

SENSOR ELETROQUÍMICO: UM ESTUDO TECNICO-ECONÔMICO

Iago Alexandre Soares dos Santos¹ Filipe de Lucena Paiva¹ Luan Vinicius Luna dos Santos¹
Ana Beatriz Fontes Ferreira¹ Heloysa Helena Nunes de Oliveira² Zulmara Virgínia de Carvalho²

¹Bacharelado em Ciências e Tecnologia - Escola de Ciências e Tecnologia
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN – Natal/RN – Brasil

iago-soares55@gmail.com; filipelucena1@hotmail.com; luan.vinicius.ls@hotmail.com; fontesfbs@gmail.com

²Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação - PPgCTI
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN – Natal/RN – Brasil

heloysoaliveira@ufrn.edu.br; zulmara@ect.ufrn.br

Resumo

O sensor eletroquímico pode ser considerado por muitos uma invenção recente, por esse motivo tal instrumento esteve constantemente sofrendo várias mudanças em sua estrutura e na sua forma de funcionar, houveram muitas inovações disruptivas e incrementais até o surgimento dos vários tipos de sensores eletroquímicos que são empregados hoje em diversos tipos de indústrias diferentes. Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de analisar a gestão, economia e inovação do objeto de estudo selecionado. O trabalho partiu do questionamento de quais desafios as pesquisas acadêmicas a respeito do sensor eletroquímico enfrentam para se transformarem em economia, logo, foi analisado o potencial econômico e a trajetória do nível de maturidade econômica desse instrumento ao longo de sua evolução histórica, bem como as características econômicas dos principais players neste campo científico e os anos em que mais foram produzidos por esses players. Os resultados obtidos evidenciam um enorme potencial inovador nacionalmente, o qual proporciona um cenário favorável ao desenvolvimento de patentes e inserção no mercado embora seja notável a falta de produções acadêmicas no Brasil dentro dessa área.

Palavras-chave: sensor eletroquímico, potencial econômico, inovação.

1 Introdução

O sensor eletroquímico desde a sua invenção vem cada vez mais sendo utilizado para monitoramento de espécies químicas em ambientes microscópicos. Além disso, suas técnicas são muito úteis principalmente na resolução de problemas que envolvam a química analítica, em especial, porque tem baixo custo, alta portabilidade e diversas aplicações, seja pra indústria química ou de automação em geral. Esses eletrodos se tornaram fundamentais na indústria alimentícia e, claro, na indústria química, com isso houve o aumento de pesquisas científicas a respeito desse elemento e cada vez mais o sensor eletroquímico se transforma não só em estudo mas em um objeto econômico onde a inovação é um fator essencial para determinar sua rentabilidade.

Sua versatilidade é um ponto a ser destacado como critério de estudo, sobretudo por sua facilidade de automação e introdução na chamada indústria 4.0. Por outro lado, já foram feitos estudos mostrando diferentes aplicações dos sensores e como eles podem se modificar de acordo com o objeto de estudo apresentado, entretanto, não foi mostrado o quanto eles impactam no

mercado e quais transformações podem exercer com seu uso.

Essa pesquisa, serve como um diferencial de ponto de vista de sua aplicabilidade, quais as áreas que ele se destaca e se é economicamente rentável e tem um bom custo-benefício para quem o usa.

É dentro desse contexto que se baseia a importância do presente estudo, objetivando analisar os elementos econômicos e mercadológicos do sensor eletroquímico, bem como discutir a respeito dos desafios enfrentados para transformar a produção científica e acadêmica em inovação e posteriormente em ativo econômico.

2 Metodologia

Foram realizadas pesquisas no SIGAA analisando os artigos publicados pela orientadora Elisama para a identificação do campo científico (Eletroquímica) e no Google Acadêmico utilizando “sensores eletroquímicos” e “sensores e pesticidas” como palavras-chave.

Além disso, foi buscado no Repositório Institucional UNESP as palavras “sensores eletroquímicos” e “sensor fármaco pesticida” e, posteriormente, procuramos na Biblioteca Digital de Produção Intelectual da Universidade de São Paulo valendo-se de “sensores eletroquímicos” como palavras-chave.

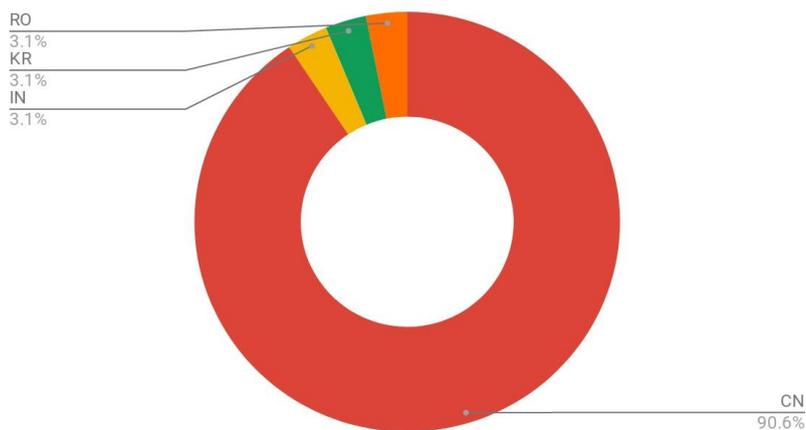
Ademais, pesquisamos no site Scielo utilizando “eletroanalítica e sensores eletroquímicos” como palavras-chave. Foi selecionado um artigo, do qual se retirou informações sobre a trajetória histórica da eletroquímica. Dando continuidade à coleta de dados, no site da Espacenet, inicialmente, buscamos por “electrochemical sensor drug pesticide”, obteve-se apenas um resultado. Foi então decidido abranger mais a busca, pesquisando por “electrochemical sensor drug” e “electrochemical sensor pesticide”, o primeiro teve um retorno de 37 patentes, enquanto o segundo 32. Por fim, foi realizada uma pesquisa a respeito da complexibilidade econômica e das políticas de Catching Up da China, visto que esse país detém a maior parte das patentes relacionadas ao tema abordado nesse artigo.

3 Diagnóstico Tecnoeconômico do Sensor Eletroquímico

Como foi visto, sensores eletroquímicos já são utilizados a algumas décadas, em detectores de fumaça tóxica, de substâncias que podem estar em falta no organismo humanos, entre outras. Com os avanços das tecnologias, os sensores tornaram-se cada vez mais sensíveis à detecção de substâncias. O desenvolvimento de microssensores biomiméticos é um nítido exemplo dessa evolução. No entanto, quando se analisa os sensores no campo da eletroanalítica, principalmente na quantificação de substâncias, que no caso analisado são fármacos e pesticidas, o campo se restringe e se mostra em expansão. Ao buscar nos bancos de patentes Espacenet sobre “sensores eletroquímicos fármacos e pesticidas” um único resultado é gerado, uma patente da China de 2014, um sistema ligado a um sensor capaz de fazer a quantificação das concentrações tanto de fármacos quanto de pesticidas (TAO, 2014).

Limitando a pesquisa para “sensores eletroquímicos pesticidas”, trinta e dois resultados são gerados. A China é o maior player, dominando o segmento com vinte e nove patentes, precedidos pela Coreia do Sul, Índia e Romênia, cada um com uma patente registrada (Figura 1). Nota-se ainda uma ascensão de patentes a partir de 2010 (Figura 2).

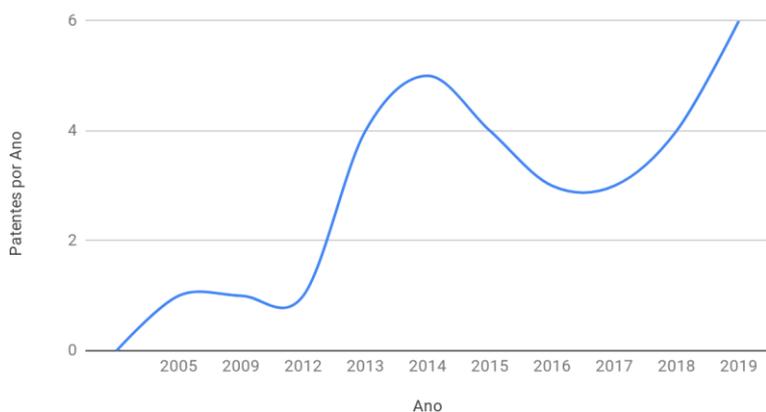
Figura 1 : Distribuição de patentes por países.



Fonte: Adaptado do ESPACENET (2019)

Figura 2: Relação de patentes produzidas por ano.

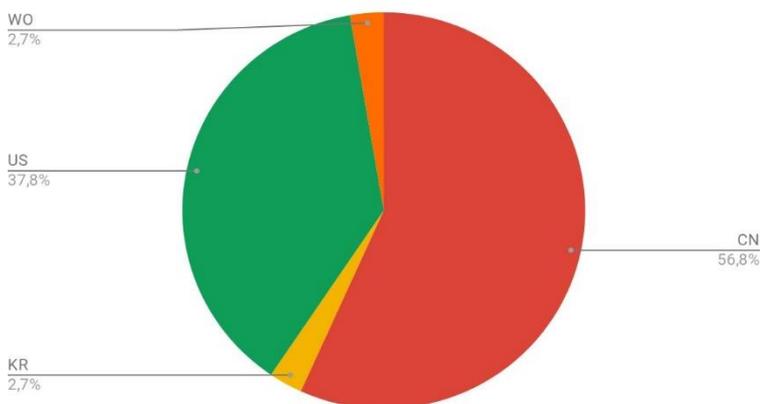
Patentes por Ano x Ano



Fonte: Adaptado do ESPACENET (2019)

Limitando a pesquisa para “sensores eletroquímicos fármacos”, trinta e sete resultados são listados. Os principais players são China e Estados Unidos, vinte e uma e quatorze patentes respectivamente. Isso quer dizer que a China tem um iniciativa maior nesse mercado. A Coreia do Sul possui uma patente, assim como a Organização Mundial de Propriedade Intelectual (Figura 3). Assim como na pesquisa anterior ocorre um ascensão a partir de 2012, denotando o caráter atual da pesquisa (Figura 4).

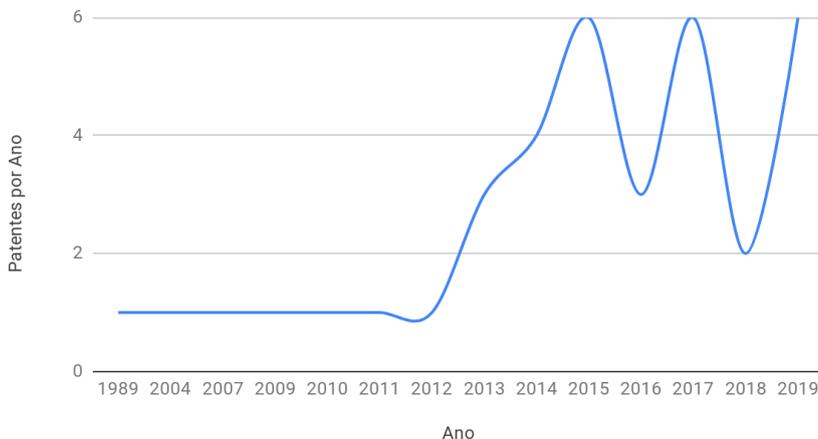
Figura 3: Distribuição de patentes por países.



Fonte: Adaptado do ESPACENET (2019)

Figura 4: Relação de patentes produzidas por ano.

Patentes por Ano x Ano



Fonte: Adaptado do ESPACENET (2019)

Ao pesquisar sobre “Electrochemical Gas Sensors(Sensores eletroquímicos de gás)” no Google Trends, nota-se que na China, maior player da área, entre o ano de 2004 até os dias atuais o número de pesquisas foram periodicamente nulas, com alguns picos em 2006, 2013 e 2014. Em janeiro de 2016, houve o maior pico no número de pesquisas a respeito do tema. No Brasil o número de pesquisas não foram relevantes o suficiente para serem mostradas pela plataforma. Ao ampliar a pesquisa com o termo mais geral, mas no mesmo período, e pesquisar somente. A palavra “eletroquímica” nota-se que as pesquisas na China sobre o tema se comportaram de maneira semelhante à da pesquisa anterior, com alguns picos fracos e um grande pico em 2016. No Brasil o número de pesquisas apresentou um declínio ao longo do tempo a partir de 2004 até os dias atuais.

Quando falamos em desenvolvimento de Startups dentro do objeto de estudo, ou seja, a eletroquímica, pode-se dizer que o Brasil tem apresentado avanços nessa área. Nesse sentido, podemos citar a Vidya Tecnologia, startup incubada na Acelerado Sistema Fiep, que desenvolveu um sensor de monitoramento de corrosão para atmosferas controladas, com o apoio do Instituto Senai de Inovação em Eletroquímica. Rapidamente, essa solução de automação digital permite identificar o nível de corrosão e tomar ações imediatas que impeçam ou minimizem prejuízos na empresa, diferente do modelo atual que é bem mais lento. (SENAIPR,2019)

Segundo o Gerente de Inovação do Sistema Fiep, Filipe Cassapo, que é responsável pelo Instituto Senai de Inovação em Eletroquímica, o projeto é relevante tanto para o mercado nacional quanto para o mercado externo. “Projetos como este comprovam que a pesquisa aplicada e a inovação podem ser promovidas e implementadas por empresas de todos os portes. A corrosão é um problema para diversos setores industriais e a Vidya vem com uma solução inovadora, de alto impacto econômico”, observa. (SENAIPR,2019).

4 Dinâmica Econômica e Competitividade Internacional

Quando se trata de sensores eletroquímicos voltados para análise de pesticidas, a China é o principal player no mercado, no entanto, quando se trata da análise de fármacos, os Estados Unidos rivaliza com a China. Percebe-se, portanto, que é um espaço ainda em crescimento e que, por isso, não possui a dinâmica econômica de um produto já consolidado. No Brasil, ainda não há nenhuma patente e conseqüentemente também não há a dinâmica econômica de um produto já consolidado. O principal motivo para esse resultado no país é que os sensores voltados para análise de pesticidas e de fármacos ainda estão em processo de desenvolvimento. Deve-se haver a criação de parques tecnológicos para aliar o conhecimento produzido nas universidades com o potencial mercadológico das empresas.

A China é a maior economia de exportação do mundo e a economia mais complexa de

acordo com o Índice de Complexidade Econômico (ICE). Em 2017, a China exportou 2,41 Trilhão de dólares e importou 1,54 Trilhão de dólares, resultando em um saldo comercial positivo de 873 Bilhão de dólares. Em 2017, o PIB da China foi de 12,2 Trilhão de dólares e seu PIB per capita foi de 16,8 Mil dólares (OEC, 2019). Quanto as exportações, as mais recentes são lideradas por:

- Aparelhos emissores (transmissores) para radiotelefonia, radiotelegrafia, radiodifusão ou televisão, mesmo incorporando um aparelho de recepção ou um aparelho de gravação ou de reprodução de som;
- Câmaras de televisão, câmaras de vídeo de imagens fixas e o, que representam 9,6% das exportações totais da China, seguido pelo máquinas automáticas para processamento de dados e suas unidades;
- Leitores magnéticos ou ópticos, máquinas para registrar dados em suporte sob forma codificada, e máquinas para processamento desses dados, não especificadas nem compreendidas em outras posição, que responde por 6,08%.
- Durante os últimos cinco anos, as importações da China cresceram a uma taxa anual de 1,3%, a partir de 1,42 Trilhão em 2012 para 1,54 Trilhão em 2017. As importações mais recentes são liderados por: circuitos integrados e micro conjuntos eletrônicos, que representam 13,5% das importações totais de da China; seguido pelo Óleos brutos de petróleo ou de minerais betuminosos, que respondem por 9,4% (OEC, 2019).

A China teve uma evolução de investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D), que saltou de menos de 1% do PIB no início dos anos 2000 para pouco mais de 2,0% em 2014, surpreendeu pela dimensão e velocidade com que diferenciou a China dos demais países dos Brics: em período semelhante, e partindo de um patamar levemente mais alto, o Brasil chegou a 1,24% (em 2013) e a Rússia a 1,19%. Embora ainda não tenha atingido níveis semelhantes aos do Japão (3,59%) e dos Estados Unidos (2,74% em 2013), o dispêndio chinês em P&D superou a média da União Europeia, de 1,95% do PIB (ARBIX, 2018).

Atualmente, a China começa a disputar a liderança em tecnologias da informação e comunicação (as gigantes Huawei, Xiaomi e ZTE estão entre as maiores empresas do setor), trens de alta velocidade (China South Locomotive e Rolling Stock), energias renováveis (Trina Solar e Yingli Green Energy), energia solar e eólica (Goldwind, United Power e Ming Yang) e supercomputadores (com tecnologia 100% chinesa, o TaihuLight, da empresa Sunway Systems, está no topo da lista de computadores mais rápidos do mundo). A formação desses grandes conglomerados acompanhou o surgimento de empresas em segmentos não tradicionais, como a Baidu (motor de busca na web, com forte investimento em inteligência artificial e veículos autônomos), a Tencent (criadora do WeChat), a Alibaba (e-commerce) e Didi (serviços tipo Uber) (ARBIX, 2018).

A ascensão chinesa, juntamente com a evolução de um conjunto de outros países emergentes, modificou o mapa da produção mundial de bens e serviços a partir dos anos 2000 e imergiu esses países em atividades de geração de conhecimento e inovações. A participação ativa do Estado em várias frentes – incentivo às grandes empresas, reformas pró-mercado, qualificação da mão de obra, atração de capital externo – manteve a ciência, tecnologia e inovação como uma prioridade nacional, o que garantiu estabilidade do investimento público de médio e longo prazo (ARBIX, 2018).

Um exemplo mais recente dessa priorização é a entrada da China em grandes projetos de ciências – iniciativas de alto custo e enormes desafios científicos e tecnológicos – desenvolvidos sobretudo nos Estados Unidos e na Europa no pós-Segunda Guerra. A prevalência de equipamentos sofisticados, o grande número e, principalmente, a competência dos cientistas envolvidos com as iniciativas de grandes projetos de ciências, abriram novos caminhos para a produção avançada de conhecimento no mundo todo. A China, coerentemente com suas pretensões e a tradição de replicar

experiências de vulto dos países avançados, passou a oferecer infraestrutura de última geração para que seus pesquisadores pudessem participar de grandes projetos de ciências e desenvolvê-los.

A China trabalha aceleradamente para consolidar um sistema de apoio à inovação sofisticado e orientado para resultados. O tratamento recebido pela indústria é exemplar dessa diretriz, seja pela necessidade de acompanhar as principais tendências tecnológicas, seja por conta do lugar ocupado pela China como a maior produtora mundial de bens de segunda geração, com base em tecnologias maduras. Mais recentemente, os planos do Estado para a indústria ganharam substância com o anúncio do programa Made in China 2025 (MiC 2025) para a indústria avançada. As prioridades do programa são: inovação como estratégia para se alcançar o desenvolvimento econômico e social; apoio ao desenvolvimento da manufatura avançada; foco nas indústrias emergentes, dentre as quais biotecnologia, indústria de baixo carbono, tecnologias da informação e novos materiais; e nas estratégicas, como aeroespacial, nuclear e ciências da vida (ARBIX, 2018).

5 Da Ciência Aos Negócios Tecnológicos - Estudo De Caso

5.1 Potencial Inovador e Aderência Mercadológica

No Brasil o desenvolvimento de sensores eletroquímicos para a quantificação de fármacos e pesticidas ainda está em fase de pesquisa. Na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, a Dra. Elisama Vieira dos Santos está desenvolvendo um projeto de pesquisa relacionado à área e, considerando a falta de uma patente desses sensores no país, o potencial inovativo é imenso, pois embora o nível de maturidade tecnológica (TRL) esteja apenas no nível 2 dentre 9 níveis, ainda há tempo para desenvolvê-lo antes que outros o façam. Considerando o alto grau inovativo no país e a importância que um produto nessa área representa para as empresas, conclui-se que há uma boa aderência mercadológica.

5.2 O Caso das Tiras De Teste Glicêmico

Updike e Hicks criou em 1967 o primeiro biossensor amperométrico, com a finalidade de detectar glicose usando a enzima glicose oxidase associada a um eletrodo de Clark para oxigênio. No entanto, alguns problemas surgiram em relação ao oxigênio que se mostrava instável, fazendo então que se buscasse um outro agente oxidante. Nesse contexto os biossensores de segunda geração foram criados, compostos a base de ferro foram utilizados no lugar do oxigênio. Observou-se com os sensores de segunda geração que eles podiam sofrer interferências que facilitariam as reações e trariam resultados mais rápidos e mais precisos, assim surgiram os biossensores de terceira geração que possuem uma seletividade e sensibilidade maior que os anteriores. Com esse avanço, surgiram os sensores e biossensores descartáveis que associados com um equipamento preciso e portátil, células eletroquímicas e processadores eletrônicos de sinal com mostrador numérico, trouxeram avanços na medicina com as fitas para análise de glicose no sangue, que são facilmente encontradas em farmácias.

Além disso, os sensores eletroquímicos são utilizados para quantificar uma substância chamada tetraciclina, antibiótico de baixo custo e baixa toxicidade, em amostras. Esse composto já é utilizado para tratamento de infecções respiratórias, por exemplo a pneumonia, e na cura de alguns tipos de malária, como a Plasmodium falciparum Entamoeba histolytica. Por outro lado também funciona como anti-inflamatório e imunossupressão pela inibição da enzima lipase (SCONTRI,2015).

Essa tecnologia aplicada à quantificação de fármacos, ou seja, os sensores eletroquímicos, têm mostrado benefícios significativos em relação ao método oficial de análise: Cromatografia Líquida de Alta eficiência (CLAE), uma vez que possuem elevada sensibilidade das determinações e portabilidade. De forma geral, tal inovação vêm ganhando destaque nos cenários da indústria, clínico e ambiental por ter a capacidade superar os novos desafios requeridos por esses setores (SCONTRI,2015).

6 Considerações Finais

Com base nos dados analisados e discutidos ao longo do artigo, evidencia-se o enorme potencial inovador da pesquisa da UFRN, a qual proporciona boa oportunidade para o desenvolvimento de patentes e a inserção no mercado.

Com o estudo, também observamos que há uma gama de aplicações no mercado para esse tipo de sensor, como o mostrado no estudo de caso, na indústria de fármacos. Uma sugestão para acelerar o processo após a fase inicial de pesquisa, seria buscar parcerias com incubadoras e aceleradoras, pois a criação de uma start-up pode facilitar o desenvolvimento da patente e de estudos futuros relacionados à área.

Acreditamos que o interesse pelo assunto está em uma crescente, assim como demonstrado nos gráficos de análise de patentes por país, o que indica que, se começadas agora as pesquisas na área, há uma grande chance de que haja um bom desenvolvimento de sensores eletroquímicos com um custo-benefício próprio de inserção no mercado, além de que, se essas pesquisas forem feitas no Brasil, fará com que, dependendo do nível de maturidade tecnológica alcançada, possamos competir na sua produção com players como a China, que já vem há algum tempo se destacando nesse tipo de estudo, e, ganhando assim, mais um produto de inovação disruptiva para o nosso país.

Em contrapartida existem algumas limitações para a pesquisa que devem ser ressaltadas relacionadas à tecnologia do Brasil, mais especificamente à falta dela, já que a tecnologia do país não é uma das mais avançadas, e há ameaça da importação de tecnologias estrangeiras.

Uma forma de minizar essa problemática, seria o Governo incentivar e dar um maior suporte financeiro para os pesquisadores das Universidades Federais, os quais possuem imenso potencial inovativo nas mãos e muitas vezes não conseguem desenvolver suas ideias por falta de aporte financeiro e etc.

Por fim, ressaltamos a necessidade de se destacar a atenção pra esse tópico de estudo pouco discutido, pois ele tem potenciais de aplicabilidade industriais gigantescos.

7 Referências

ARBIX, Glauco & TOLEDO, Demétrio & MIRADA, Zil & ZANCUL, Eduardo. (2018). A difícil transição chinesa do catching up à economia puxada pela inovação. *Tempo Social*. 30. 143-170. 10.11606/0103-2070.ts.2018.144303.

ANDERSON, Gerald L.; HADDEN, David M. Electrochemical Sensors. **The Gas Monitoring Handbook**, Northvale, Nova Jersey, Estados Unidos da América, 1999. Disponível em: <https://delphian.com/electrochemical%20sensors.htm>. Acesso em: 12 ago. 2019.

CENTRO DE COMUNICAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Sumio Iijima, ‘descobridor’ dos nanotubos de carbono, tem agenda aberta ao público na UFMG**. Minas Gerais, 16 set. 2010. Disponível em: <https://www.ufmg.br/online/arquivos/016751.shtml>. Acesso em: 14 ago. 2019.

LOWINSOHN, Denise; BERTOTTI, Mauro. **Sensores eletroquímicos: considerações sobre mecanismos de funcionamento e aplicações no monitoramento de espécies químicas em ambientes microscópicos**. *Química Nova*, São Paulo, v. 29, n. 6, p. 1318-1325, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422006000600029>> Acesso em: 12 ago. 2019

METROHM DROPSSENS (Llanera, Austúrias, Espanha). **Screen-printed electrodes**. Llanera, 2019. Disponível em: http://www.dropsens.com/en/screen_printed_electrodes_pag.html. Acesso em: 14 ago. 2019.

OLIVEIRA, Túlio Ítalo da Silva. **DESENVOLVIMENTO DE SENSORES ELETROQUÍMICOS PARA DETECÇÃO DE MOLINATO E ÓXIDO NÍTRICO**. 2013. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará, 2013. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/10367/1/2013_dis_tisoliveira.pdf. Acesso em: 15 ago. 2019.

POWER, Aoife C.; MORRIN, Aoife. Electroanalytical Sensor Technology. **Electrochemistry**, [S. l.], 20 fev. 2013. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/electrochemistry/electroanalytical-sensor-technology>. Acesso em: 8

ago. 2019.

SANTHIAGO, Murilo; STRAUSS, Mathias; PEREIRA, Mariane P.; CHAGAS, Andreia S.; BUFON, Carlos C. B. ACS Appl. Mater. Interfaces, 2017, 9 (13), pp 11959–11966. **Direct Drawing Method of Graphite onto Paper for High-Performance Flexible Electrochemical Sensors**. DOI: 10.1021/acsami.6b15646 Acesso em: 12 ago. 2019.

SANTOS, Glauco Pilon dos. **Desenvolvimento de sensor biomimético para detecção de resíduos de pesticidas organofosforados e carbamatos em alimentos**. 2012. 103 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/97828>>. Acesso em: 12 ago. 2019.

SCONTRI, Mateus. **Sensores eletroquímicos à base de nanomateriais carbonáceos e catalisadores biomiméticos para determinação de tetraciclina em diferentes tipos de amostras**. 2015. 72 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Química., 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/126588>> Acesso em: 12 ago. 2019.

SELLA, Andrea. Cremer's electrode. **Chemistry World**, [S. l.], 1 fev. 2018. Disponível em: <https://www.chemistryworld.com/opinion/cremers-electrode/3008550.article>. Acesso em: 8 ago. 2019.

SOUZA, Ana Paula Ruas de; BERTOTTI, Mauro. **Desenvolvimento de novos sensores eletroquímicos descartáveis para fins analíticos**. 2015. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/46/46136/tde-15122015-085317/>> Acesso em: 12 ago. 2019.

STRADIOTTO, Nelson Ramos; YAMANAKA, Hideko; ZANONI, Maria Valnice Boldrin. **Electrochemical sensors: A powerful tool in analytical chemistry**. Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 14, n. 2, p. 159-173, 2003. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/67326>>. Acesso em: 12 ago. 2019.

TAO, Ren. **Intelligent analysis system for measuring concentrations of ingredients in liquid online** CN201210585113. Depósito: 2 jul. 2014. Concessão: 2 jul. 2014. Disponível em: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20140702&DB=&locale=en_EP&CC=CN&NR=103901161A&KC=A&ND=4#. Acesso em: 16 set. 2019.

ZANONI, Maria Valnice Boldrin; BORGES, Alessandro Santos; BENEDETTI, Assis Vicente; YAMANAKA, Hideko; SOTOMAYOR, Maria del Pilar Taboada; BESSEGATO, Guilherme Garcia; STRADIOTTO, Nelson Ramos; ZANTA, Carmem Lúcia de Paiva e Silva; DE ANDRADE, Adalgisa Rodrigues. **PANORAMA DA ELETROQUÍMICA E ELETROANALÍTICA NO BRASIL: VISÃO GERAL DA ELETROQUÍMICA E DA QUÍMICA ELETROANALÍTICA NO BRASIL**, São Paulo- SP, ano 2017, v. 40, n. 6, p. 1-7, 13 jul. 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422017000600663#aff1. Acesso em: 15 ago. 2019.