

Desenvolvimento de um potenciostato de baixo custo para ser empregado em aulas experimentais de Eletroquímica

Development of a low cost potentiostat to be used in experimental classes of Electrochemistry

DOI:10.34117/bjdv6n12-480

Recebimento dos originais: 23/11/2020

Aceitação para publicação: 19/12/2020

Douglas Pereira da Silva

Estudante em Engenharia Mecatrônica
Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC, Câmpus Criciúma
Endereço: Rodovia SC 443, nº 845. Bairro Vila Rica - Criciúma, SC
E-mail: douglas.ps06@aluno.ifsc.edu.br

Gabriel L. dos Santos

Técnico em Mecatrônica
Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC, Câmpus Criciúma
Endereço: Rua Desembargador Pedro Silva, 1150, Bairro Michel, Edifício Horizon, Apt. 104.
E-mail: gabrielloreto2162@hotmail.com

Gabriel G. L. Fenili

Técnico em Mecatrônica
Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC, Câmpus Criciúma
Endereço: Rodovia SC 443, nº 845. Bairro Vila Rica - Criciúma, SC

João V. de Oliveira

Estudante de Engenharia Mecânica
Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Criciúma
E-mail: Rua Maria Kowalski Luciano, nº 326, Bairro Bela Vista - Lauro Muller, SC
E-mail: witinholm@hotmail.com

Paulo Sérgio da Silva

Doutor em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina
Professor de Química no Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC, Câmpus Criciúma
Endereço: Rodovia SC 443, nº 845. Bairro Vila Rica - Criciúma, SC
E-mail: paulo.silva@ifsc.edu.br

Vilmar Cláudio de Carlos

Especialista em Formação Pedagógica para a Docência na Educação Profissional e Tecnológica –
Instituto Federal de Santa Catarina
Professor do Instituto Federal Catarinense – IFC, Câmpus São Bento do Sul
Endereço: Rua Valdemiro Pizzetti, 172 Bairro Presidente Vargas – Içara/SC
E-mail: vilmar.carlos@ifc.edu.br

RESUMO

As atividades experimentais são apontadas como uma importante ferramenta para auxiliar na construção do conhecimento científico durante a formação discente. No entanto, muitas vezes, por falta de reagentes e equipamentos adequados, tais atividades são pouco exploradas nas escolas. Diante disso, este artigo relata a produção de um potenciostato de baixo custo realizada por alunos do curso Técnico Integrado em Mecatrônica do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC – Câmpus Criciúma). O potenciostato é um dispositivo que pode ser utilizado na determinação qualitativa e quantitativa de diferentes espécies químicas através da aplicação de potencial/corrente. Medidas de voltametria cíclica foram realizadas para testar o desempenho do protótipo desenvolvido. Os resultados obtidos apontaram que o potenciostato proposto pode ser satisfatoriamente utilizado em aulas experimentais de Eletroquímica. O custo final do protótipo foi de aproximadamente 230,00 reais, valor muito abaixo de um equipamento comercializado.

Palavras-chave: Ensino de Química, Eletroquímica, Potenciostato, Baixo Custo.

ABSTRACT

Experimental activities are pointed out as an important tool to assist in the construction of scientific knowledge during student education. However, often for lack of adequate reagents and equipment, such activities are little explored in schools. In view of this, this article reports the production of a low-cost potentiostat carried out by students of the Integrated Mechatronics Technical course of the Federal Institute of Santa Catarina (IFSC - Câmpus Criciúma). The potentiostat is a device that can be used in the qualitative and quantitative determination of different chemical species through the application of potential/current. Cyclic voltammetry measurements were performed to test the performance of the developed prototype. The results obtained indicated that the proposed potentiostat can be satisfactorily used in experimental classes of Electrochemistry. The final cost of the prototype was approximately R\$ 230.00, a value much lower than a commercialized equipment.

Keywords: Teaching Chemistry, Electrochemistry, Potentiostat, Low Cost.

1 INTRODUÇÃO

A Química pode ser definida como a ciência que estuda a matéria e suas transformações. Segundo Chassot (1995), ela pode ser considerada como uma linguagem capaz de facilitar a leitura do mundo. Dessa forma, a compreensão de seus conceitos é fundamental para formação de cidadãos críticos e conscientes. Porém, o desinteresse dos alunos da Educação Básica para esta ciência tem dificultado seu processo de ensino-aprendizagem (SOARES; GONÇALVES, 2019). Uma das principais razões para essa ocorrência, deve-se a metodologias de ensino baseada na memorização de conceitos, regras de nomenclatura e aplicação de fórmulas (LISBÔA, 2015). Muitos trabalhos encontrados na literatura apontam o tema “Eletroquímica” como um dos tópicos de maior dificuldade a respeito do processo de ensino-aprendizagem em Química (FRAGAL et al., 2011).

A Eletroquímica estuda reações químicas que envolvem corrente elétrica e potencial, e seu entendimento tem contribuído de forma efetiva para os grandes avanços do mundo contemporâneo.

Entre alguns destaques estão a produção de baterias, células solares, células combustíveis, a produção dos gases cloro e hidrogênio, a obtenção de vários metais como alumínio, cobre, prata, zinco, entre outros (ZANONI et al., 2017). Diante disso, pode-se dizer que a Eletroquímica desempenha um papel importante no desenvolvimento da ciência, com reflexos no crescimento econômico e melhorias sociais, sendo essencial para construção do conhecimento científico dos alunos.

Diferentes metodologias e recursos didáticos vem sendo desenvolvidos ao longo dos anos para tornar o ensino de Química mais atrativo e efetivo, destacando-se as atividades experimentais (SILVA; FERRI, 2020). Entretanto, devido uma série de fatores como falta de espaço adequado, de materiais de laboratório e de reagentes, as aulas experimentais ainda são pouco exploradas. Outro fator que limita a realização de aulas experimentais de Eletroquímica é a falta de equipamentos, que nem sempre têm valores acessíveis. Atualmente, um potenciostato, por exemplo, não pode ser encontrado no mercado por menos de 10 mil reais. Este equipamento é um dispositivo eletrônico capaz de aplicar uma diferença de potencial em uma célula eletroquímica (entre eletrodo de trabalho e eletrodo de referência) e ao mesmo tempo monitorar a passagem de corrente elétrica (entre eletrodo de trabalho e um contra eletrodo), permitindo assim, a ocorrência de reações de oxirredução não espontâneas (COMPTON, LABORDA, WARD, 2014). Para isso são utilizados principalmente métodos voltamétricos, nos quais a espécie de interesse sofre um processo redox sobre a superfície de um eletrodo. Durante este processo é gerado um sinal analítico que está relacionado diretamente com a sua concentração do analito (PACHECO et al., 2013). Dessa forma, o potenciostato pode ser utilizado para monitorar espécies químicas como metais pesados, fármacos, pesticidas, entre outras, através da aplicação de potencial/corrente.

No Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC – câmpus Criciúma) é ofertado o curso Técnico Integrado em Mecatrônica, cuja formação é multidisciplinar e envolve várias áreas do conhecimento como mecânica, eletrônica, informática industrial, além das disciplinas comuns ao ensino médio. O curso tem a duração de três anos, e entre as unidades curriculares do mesmo está a Prática Profissional, na qual os alunos devem desenvolver um projeto envolvendo ensino, pesquisa e extensão como parte do trabalho de conclusão de curso (TCC). Diante disso, uma equipe de alunos do último ano propôs o desenvolvimento de um potenciostato de baixo custo a partir do Arduino Uno® para ser utilizado em aulas experimentais em diferentes níveis de ensino. Este trabalho relata a construção da placa de circuito integrado (PCI) e os ensaios eletroquímicos realizados para testar o desempenho do equipamento.

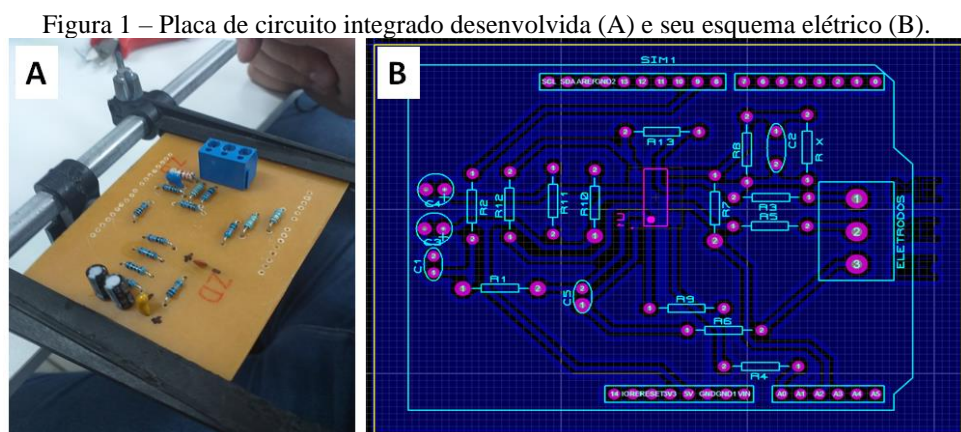
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A PCI para a fabricação do potenciostato de baixo custo foi desenvolvida de acordo a partir de adaptações de procedimentos descritos na literatura (AREVALO-RAMIREZ *et al.*, 2017; DRYDEN; WHEELER, 2015; LI *et al.*, 2018). Para isso foi utilizado um amplificador operacional (LMC6484), além de um módulo Arduino como base de comunicação entre a PCI e o software LabVIEW© instalado no computador, para aquisição de dados. O circuito contou com uma faixa de potencial de $\pm 2,5V$ e faixa de corrente de $\sim 500 \mu A$ (resolução de $\sim 0,5 \mu A$). O esquema elétrico da PCI foi projetado usando o software Proteus – ARES. Para conexão com os eletrodos foram utilizados cabos coaxiais com malha trançada. Para proteger a PCI foi desenvolvida uma caixa feita com filamento de acrilonitrila butadieno estireno (ABS) e seu interior foi revestido com fita de cobre. A caixa foi impressa utilizando impressora 3D GTMAX3D Core H4. A comunicação do equipamento com o software foi realizada por meio de comunicação serial através de portas USB.

Para testar o desempenho do potenciostato proposto foram realizadas medidas de voltametria cíclica (VC). Para isso foi utilizada uma célula eletroquímica clássica contendo três eletrodos: contra eletrodo de platina, eletrodo de referência de Ag/AgCl e um eletrodo de trabalho de pasta de carbono (EPC). Como resposta eletroanalítica foi avaliado o perfil voltamétrico do par redox $[Fe(CN)_6]^{3-/4-}$ em solução de $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ de cloreto de potássio contendo hexacianoferrato(III) de potássio.

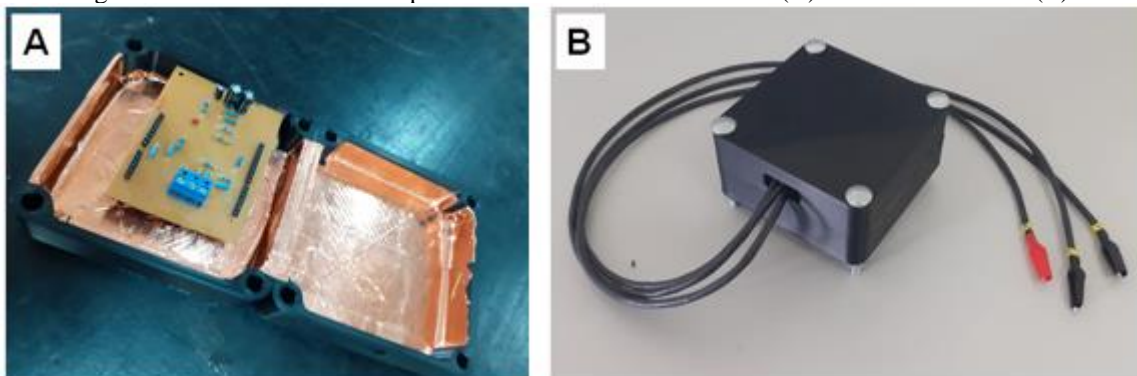
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para confecção da PCI foram testados vários amplificadores operacionais no circuito eletrônico, no entanto, o modelo LMC6484 apresentou o resultado mais satisfatório. Também foram usados resistores e capacitores de precisão. As Figuras 1A e 1B apresentam a PCI e seu esquema elétrico.



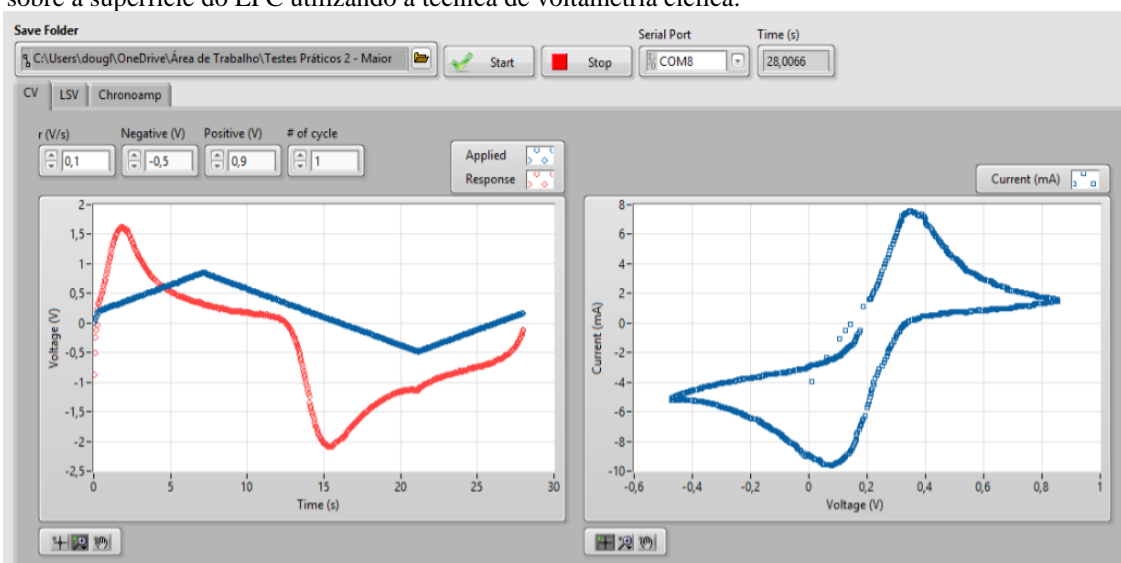
Para evitar que houvesse interferências eletromagnéticas externas durante as medidas eletroquímicas, a PCI foi isolada em uma caixa de ABS com revestimento interno de fita de cobre. As Figuras 2A e 2B mostram o arranjo na PCI dentro da caixa e o protótipo do potenciostato finalizado.

Figura 2 – Interior da Caixa do potenciostato revestida com cobre (A) e a sua versão final (B).



Para verificar o desempenho da placa foi realizada uma medida de VC em uma faixa de potencial de $-0,45\text{ V}$ até $+0,85\text{ V}$ com uma velocidade de varredura de $100\text{ mV}\cdot\text{s}^{-1}$. A Figura 3 apresenta os gráficos obtidos utilizando o software LabVIEW®.

Figura 3 – Gráficos obtidos a partir do software LabVIEW® para resposta do par redox $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4-}$ $5,0 \times 10^{-2}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ sobre a superfície do EPC utilizando a técnica de voltametria cíclica.

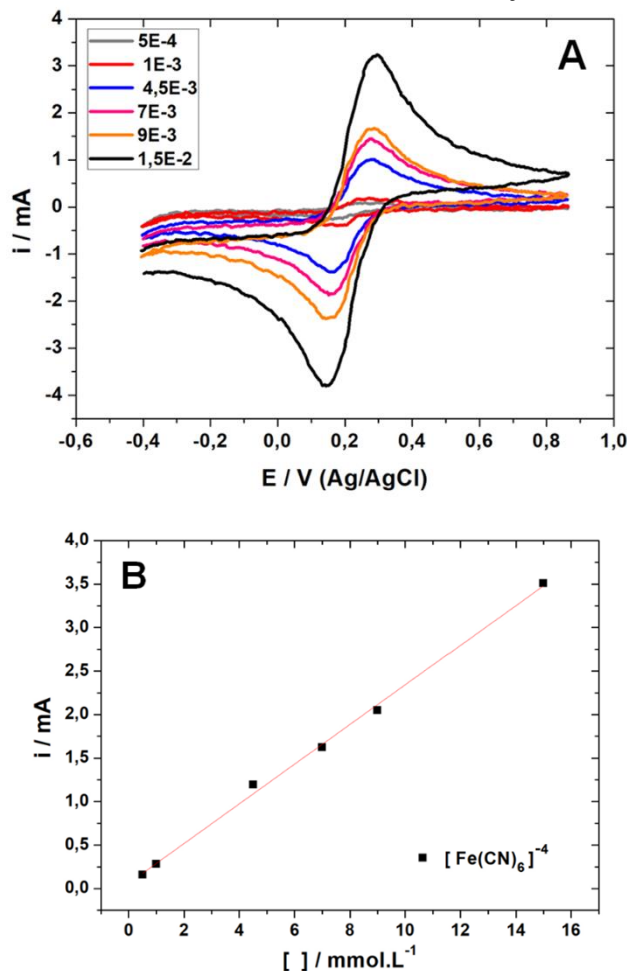


Na janela esquerda estão mostradas as respostas de corrente versus tempo (linha vermelha) e potencial versus tempo (linha azul) e a janela direita apresenta o voltamograma cíclico obtido para o par redox $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4-}$ sobre a superfície do EPC. Percebe-se que o voltamograma mostra um pico de redução em aproximadamente 100 mV e um pico de oxidação em 350 mV. Este comportamento

“quase reversível” é característico para esta espécie química sobre este eletrodo. Um problema apresentado durante a medida foi que o potencial inicial começou em $-0,45$ V; como definido nos parâmetros.

A sensibilidade do protótipo também foi verificada através do levantamento de uma curva de calibração utilizando a mesma espécie química e os parâmetros voltamétricos anteriores. A Figura 4A apresenta os voltamogramas cíclicos obtidos. Pode ser ver claramente que a corrente aumenta proporcionalmente com o aumento da concentração do $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$. A Figura 4B mostra com uma faixa linear entre $5,0 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ e $1,5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ ($R = 0,997$). Dependendo do eletrodo de trabalho utilizado, a técnica de voltametria cíclica é capaz de determinações de espécies químicas na ordem de $10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ (COMPTON, LABORDA, WARD, 2014).

Figura 4. Voltamogramas cíclicos obtidos para o par redox $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4-}$ sobre a superfície do EPC na faixa de concentração de $5,0 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ e $1,5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ (A) e curva de calibração (B).



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta deste trabalho foi desenvolver um potenciostato de baixo custo que pudesse ser utilizado em aulas experimentais de eletroquímica. O custo aproximado para confecção do primeiro protótipo foi de aproximadamente 230,00 reais, valor bem abaixo de um equipamento comercializado. Porém, cabe salientar que o intuito inicial do protótipo foi para fins didáticos, dessa forma, as peças utilizadas visaram a redução de custo e não alta performance. Contudo, as respostas das medidas de voltametria cíclica obtidas para testar o desempenho do equipamento, mostraram-se satisfatórias dentro das condições experimentais analisadas. Outro ponto importante a ser destacado é que todo o projeto foi desenvolvido por alunos do ensino médio técnico que tiveram que se aprofundar em diferentes conceitos científicos, e depois de muita pesquisa teórica e empírica, venceram todos os desafios encontrados com êxito.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFSC Campus Criciúma pelo apoio financeiro (projeto didático pedagógico, edital 09/2019) e as alunas do curso Técnico Integrado em Química Beatriz Pereira Costa, Laís Isoppo Fantinel e Laryssa de Souza de Oliveira e pelo apoio na realização das medidas eletroquímicas.

REFERÊNCIAS

AREVALO-RAMIREZ, T. et al. Low cost potentiostat: Criteria and considerations for its design and construction. Proceedings of the 2016 IEEE ANDESCON, ANDESCON 2016, n. October, 2017.

CHASSOT, A. Para que(m) é útil o Ensino? Alternativas para um Ensino de Química mais Crítico. Canoas, ULBRA, 1995.

COMPTON, R. G.; LABORDA, E.; WARD, K. R. Understanding Voltammetry: simulation of electrodes processes. 1^a Edition. UK: Imperial College Press 2014.

DRYDEN, M. D. M.; WHEELER, A. R. DStat: A versatile, open-source potentiostat for electroanalysis and integration. PLoS ONE, v. 10, n. 10, p. 1–17, 2015.

FRAGAL, V. H. et al. Uma Proposta Alternativa para o Ensino de Eletroquímica sobre a Reatividade de Metais. Química Nova na Escola, v. 33, n. 4, p. 216–222, 2011.

LI, Y. C. et al. An Easily Fabricated Low-Cost Potentiostat Coupled with User-Friendly Software for Introducing Students to Electrochemical Reactions and Electroanalytical Techniques. Journal of Chemical Education, v. 95, n. 9, p. 1658–1661, 2018.

LISBÔA, J. C. F. QNEsc e a Seção Experimentação no Ensino de Química. Química Nova na Escola, v. 37, p. 198–202, 2015.

PACHECO, W. F. et al. Voltametrias : Uma Breve Revisão Sobre os Conceitos Abstract : The present work presents a simple and didactic approach regarding some Voltametrias : Uma Breve Revisão Sobre os Conceitos. Revista Virtual de Química, v. 5, n. 4, p. 516–537, 2013.

SILVA, C. C.; FERRI, K. C. F. Uma sequência didática para o ensino de eletroquímica em cursos técnicos integrados ao ensino médio do IFG. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 5, p. 27641–27655, 2020.

SOARES, E. M.; GONÇALVES, T. A. P. O ensino de química: algumas constatações sobre o conhecimento científico adquirido por alunos ingressantes num curso tecnológico. Brazilian Journal of Development, v. 5, n. 10, p. 17472–17480, 2019.

ZANONI, M. et al. Panorama Da Eletroquímica E Eletroanalítica No Brasil. Química Nova, v. 40, n. 6, p. 663–669, 2017.