

PRODUÇÃO DE MANTAS ELETROFIADAS PARA DETECÇÃO DE ÁCIDO LÁCTICO

Ana Maria Henning Codeço, Marcio Briesemeister, Sérgio Pezzin

INTRODUÇÃO

O ácido láctico, denominado lactato em sua forma protonada, é produzido no organismo humano a primordialmente partir do piruvato durante a prática de exercícios físicos intensos. O acúmulo desse ácido pode ocorrer em decorrência de condições clínicas, como diabetes, sepse ou doenças cardiovasculares. Esse excesso está associado a diferentes complicações médicas, incluindo dores e fadiga muscular, redução do desempenho físico, estresse cardiovascular e até falência de órgãos. Em contextos clínicos e esportivos, o monitoramento da concentração de lactato é fundamental para avaliar o risco dessas complicações e orientar estratégias de intervenção.

A eletrofição é uma técnica utilizada para produzir membranas porosas constituídas por fibras em escala nanométrica. Membranas poliméricas obtidas por esse método têm sido aplicadas em diversas áreas da saúde, destacando-se pelo potencial de atuar como sensores para detectar substâncias eliminadas pelo organismo, seja de exsudatos durante o processo de cicatrização da pele ou pela transpiração, como é o caso do ácido láctico.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de membranas eletrofiadas compósitas de poli(cloreto de vinila), bem como de suas variantes compósitas com nanotubos de carbono ou polianilina, para detecção de ácido láctico livre em fluídos corporais simulados, por meio de análises de impedância elétrica. O estudo é uma parceria entre a DBM Eletrotech com a Universidade do Estado de Santa Catarina.

DESENVOLVIMENTO

Inicialmente foi realizada uma revisão da literatura sobre técnicas de imobilização enzimática, bem como ensaios aplicáveis para a determinação da concentração e da atividade enzimática.

A confecção das diferentes membranas envolveu o preparo das soluções de PVC/PANI/CNT para sua eletrofição, buscando a obtenção de estruturas uniformes pelo controle de parâmetros como tensão aplicada, distância entre os eletrodos e vazão da solução, que eram pré-definidos, mas podiam ser alterados conforme necessidade.

Para a determinação da concentração enzimática, utilizou-se o teste de Bradford, assegurando a concentração efetiva na amostra. O processo de imobilização enzimática foi realizado em cinco membranas do mesmo material, inicialmente preparadas em PVC/PANI 15 mM, sendo posteriormente replicado para membranas de PVC/MWCNT 5% e PVC/PANI 150 mM. A imobilização foi conduzida por gotejamento de glutaraldeído a 2,5% em solução tampão fosfato (pH 7) sobre as membranas, atuando como agente de ligação entre a proteína e os grupos funcionais CNTs/PANI. Em seguida, as membranas foram lavadas com o mesmo tampão, secas e, posteriormente, receberam a aplicação de 100 µL de LOx 5 U/mL (Lactate Oxidase from *Aerococcus viridans*) diluída em tampão fosfato e água Milli-Q, sendo mantidas sob resfriamento para favorecer a fixação da enzima.

Na etapa de ensaios, as membranas imobilizadas foram expostas a soluções de suor contendo diferentes concentrações de ácido láctico, variando de 0 a 100 mM. As respostas elétricas obtidas foram registradas por meio de um analisador de espectroscopia de impedância de 5 MHz, permitindo avaliar a sensibilidade das membranas frente às diferentes concentrações

de lactato. Cada ciclo de imobilização e ensaio para os diferentes grupos de membranas foi realizado em intervalos de uma semana.

RESULTADOS

O processo de imobilização enzimática, envolvendo a adição de glutaraldeído e subsequente lavagem, modificou de forma significativa as propriedades físico-químicas das membranas, sobretudo em relação à hidrofobicidade. Observou-se, de início, que os materiais parcialmente hidrofóbicos se tornaram altamente hidrofílicos após o tratamento.

As análises de impedância realizadas nos três grupos de membranas revelaram comportamentos distintos. Para as membranas de PVC/PANI 15 mM, verificou-se uma tendência clara de redução da resistência de transferência de carga (RCT) em função do aumento da concentração de ácido láctico (Figura 1). Esse resultado indica uma maior facilitação da transferência eletrônica, atribuída à geração de elétrons na reação catalisada pela enzima, sugerindo o potencial dessas membranas como biossensores eficazes. Entretanto, não foi possível identificar a mesma tendência nos grupos de PVC/MWCNT 5% e PVC/PANI 150 mM.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora ainda sejam necessários ensaios adicionais para assegurar a reprodutibilidade dos resultados e validar sua aplicação em contextos reais, os resultados preliminares indicam o potencial promissor das membranas desenvolvidas como um novo biossensor de lactato. Entre as próximas etapas, incluem-se testes em UV para quantificação da concentração e da atividade enzimática imobilizada, além de calorimetria diferencial de varredura, que possibilitarão a investigação da estabilidade térmica e das transições físicas do material. A medição do ângulo de contato permitirá caracterizar de forma mais precisa a hidrofobicidade da superfície.

Palavras-chave: membrana compósita, biossensor, ácido láctico, eletrofiação.

ILUSTRAÇÕES

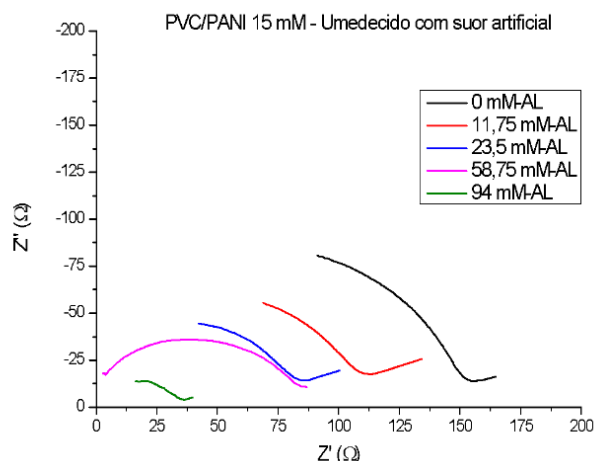


Figura 1. Diagrama de Nyquist de membranas compósitas PVC/PANI-15 mM após 6 minutos de leitura reagindo com diferentes concentrações de ácido láctico

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HE, Qingrong et al. An engineered lactate oxidase based electrochemical sensor for continuous detection of biomarker lactic acid in human sweat and serum. **Heliyon**, v. 10, n. 14, 2024.

Sakamoto, H.; Fujiwara, I.; Takamura, E.; Suye, S. Nanofiber-Guided Orientation of Electrospun Carbon Nanotubes and Fabrication of Aligned CNT Electrodes for Biodevice Applications. **Mater. Chem. Phys.** 2020, 245, 122745.

Wang, N.; Wang, B.; Wang, W.; Yang, H.; Wan, Y.; Zhang, Y.; Guan, L.; Yao, Y.; Teng, X.; Meng, C. Structural Design of Electrospun Nanofibers for Electrochemical Energy Storage and Conversion. **J. Alloys Compd.** 2023, 935, 167920.

Han, W.-H.; Wang, M.-Q.; Yuan, J.-X.; Hao, C.-C.; Li, C.-J.; Long, Y.-Z.; Ramakrishna, S. Electrospun Aligned Nanofibers: A Review. **Arab. J. Chem.** 2022, 15, 104193.

Al Naim, A.F.; AlFannakh, H.; Arafat, S.; Ibrahim, S.S. Characterization of PVC/MWCNTs Nanocomposite: Solvent Blend. **Sci. Eng. Compos. Mater.** 2020, 27, 55–64.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: Ana Maria Henning Codeço

MODALIDADE DE BOLSA: VOLUNTÁRIO (IC)

VIGÊNCIA: 01/09/2024 a 31/08/2025– Total: 12 meses

ORIENTADOR(A): Sérgio Pezzin

CENTRO DE ENSINO: CCT

DEPARTAMENTO: Departamento de Química CCT

ÁREAS DE CONHECIMENTO: Engenharia de Materiais / Metalúrgica / Materiais Não-Metálicos

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: Modificação Química de Celulose Nanocristalina para o Carregamento de Fármacos em Curativos para Queimaduras produzidos por Eletrofiação

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: NPP4212-2023