

OBTENÇÃO DE PBS-GEL COMO SOLUÇÃO APLICAÇÃO EM SENSORES ELETROQUÍMICOS

ADRIELI U. OLIVEIRA¹; LUCAS M. GONÇALVES²; BRUNO V. LOPES³;
RAPHAEL C. BALBONI⁴; GUILHERME K. MARON⁵; NEFTALÍ L.V CARRENO⁶

¹ Universidade Federal de Pelotas – oliveiraadrielle067@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – lucasmingon@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas – lopesbruno13@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Pelotas – raphael.balboni@gmail.com

⁵ Universidade Federal de Pelotas – g_maron@hotmail.com

⁶ Universidade Federal de Pelotas – neftali@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Solução eletrolítica é uma solução salina, como a solução aquosa de NaCl, capaz de conduzir eletricidade, pois contém íons livres (ENDERBY, 1981). São soluções que podem ser aplicadas em baterias, pilhas, processos de eletrólise e em dispositivos sensores (ZHANG, 2022) e (ZHANG, 2020). Existem diferentes soluções eletrolíticas, como por exemplo, H₂SO₄, NaOH, KCl, Et₄NOH, HClO₄ e PBS (LIMA, 2020).

O PBS (solução tampão fosfato) é amplamente utilizado em sensores eletroquímicos por suas diversas funções essenciais. Mantém o pH estável, proporciona um ambiente isotônico e atua como suporte eletrolítico. Além disso, o PBS ajuda a prevenir interferências e é eficaz como tampão de lavagem. Sua aplicação é comum em biossensores, sensores de pH e outros tipos de sensores eletroquímicos, garantindo precisão e confiabilidade nas medições (BARHOUM, 2023). O PBS é um eletrólito suporte, sendo uma solução fundamental, com ampla variedade de aplicações laboratoriais (AGOSTINHO, 2004).

O gel é uma substância semissólida que consegue absorver e reter grandes quantidades de líquido. Essa característica o torna muito útil para várias aplicações, especialmente em pesquisas e desenvolvimento de novas tecnologias (PAWAR, 2024). Podem ser utilizados em aplicações como de geis condutores na fabricação de dispositivos eletrônicos flexíveis e sensores, devido às suas propriedades elásticas e condutivas (CHAKRABORTY, 2019).

Os sensores eletroquímicos são dispositivos amplamente utilizados em diversas áreas, que utilizam reações eletroquímicas para detectar a presença ou concentração de analitos em uma amostra (WEESE, 2019). Os sensores são capazes de fornecer informações de maneira eficiente e confiável com análises rápidas, tornando-os ferramentas essenciais em muitas áreas de pesquisas e aplicações (PARK, 2020).

O presente trabalho consiste em desenvolver a solução PBS gel, comparando a funcionalidade do PBS líquido com a solução em estado de gel e analisar a detecção de dopamina (DA) e par redox [Fe(CN)₆]³⁻⁴, visando a sua aplicação em superfícies sólidas, como pele humana, superfície de alimentos e outros.

2. METODOLOGIA

Foi produzida uma solução de PBS, utilizando fosfato de sódio monobásico (Dinâmica) e fosfato de sódio dibásico (Dinâmica) ($\text{NaH}_2\text{PO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$, Na_2HPO_4). Posteriormente, foi fabricada a solução de PBS-Gel (ARHAM, 2016) adaptado, a partir da solução de PBS. Foi utilizado um bquer para misturar uma parte de solução PBS com glicerol (Dinâmica). Na sequência, adicionou-se ágar (Sigma-Aldrich) na solução PBS glicerol. Então, misturou-se até dissolver o ágar. No processo de solidificação da solução do gel, foi colocado em estufa para secar a 50 °C por cerca de 30 min e resfriou-se o gel em temperatura ambiente, obtendo-se assim o PBS em estado de gel (PBS-Gel) com concentração de 0,1 M.

Durante a fabricação dos sensores, foram criados chips com três eletrodos, denominados eletrodo de referência, eletrodo de trabalho e contra eletrodo. A configuração do formato dos eletrodos foi feita usando o programa Inkscape, especializado em trabalhar com imagens vetoriais. Para a produção dos eletrodos do chip, utilizou-se um filme polimérico de poliimida (conhecido comercialmente como fita Kapton®), fixado em uma placa de polietileno (PE). Este é então gravado diretamente a laser (LDW) (LIN, 2014) utilizando uma máquina de gravação a laser de CO2 da Visutec, modelo Router VS3020P. A máquina aquece a fita a temperaturas elevadas (>2500 °C), a uma velocidade de 100 mm por segundo e com uma potência equivalente a 9% da potência do laser de 40 W (utilizado 3,6 W). A fita é aquecida, moldando todo o sensor e produzindo o LIG.

Após a obtenção do PBS em estado de gel, foi aplicado em sensores eletroquímicos em formato de chip para análises de eficiência utilizando a técnica de voltametria cíclica (VC) para verificação da capacidade do gel de manter suas propriedades de manter compatibilidade e de condutividade. Todas as análises de VC utilizaram parâmetros de -0,4 V até 0,8 V com taxa de varredura de 0,05 s e 200 µL de PBS-Gel.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das análises de VC foi possível observar que a solução de PBS em primeiro momento atuou com o princípio de agir como solução eletrolítica pura, Figura 1, ao analisar a solução com os analitos dopamina e par redox $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-4}$, os resultados comparativos entre o PBS-Líquido e PBS-Gel devem ser considerados, pois apresentaram comportamento elétrico semelhante e com correntes resultantes semelhantes na faixa de µA, os resultados indicaram que a qualidade da solução PBS-Gel é equivalente à solução padrão de PBS-Líquido.

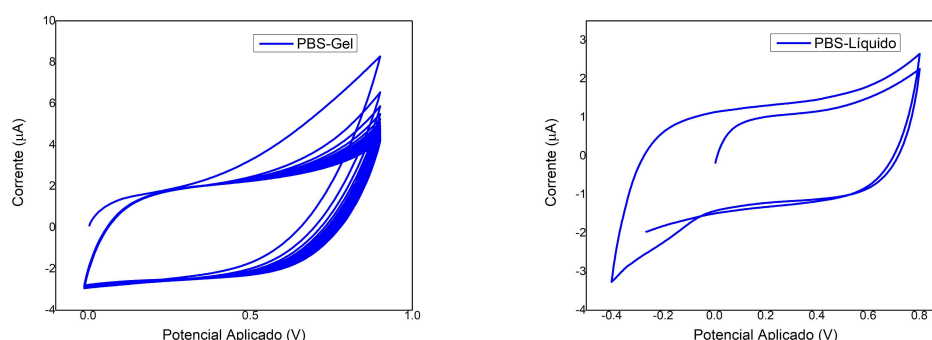


Figura 1. Voltametria cíclica do PBS-Gel 0,1 M e PBS-Líquido 0,1 M.

Na sequência, foi aplicada a análise comparativa dos resultados com analitos de 0,1 M DA e 0,1 M de par redox $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-4}$, onde foi possível observar a capacidade da solução PBS-Gel em gerar picos de oxidação e redução com relação a detecção de analitos específicos como observado na Figura 2 demonstrando que a mudança de estado físico não afetou sua versatilidade de detecção.

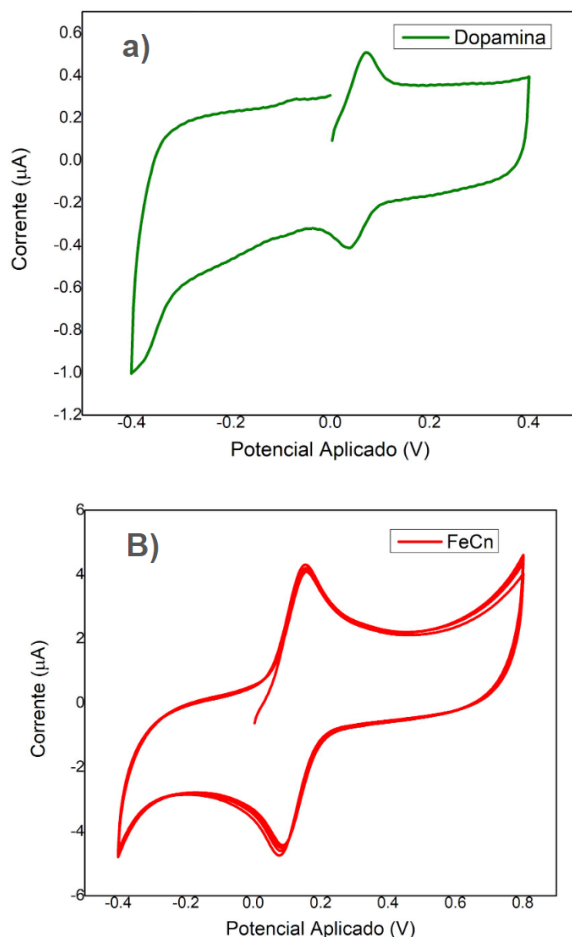


Figura 2. a) Voltametria cíclica do PBS-Gel com 0,1 M de dopamina. **b)** PBS-Gel com 0,1 M de sonda $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-4}$.

Desse modo, foi comprovada a eficácia da solução PBS-Gel, como alternativa para solução líquida, onde, dependendo da aplicação, pode vir a se tornar uma vantagem, pois sua viscosidade permite que fique acoplado ao sensor independentemente da posição, resultando em adaptabilidade de posições e ambientes como demonstrado na Figura 3.

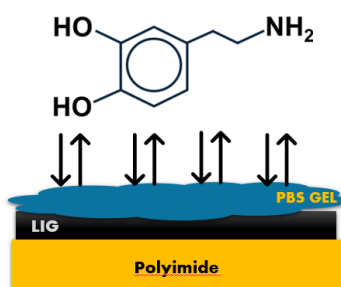


Figura 3. Demonstração do processo de interação sensor, eletrólito, analito.

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho, foi estudada a alternativa de uma solução eletrolítica (PBS) em estado de gel, para aplicações, na área de sensores eletroquímicos e na detecção de analitos como a dopamina e a sonda $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-4}$. Por fim, o estudo se mostrou promissor com sua eficácia comprovada, sendo ainda necessário mais estudos para avaliar quais seus limites de detecção e outras aplicações que podem envolver o PBS-Gel.

Futuramente, pretende-se aplicar a solução PBS-Gel em outros analitos, em amostras sólidas, como em frutas para detecção de contaminantes e agrotóxicos e sensores flexíveis que poderão se adequar a estrutura da amostra e a estrutura em gel permite que o sensor se adeque a cada superfície sem perder contato com a área superficial.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, S., et al., **The Supporting Electrolyte and its multiple functions on electrode processes**, new chemistry, v.5, 2004.

ARHAM, R., et al., **Physical and mechanical properties of agar based edible film with glycerol plasticizer**, international food research journal, v.23, p. 1669 - 1675, 2016.

BARBHOUM, A., et al., **Modern designs of electrochemical sensor platforms for environmental analyses: principles, nanofabrication opportunities, and challenges**, trends in Environmental Analytical Chemistry, v.38, 2023.

CHAKRABORTY, P., et al., **Conducting gels: A chronicle of technological advances**, Progress in Polymer Science, v.88, pg. 189-219, 2019.

ENDERBY, J., NEILSON, G., **The structure of electrolyte solutions**, Reports on Progress in Physics, v.44, pg. 595-651, 1981.

LIMA, A., **Estudos de eletroquímica reações químicas e energia**. São Paulo: Intersaberes, 2020.

LIN, J., et al. **Laser-induced porous graphene films from commercial polymers**. Nature Communications, [S.I.], v. 5, p. 1-8, 2014.

PAWAR, V., et al., **Oleogels: Versatile Novel Semi-Solid System Pharmaceuticals**, AAPS PharmSciTech, v. 25, pg. 1 - 21, 2024.

PARK, J., et al., **Recent Advances in Information and Communications Technology (ICT) and Sensor Technology for Monitoring Water Quality**, Water, vol.12, p. 1 - 24, 2020.

WEESE, M., et al., **Defect Sites Modulate Fouling Resistance on Carbon-Nanotube Fiber Electrodes**, ACS sensors, n. 4, p.1001 - 1007, 2019.

ZHANG, J., et al., **Towards predictive design of electrolyte solutions by accelerating ab initio simulation with neural networks**, Journal of Materials Chemistry A, v.37, 2022.

ZHANG, W., et al., **Experimental and Modeling of Conductivity for Eletrolyte Solution Systems**, ACS omega, n. 5, p. 22465 - 22474, 2020.