

# Catalisadores verdes obtidos a partir do auxílio de plasma: Perspectiva sobre o seu potencial

DOI: 10.5281/zenodo.8437099

Paulo Resende Neto\*<sup>a</sup>

This work aims to review the article written by Changjun Liu, Minyue Li, Jiaqi Wang, Xintong Zhou, Qiuting Guo, Jinmao Yan, Yingzhi L; Plasma methods for preparing green catalysts: Current status and perspective. Therefore, seeks to analyze the benefits of this alternative practice, so that it correlates with the 12 principles of green chemistry, but also exhibits results and communicate about the great potential of these methods.

O trabalho a ser apresentado tem como objetivo produzir um artigo de Changjun Liu, Minyue Li, Jiaqi Wang, Xintong Zhou, Qiuting Guo, Jinmao Yan, Yingzhi L; Métodos com plasma para preparação de catalisadores verdes: Atual status e perspectiva. Portanto, busca analisar os benefícios dessa prática alternativa, de modo que a correlaciona com os 12 princípios da Química Verde, apresenta resultados e comunica o grande potencial desses procedimentos.

*Universidade de Brasília - UnB. Campus Darcy Ribeiro - Instituto de Química.*

\*E-mail: pauloresendeneto15@hotmail.com

Recebido em 31 de agosto de 2023,  
Aceito em 30 de setembro de 2023,  
Publicado em 31 de outubro de 2023.

## Introdução

Os catalisadores, como estabelecido pela União Internacional de Química Pura e Aplicada em 1981,<sup>2</sup> são substâncias que aceleram o processo de uma reação através de um mecanismo alternativo, cujas energias de ativação são distintas daquelas observadas na sua ausência, como também não afetam o seu equilíbrio químico.

Essa característica destes compostos, proporcionou aos catalisadores extensa aplicação e envolvimento no âmbito industrial. Entretanto, o seu preparo tem evidenciado malefícios ao meio ambiente, devido ao grande nível de energia e água consumida durante esses processos, tal como o uso de substâncias contaminantes do ar, água e da terra.

A princípio, são aplicadas atualmente dois tipos de catálise, sendo elas, a homogênea, na qual o catalisador e seu reagente se encontram dispersos em uma mesma fase, e a heterogênea, em que o catalisador constitui uma fase separada do reagente.<sup>1</sup> O processo da catálise usualmente em seus casos busca utilizar de catalisadores que apresentem uma atuação de grande estabilidade e seletividade para a toda a reação, de modo que se deve atentar às características presentes no catalisador desejado, como seu tamanho, estrutura, interface e afinidade. Sendo esses aspectos manipulados por diferentes métodos e em condições de preparo específicas.

Desta forma, estudos de métodos alternativos para o preparo têm ganhado destaque, de modo que seja respeitado os 12 princípios da Química Verde,<sup>1</sup> em destaque a prevenção de gastos, o uso de fontes e matéria-prima renovável, o

impedimento da formação de derivados, o uso de solventes e substâncias auxiliares seguros, tal como o desenvolvimento de produtos, os quais não oferecem riscos para sociedade e o meio ambiente. Logo, além da demanda por um meio ambiente menos comprometido, busca também auxiliar na otimização da sua produção e na qualidade desses materiais.

Um exemplo desses métodos alternativos é a aplicação de plasma, que é um estado físico da matéria, assim como o líquido, gasoso, e sólido, de modo que a sua classificação é dada com base em sua temperatura, podendo ser nomeado como plasma de alta temperatura e de baixa temperatura, como também pelas suas propriedades de equilíbrio termodinâmico, como o plasma térmico e o plasma não térmico (Plasma Frio).<sup>2</sup>

Conforme a aplicação de energia suficiente para a ionização de um gás, o plasma pode ser criado.<sup>1</sup> A partir da energia aplicada se obtém o plasma térmico e frio, tendo ambos utilidade na preparação de catalisadores, o térmico tem sua maior aplicação na produção de suportes de óxido, enquanto que o frio tem ganhado destaque uma vez que é obtido a baixas temperaturas, mas com elétrons altamente energéticos para produção de catalisadores heterogêneos.<sup>1</sup>

De forma geral, com base na sua configuração eletrônica e nas condições de preparo, pode ser diferenciado entre “Glow Discharge”<sup>1</sup> e “Dielectric barrier discharge (DBD)”<sup>1</sup>. Esses são respectivamente diferenciados pela aplicação de alta voltagem entre dois eletrodos em temperaturas próximas à temperatura ambiente em condições de baixa pressão, e o uso de placas de quartzo, cerâmica, mica, ou teflon,<sup>5</sup> que necessitam de mais energia aplicada para formação de um

campo que seja eletricamente oposto, em temperaturas acima da temperatura ambiente sendo necessário resfriamento em alguns casos.

O artigo tem referência de Changjun Liu.<sup>1</sup> Busca dialogar como o preparo de catalisadores, com base na aplicação de plasma frio, cumpre com os princípios da química verde. Seja pela formação de catalisadores pequenos em tamanho e com grande dispersão, sem o auxílio de demais outros compostos sendo pela remoção de *templates*, membranas nanoporosas que tendem a reagir com espécies ativas como ozônio e elétrons,<sup>1</sup> a baixa temperatura, em sínteses de materiais micro e mesoporosos, ou sendo pela redução da necessidade de compostos redutores perigosos, ou hidrogênio por *Glow Discharge*, auxiliando no aumento da estabilidade destes catalisadores.

## Metodologia

O Artigo em referência para escrita deste texto foi encontrado com base em uma pesquisa no banco de dados Web of Science, pelo acesso CAFé no site de periódicos da CAPES. Sendo utilizado como palavras chaves os termos “*Catalysts*” e “*Green*”, respectivamente traduzidos para língua portuguesa como Catalisadores e Verde.

O processo de demonstração do preparo de catalisadores com base na utilização de plasma frio, como citado anteriormente, apresenta uma alternativa promissora para uma criação mais rápida e sem o uso de componentes auxiliares ou perigosos para o meio.

Desse modo, os autores expuseram 3 experimentos efetuados. O primeiro se trata do carregamento de nanopartículas de metais nobres a um peptídeo, com base na atuação de catalisadores à base de peptídeos, os quais têm sido utilizados recentemente para processos de separação photocatalítica da água. Em que com a cooperação das universidades de Aarhus e Johns Hopkins, um peptídeo do tipo KLVFF ( $\text{A}\beta_{16-20}$ ) se conformou em membranas de duas dimensões, em que os metais ionizados na solução se reduziram para formação de nanopartículas, segundo o uso da redução dos elétrons pelos autores, à temperatura ambiente, com a operação de *glow discharge* em argônio.<sup>1</sup>

O segundo experimento os autores buscaram formar catalisadores do tipo Au/PvP em água. Em casos de reações em líquidos, a melhor alternativa é a produção de catalisadores com capacidade de flutuação, entretanto como pontuado pelos

escritores esses catalisadores são de difícil preparação. Portanto, através da redução dos elétrons à temperatura ambiente, polivinilpirrolidona (PVP) foi adicionada a solução com metais nobres como o ouro (Au), que também seria redigida por um processo de Glow Discharge com Argônio.<sup>1</sup>

O experimento final foi investigado as possibilidades de dispersão de nanopartículas de Prata (Ag) em uma estrutura metalorgânica (MOF). O MOF têm recebido destaque dado a sua estrutura e superfície, dessa forma, tem grande atração pela capacidade do uso de MOF como material de suporte para um catalisador. O procedimento foi redigido pelos autores de forma semelhante aos anteriores, mediante a redução dos elétrons à temperatura ambiente em um solução com nanopartículas de prata, com *glow discharge* em Argônio.<sup>1</sup>

## Resultados e discussão

Para o preparo de catalisadores de metais nobres é sempre desejável a fácil recuperação e separação da mistura reacional. A atividade cooperativa entre os autores e as universidades de Aarhus e John Hopkins, alçaram a atribuição de nanopartículas catalíticas com grande dispersão, de ouro (Au), platina (Pt) e paládio (Pd) a um peptídeo. Tal como, obtiveram como resultado também nanopartículas que apresentam um tamanho menor que 2,5 nm que foram bem distribuídas na camada fina do peptídeo. Assim como o catalisador Pt/peptídeo permitiu a identificação de Platina de Plano cristalográfico de configuração (111), isto é, os três eixos interceptam a face do metal. Os autores pontuam como esse método pode ser promissor para o desenvolvimento futuro de *scaffolds* de biomoléculas, que se responsabilizam pelo suporte estrutural na adesão celular<sup>4</sup> dada a criação de finas camadas de peptídeo.

As nanopartículas de ouro, presentes na solução que entrou em contato com a Polivinilpirrolidona, em minutos, formaram uma camada sobre a água, assim originando o catalisador do tipo Au/PvP, o qual posteriormente permitiu sua atividade catalítica ser testada e confirmada através da técnica de detecção de glucose, em que a glucose é submetida a oxidação a 25°C. É ponderado que esse procedimento possa ser aplicado futuramente para fotocatálise, como também para promover um método de reação catalítica com uso de gás e líquido, que tem sido explorado pelos autores.

O último experimento apresentava mais incerteza sobre a possibilidade de obtenção de resultados, pois como pontuado pelos autores, o MOF não tem boa estabilidade térmica, sendo usualmente utilizado redução de hidrogênio a elevadas

temperaturas. Entretanto, a técnica através do glow discharge foi capaz de obter nanopartículas de prata, que em média apresentaram as dimensões de 10-15 nm, assim como, um plano cristalográfico (111) que foi identificado na prata. Para a melhor dispersão do catalisador nas cavidades do MOF, como apresentado no processo, foi utilizado um solvente orgânico que não manifeste malefícios ao meio ambiente.

Apesar de ser um método promissor, os mecanismos e interações entre plasma e catalisadores ainda necessita de mais estudos para sua melhor aplicação, dado as características e a complexidade física do plasma, tal como citado pelos autores, há dificuldade em medir a densidade e energia de uma espécie ativada de plasma, de modo que os procedimentos ainda se limitam às práticas de glow discharge e DBD, que apresentam limitações em seu tamanho de operação, restringindo a aplicação para produção de alguns catalisadores.

## Conclusões

Os autores, respeitando os 12 princípios visados pela Química Verde, propuseram analisar e testar as possibilidades de meios alternativos para produção de catalisadores, por apresentarem demasiada importância nas atividades industriais. Procedimentos esses que compreendem grande consumo de energia e matéria prima não renovável, assim como também podem apresentar malefícios para o meio ambiente.

Em enfoque ao uso de plasma frio, através de duas técnicas: *Glow Discharge* e *Dielectric barrier discharge* (DBD) os autores observaram que características ideais como tamanho, estrutura, interface e afinidade, podiam ser obtidas para um catalisador, assim como também reduziria a necessidade de elevadas temperaturas e componentes auxiliares usualmente utilizados. Para a investigação da hipótese, foram utilizados 3 métodos de obtenção de catalisadores, uma base de peptídeos, catalisadores com capacidade de flutuação em líquidos, e catalisadores em bases de estrutura metalorgânica (MOF) os quais ilustraram o futuro potencial desse material, mas que ainda depende de mais pesquisas para seu aperfeiçoamento.

## Contribuições por Autor

A resenha sobre o artigo em referência e a inclusão de detalhes obtidos por artigos auxiliares são de Paulo Resende Neto.

## Conflito de interesse

Não há conflito de interesses.

## Agradecimentos

À Universidade de Brasília, ao Instituto de Química, e ao grupo PET-Química/IQ/UnB, à Secretaria de Educação Superior do Ministério da Educação (SeSU/MEC) e ao Decanato de Ensino de Graduação (DEG/UnB) pelo apoio ao Programa de Educação Tutorial pela bolsa concedida. Ao Instituto de Química (IQ/UnB) e à Universidade de Brasília pelo suporte e espaço fornecidos.

## Notas e referências

- 1 C. Liu, M. Li, J. Wang, X. Zhou, Q. Guo, J. Yan and Y. Li, Plasma methods for preparing green catalysts: Current status and perspective, *Chinese Journal of Catalysis*, 2016, **37**, 340–348.
- 2 L. Di, J. Zhang, X. Zhang, H. Wang, H. Li, Y. Li and D. Bu, Cold plasma treatment of catalytic materials: a review, *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 2021, **54**, 333001.
- 3 A. Elfimov, I. Caldas, I. Nascimento, J. Severo, R. Galvão, R. Silva and Z. Filho, Física de plasma, <https://portal.if.usp.br/pesquisa/pt-br/node/936#:~:text=O%20plasma%2C%20componente%20fundamental%20do,polar%20e%20em%20arcos%20el%C3%A9tricos>, (accessed 28 August 2023).
- 4 B. P. Chan and K. W. Leong, Scaffolding in tissue engineering: general approaches and tissue-specific considerations, *Eur Spine J*, 2008, **17**, 467–479.
- 5 G. OSENGA, How does dielectric barrier discharge help manufacturers?, <https://www.thierry-corp.com/plasma-treatment-articles/how-does-dielectric-barrier-discharge-help-manufacturers>, (accessed 28 August 2023).