder de oxidação, como H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e cloro ativo, que são capazes de promover a oxidação dos contaminantes, potencializando a eficácia do método (TURRO *et al.*, 2011). Além disso, apresentam morfologia de barro rachado (superfície com fissuras e micro rachaduras), o que confere a esses materiais elevadas áreas efetivas (RAMALHO *et al.*, 2010).

Diante do exposto, este trabalho tem como proposta o levantamento de informação bibliográfica e patentária acerca do uso de eletrodos a base de óxidos condutores contendo ferro em sua composição para remediação de águas, uma vez que o ferro é um material abundante e de baixo custo, visando à identificação de oportunidades de pesquisa e investimento em desenvolvimento tecnológico em materiais e processos avançados de remediação de efluentes industriais e domésticos e tratamento de águas servidas.

## 2 Metodologia

As buscas foram realizadas em bases de dados de patentes nacionais e internacionais para uma caracterização tecnológica referente ao tema desse trabalho. A base nacional utilizada foi

a do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) e as bases internacionais verificadas foram: a da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO), a do Escritório Europeu de Patentes (Espacenet) e a base Derwent Innovations Index da Thomson Reuters Scientific (Derwent), sendo esta acessada pelo do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Para traçar um panorama científico e para fins comparativos, foram realizadas buscas de artigos relacionados ao tema nas bases de dados Scielo (somente Brasil), Web of Science e Scopus, de formas generalizada e refinada, respectivamente. Todas as buscas foram realizadas no período de 03/07/17 a 12/07/17 e sem a utilização de filtro por data de depósito ou de publicação.

As palavras-chave utilizadas para as buscas no presente trabalho são apresentadas no Quadro 1, no qual estão especificados os termos utilizados em português para as buscas na base de patentes do INPI e, para as buscas de artigos, na base de dados Scielo e os termos em inglês, utilizados para as buscas nas bases de patentes internacionais e nas bases de dados Scopus e Web of Science.

Um procedimento de refino foi utilizado para o melhor direcionamento em relação aos registros de interesse. Esse refinamento consistiu em filtrar os resultados obtidos inicialmente, utilizando as classificações referentes ao tratamento de águas, águas residuais ou esgoto por métodos eletroquímicos (C02F 001/46), especificamente por eletrólises (C02F 001/461) e tratamento eletroquímico multietapas (C02F 009/06).

**Quadro 1** – Palavras-chave utilizadas nas buscas das diversas bases

INPI E SCIELO	BASES DE PATENTES E DE DADOS INTERNACIONAIS	GRUPO DE PALAVRAS
anodo* and dimens* and estave*	dimension* and stable and anode*	A
catal* and heterogeneo* and oxido* and condutor*	catal* and heterogeneous and oxide* and conduct*	B
anodo* and dimens* and estave* and (remedia* or trata* or degrada*)	dimension* and stable and anode* and (remed* or treat* or degrad*)	C
catal* and heterogeneo* and oxido* and condutor* and (remedia* or trata* or degrada*)	catal* and heterogeneous and oxide* and conduct* and (remed* or treat* or degrad*)	D
anodo* and dimens* and estave* and (remedia* or trata* or degrada*) and (ferr* or Fe)	dimension* and stable and anode* and (remed* or treat* or degrad*) and (iron or Fe)	E
catal* and heterogeneo* and oxido* and condutor* and (remedia* or trata* or degrada*) and (ferr* or Fe)	catal* and heterogeneous and oxide* and conduct* and (remed* or treat* or degrad*) and (iron or Fe)	F
catal* and heterogeneo* and eletroquimic* and (trata* or degrada* or remedia*) and (ferr* or Fe)	catal* and heterogeneous and electrochem* and (remed* or treat* or degrad*) and (iron or Fe)	G

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo

Os operadores booleanos “and” e “or” foram utilizados para limitar as buscas aos termos inseridos conjuntamente e para incluir os termos equivalentes, respectivamente. O operador coringa “\*” combina o radical da palavra na busca, obtendo resultados para as possíveis variações do termo pesquisado. Todas as buscas nas bases de patentes foram realizadas no campo de pesquisa avançada, com a seleção da opção de busca no resumo. O mesmo procedimento foi adotado para as buscas de artigos científicos. Com base nos dados obtidos, foram realizadas análises relativas ao número de patentes depositadas por ano, aos países de origem das patentes depositadas e seu perfil quanto ao vínculo institucional. Foi realizada ainda uma avaliação comparativa em termos de produção tecnológica e científica referentes ao tema.

### 3 Resultados e Discussão

Os resultados obtidos com a realização das buscas nas diversas bases, utilizando as palavras-chave definidas no item anterior, são mostrados na Tabela 1. Essa tabela apresenta o número de documentos de patente e de artigos obtidos com as buscas nas bases nacionais e internacionais.

**Tabela 1** – Número de documentos de patente e artigos encontrados nas diversas bases

PALAVRAS-CHAVE (GRUPO DE PALAVRAS)	INPI	ESPACENET	WIPO	DERWENT	SCIELO	WEB OF SCIENCE	SCOPUS
A	12	438	379	563	6	811	618
B	0	35	53	259	0	412	177
C	7	77	73	138	4	233	151
D	0	8	6	78	0	81	25
E	0	9	9	35	0	17	12
F	0	2	4	23	0	22	9
G	0	1	0	5	0	51	327

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

O número de patentes depositadas e de artigos obtidos com a realização das buscas, inicialmente, com os termos mais abrangentes: “anodo\* and dimens\* and estave\*” (A) e “catal\* and heterogeneo\* and oxido\* and condutor\*” (B), tanto em inglês quanto em português, indicam que eletrodos a base de óxidos condutores são de grande interesse tecnológico e científico. Enquanto os resultados obtidos com a inserção dos termos “remedia\* or trata\* or degrada\*” (C e D) na busca indicam a relevância do uso desse tipo de eletrodo na remediação de águas, somando 216 documentos de patente recuperados na base Derwent e 314 artigos na base Web of Science.

Dentre as bases de patentes consultadas, a Derwent foi a que recuperou mais documentos quando os termos “iron or Fe” (E, F e G) foram acrescentados na busca, somando 63 registros,

enquanto nas bases WIPO e Espacenet foram apenas 13 e 12, respectivamente, e na base do INPI nenhum registro foi encontrado. Os dados de interesse para este trabalho se concentram nos documentos obtidos com a inserção desses termos, assim, os documentos obtidos nas três bases internacionais foram selecionados para a realização das análises pertinentes, com prévia eliminação das duplicidades.

No entanto, considerando que, para o grupo de busca “C” (mais abrangente), foram encontrados registros em todas as bases pesquisadas, também foram analisados esses resultados obtidos para a base de patente do INPI e para a base de dados da Scielo bem como para a base de patentes internacional, que recuperou mais documentos de patente, a Derwent, com 138 registros. Essa análise proporciona uma visão de como o Brasil se encaixa no cenário mundial dentro desse contexto e de como está sua relação pesquisa científica – geração de produto/processo tecnológico.

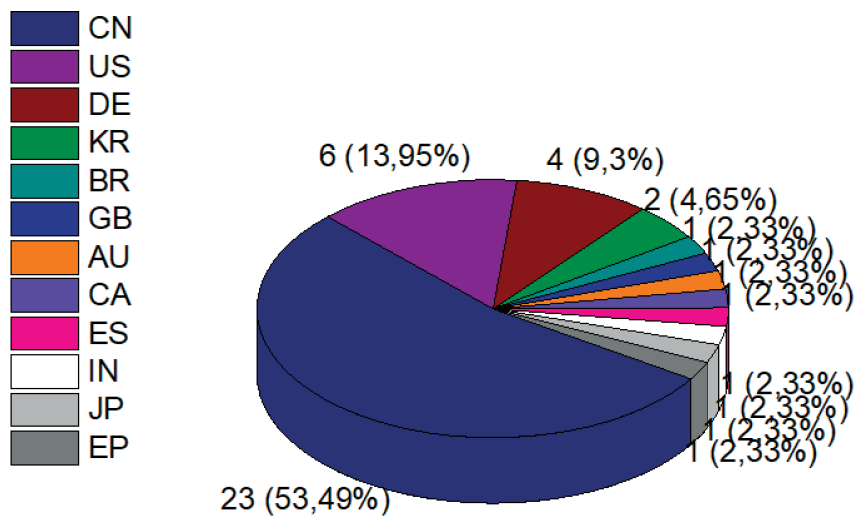
### **3.1 Análise dos Documentos de Patente Obtidos nas Bases do INPI e Derwent para o Grupo de Palavras-chave “C”**

Foram obtidos 7 documentos de patente na base do INPI utilizando o grupo de palavras chave “C”, sendo esse número reduzido a 5 depois do procedimento de refino adotado. Esses documentos foram analisados e foi verificado que 4 patentes foram depositadas pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) no ano de 2000. Esses depósitos são referentes a métodos e reatores eletroquímicos para o tratamento de efluentes aquosos fenolados e cianídricos utilizando ânodos do tipo ADE (titânio revestido de óxidos metálicos). O outro registro encontrado é referente ao uso de um eletrodo revestido de nanopartículas metálicas, depositado em 2006, pela empresa Akuatech S.R.L.

Assim como essas patentes analisadas, as pesquisas científicas brasileiras também relatam a utilização de ânodos do tipo ADE para degradação de compostos orgânicos e desinfecção de águas. Considerando o número de artigos recuperados na base Scielo (4 registros) e o número de patentes obtidas na base do INPI (5 registros analisados) para esse grupo de palavras-chave, é possível notar o equilíbrio entre produção científica e tecnológica nessa área de pesquisa no Brasil.

Em relação aos documentos obtidos na base Derwent utilizando o grupo de palavras-chave “C”, os 138 documentos de patente recuperados inicialmente foram reduzidos a 43 depois do refinamento descrito na metodologia. A análise desses documentos indicou que a China é o país com maior número de depósitos relacionados ao uso de eletrodos do tipo ADE, sem a associação do ferro necessariamente, para a oxidação de cargas orgânicas, detendo 23 registros dos 43 analisados. É seguida pelos EUA e pela Alemanha, com 6 e 4 registros, respectivamente. O Brasil figura nessa área tecnológica com 1 depósito de patente, realizado em 2000 pela Unicamp. A Figura 1 apresenta os países de origem dessas patentes avaliadas.

**Figura 1** – Países de depósitos das patentes referentes ao uso de eletrodos a base de óxidos condutores na oxidação de cargas orgânicas

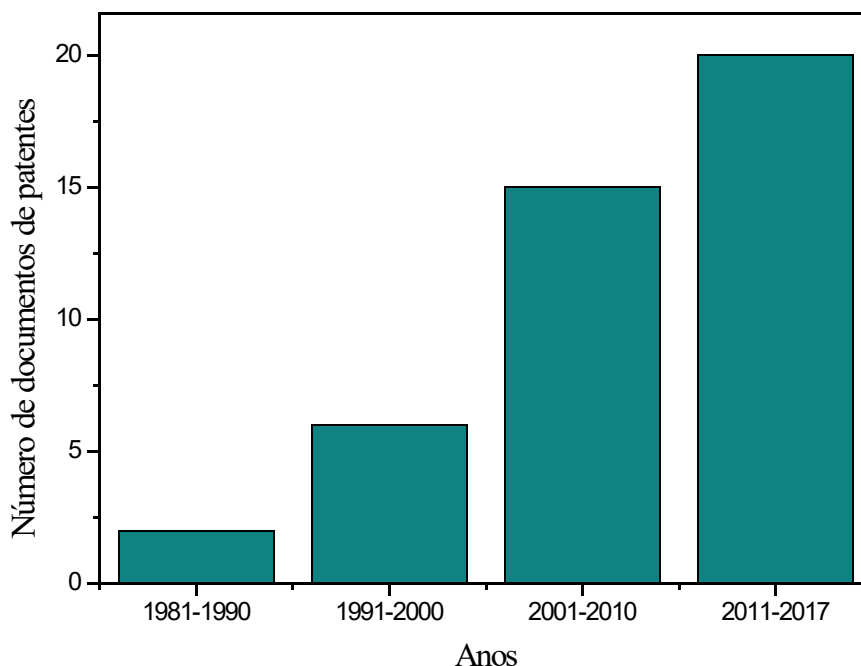


Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Nota: CN: China, US: Estados Unidos, DE: Alemanha, KR: Coreia do Sul, BR: Brasil, GB: Reino Unido, AU: Austrália, CA: Canadá, ES: Espanha, IN: Índia, JP: Japão, EP: Escritório Europeu de Patentes.

A distribuição desses pedidos de patente ao longo dos anos é apresentada na Figura 2 e mostra um padrão de crescimento, sendo possível observar que o número de depósitos realizados nos últimos 7 anos (2011–2017) foi um total de 20, 5 a mais do que os registrados na década anterior (2001–2010).

**Figura 2** – Distribuição dos depósitos das patentes referentes ao uso de eletrodos a base de óxidos condutores na oxidação de cargas orgânicas em âmbito mundial ao longo dos anos



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

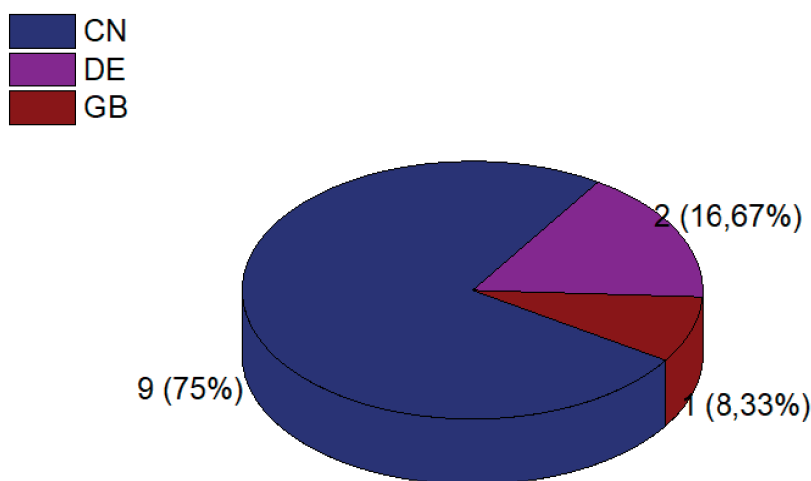
### 3.2 Análise dos Documentos de Patente Obtidos nas Bases WIPO, Espacenet e Derwent para os Grupos de Palavras-chave “E”, “F” e “G”

Inicialmente foram recuperados 88 documentos de patente, nas três bases, utilizando os grupos de palavras-chave “E”, “F” e “G”, sendo esse número reduzido a 14 depois do refinamento adotado. Ao realizar a avaliação desses documentos, foi verificado que 2 registros não são referentes à tecnologia pesquisada, sendo desconsiderados nas análises realizadas no presente trabalho.

Os documentos de patente foram analisados e apenas 2 descrevem o uso do ferro em associação com outros compostos como componentes constituintes de eletrodos, sendo um deles constituído de um material a base de ferro e carbono e o outro a base de óxido de ferro e óxido de alumínio. É relatado ainda o uso do ferro na forma de eletrodo metálico como ânodo, cátodo ou material sacrificial, e na forma de sais, como catalisadores no meio reacional.

A análise realizada referente aos países de origem das patentes é apresentada na Figura 3 e mostra que a China também é o país com maior número de depósitos relacionados ao uso de eletrodos a base de óxidos condutores, com a associação do ferro, para a oxidação de cargas orgânicas. O país detém 9 pedidos de patente, seguido por Alemanha e Reino Unido, que possuem 2 e 1 depósitos de patente, respectivamente.

**Figura 3** – Países de depósitos das patentes referentes ao uso de eletrodos a base de óxidos condutores, atrelados ao ferro, na oxidação de cargas orgânicas



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Nota: CN: China, DE: Alemanha, GB: Reino Unido.

Quanto ao vínculo institucional dos depositantes, foi verificado que dos 12 depósitos de patente encontrados, 7 foram realizados por empresas e 5 por universidades. Esses depositantes estão especificados no Quadro 2.

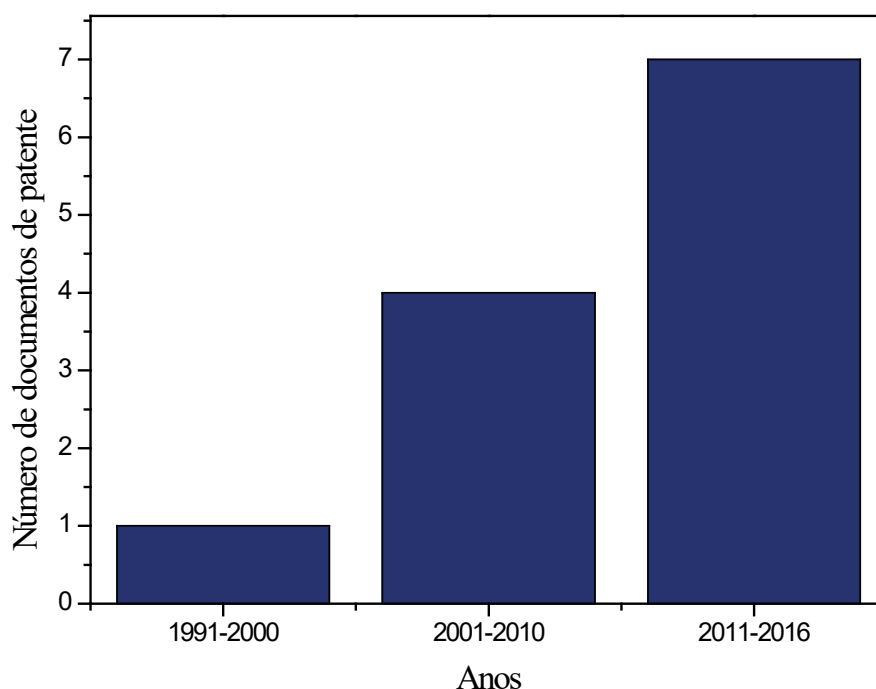
**Quadro 2** – Depositantes das 12 das patentes referentes ao uso de eletrodos a base de óxidos condutores, atrelados ao ferro, na oxidação de cargas orgânicas analisadas neste trabalho

PATENTE DEPOSITADA	DEPOSITANTES
CN105923854	Zhejiang Qicai Eco-Technology Co Ltd
GB2484699	Aguacure Ltd
CN101723532	Shanghai Baosteel Chem Co Ltd Shanghai Baosteel Eng&Technology Co Ltd Shanghai Baosteel Eng&Technology Co Lt Baosteel Eng&Technology Group Co Ltd
DE102013011395	VM-Tecsystems GmbH
CN102139938	Nanjing Saijia Environmental Protection Industrial Co Ltd
DE19506857	G.E.R.U.S. Gesellschaft Fuer Elektrochemisches Recycling Umwelt
CN201932937	Nanjing Sage Environmental Protection Technology Co Ltd
CN102502923	Zhejiang Sci-Tech University
CN101811794	Chinese Research Academy of Environmental Sciences
CN101693560	North China University of Water Resources and Electric Power

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo

A distribuição dos pedidos de patente ao longo dos anos é apresentada na Figura 4 e mostra um padrão de crescimento, sendo possível observar que o número de depósitos realizados nos últimos 6 anos (2011–2016), que totalizam 7 pedidos de patente, é superior à soma de todos os anos anteriores, que totalizam 5 pedidos.

**Figura 4** – Distribuição dos depósitos das patentes referentes ao uso de eletrodos a base de óxidos condutores, atrelados ao ferro, na oxidação de cargas orgânicas em âmbito mundial ao longo dos anos

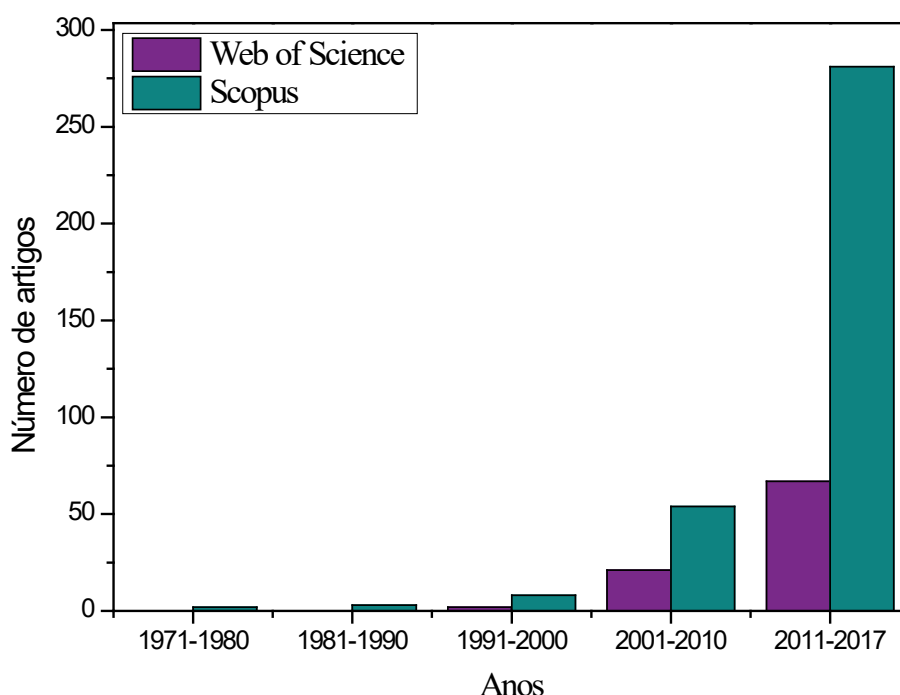


Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo



Considerando agora o número de artigos científicos recuperados nas bases de dados internacionais para os grupos de palavras chave “E, F e G”, é possível verificar um número expressivamente superior ao de documentos encontrados para a busca realizada com as mesmas palavras-chave utilizadas para a busca de patentes analisadas anteriormente. Para a busca de artigos nacionais, na base Scielo, não foram encontrados registros referentes ao tema deste trabalho, mesmo resultado verificado na base de patentes do INPI. Foram encontrados 90 e 348 artigos relativos ao tema, nas bases Web of Science e Scopus, respectivamente, enquanto o máximo de registros de patentes foi de 63, recuperados na base de dados Derwent, conforme discutido anteriormente. Esses dados indicam uma baixa proteção do conhecimento produzido nessa área de pesquisa. A Figura 5 apresenta a distribuição dos artigos ao longo dos anos.

**Figura 5** – Distribuição dos artigos ao longo dos anos nas bases Web of Science e Scopus



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

É notória a tendência acentuada de crescimento das pesquisas acerca do tema avaliado neste trabalho, sendo relevante observar que os artigos mais antigos datam da década de 1970, embora o número mais expressivo de publicações tenha ocorrido a partir de 2011. Esses dados corroboram a relevância e a importância dessa área de pesquisa.

## 4 Considerações Finais

O levantamento de dados realizado neste trabalho indica alta relevância científica e tecnológica do uso de eletrodos a base de óxidos condutores, havendo interesse na aplicação desse tipo de material para o tratamento de efluentes, o que evidencia a eficácia da tecnologia eletroquímica no tocante à remediação de cargas orgânicas. O uso do ferro atrelado a esse tipo de material ainda está em desenvolvimento e vem aumentando significativamente ao longo dos últimos anos. De maneira geral, a inovação nessa área ainda é bastante escassa, com poucos

produtos chegando ao mercado, apesar de haver um esforço concentrado em pesquisas, tendo em vista o número expressivamente superior de artigos publicados quando comparado com os depósitos de patente relativos a essa área de pesquisa.

## 4.1 Perspectivas

O desenvolvimento de eletrodos a base de óxidos condutores foi apresentado como viável e relevante frente à remediação de águas residuárias, apesar na pouca inovação ainda na área. O uso do ferro atrelado a esse tipo de material está em pleno desenvolvimento, indicando uma possibilidade de obtenção de produtos e tecnologias que causem o mínimo de impacto ambiental possível a um custo acessível, considerando as características desse material. Conforme apresentado, o Brasil está entre os países que utilizam a tecnologia eletroquímica para a remediação de águas residuárias, embora ainda não figure no seu uso em associação com o ferro. Nesse contexto, há uma oportunidade para pesquisadores e empreendedores brasileiros de investirem em pesquisa e desenvolvimento e figurar neste importante setor econômico.

## Agradecimentos

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

## Referências

BADRAYYANA, S. *et al.* Novel Fe-Ni-Graphene composite electrode for hydrogen production. **International Journal of Hydrogen Energy**, [S.l.], v. 40, p.10453–10462, 2015.

BORBÓN, B. *et al.* I. Electrochemical advanced oxidation processes for removal of toxic/persistent organic pollutants from water. **Environmental Science and Pollution Research**, [S.l.], v. 21, p. 8573–8584, 2014.

CHEN, F. *et al.* Q. Preparation and characterization of PbO<sub>2</sub> electrode and its application in electrocatalytic degradation of o-aminophenol in aqueous solution assisted by CuO-Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst. **Journal of Hazardous Materials**, [S.l.], v. 260, p.747–753, 2013.

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

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

KUMAR, S.; SINGH, S.; SRIVASTAVA, V. C. Electro-oxidation of nitrophenol by ruthenium oxide coated titanium electrode: Parametric, kinetic and mechanistic study. **Chemical Engineering Journal**, [S.l.], v. 263, p. 135–143, 2015.

MARSHALL, A. T.; HAVERKAMP, R. G. Nanoparticles of IrO<sub>2</sub> or Sb-SnO<sub>2</sub> increase the performance of iridium oxide DSA electrodes. **Journal of Materials Science**, [S.l.], v. 47, p. 1135–1141, 2012.

PIPI, A. R. F.; AQUINO NETO, S.; ANDRADE, A. R. Degradação eletroquímica de diuron em meio de cloreto usando anodos baseados em DSA®. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, [S.l.], v. 24, 2013.

RAMALHO, A. M. Z.; MARTÍNEZ-HUITKE, C. A.; SILVA, D. R. **Fuel**, [S.l.], v. 89, p. 531–534, 2010.

SCIALDONE, O. *et al.* G. Electrochemical oxidation of organics at metal oxide electrodes: The incineration of oxalic acid at IrO<sub>2</sub> – Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (DSA – O<sub>2</sub>) anode. **Electrochimica Acta**, [S.l.], v. 54, p. 1210–1217, 2009.

SCOPUS [Base de dados – Internet]. 2017. Disponível em: <www.scopus.com>. Acesso em: 9 out. 2017.

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

TURRO, E. *et al.* Electrochemical oxidation of stabilized landfill leachate on DAS electrodes. **Journal of Hazardous Materials**, [S.l.], v. 190, p. 460–465, 2011.

## Sobre os Autores

### **Nathalia Marcelino Pereira Queiroz**

*E-mail:* nathaliampereira@gmail.com

Doutoranda em Materiais; mestre Engenharia Química; e graduada em Química, pelo Centro de Tecnologia (CTEC), da Universidade Federal de Alagoas UFAL). Atua como pesquisadora na área de tratamento de efluentes por Processos Oxidativos Avançados, com ênfase no desenvolvimento de novos catalisadores. Atualmente, está vinculada à Universitat de Barcelona, Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE-CAPES).

### **Flaviana Freitas Feitosa Ferro**

*E-mail:* flavianaff@hotmail.com

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Atualmente, é pesquisadora PIBITI em Processos Oxidativos Avançados, o qual objetiva o Tratamento de Efluentes. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Eletroquímica.

### **Nikson Iohannes Silva de Almeida**

*E-mail:* niksonyohannes111@gmail.com

Graduando em Engenharia de Petróleo, pelo Centro de Tecnologia (CTEC), da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Atua como colaborador na área de Tratamento de Efluentes.

### **Juscyllan Santana Queiroz**

*E-mail:* juscyllan.queiroz@gmail.com

Graduado em Ciências da Computação, pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL) (2013). Possui experiência na área de desenvolvimento de soluções *web* e *mobile*.

### **Ana Lais de Araujo Costa**

*E-mail:* hp.analais@gmail.com

Estudante do Curso de Química Tecnológica e Industrial. Atua na área de Eletroquímica, no Laboratório de Eletroquímica Aplicada da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), desenvolvendo catalisadores para processos oxidativos avançados é bolsista PIBIT/Cnpq.

## **Carmem Lucia de Paiva e Silva Zanta**

*E-mail:* zanta@hotmail.com

Pós-doutora, pela Universidade de São Paulo (USP) (2007), sob a orientação do Prof. Frank Quina; doutora (doutorado sanduíche) na EPFL Lausane - Suíça, sob a orientação do Professor Comninellis; doutora em Química, pela USP-Ribeirão Preto (2000); e mestre em Química (Físico-Química), pela USP-Ribeirão Preto (1995). Atualmente, é professora associada na Universidade Federal de Alagoas (UFAL), com experiência na área de Química, com ênfase em Eletroquímica ambiental. Atua principalmente na área de Tratamento de efluentes urbano e industriais por meio de Processos Oxidativos Avançados e Processos Oxidativos Eletroquímicos Avançados. Participa dos Programas de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia (PPGQB) e Engenharia Química (PPGEQ).

## **Josealdo Tonholo**

*E-mail:* tonholo@gmail.com

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