



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2020

Montagem de um arranjo experimental didático para o estudo da Espectroscopia de Impedância Eletroquímica

Andreza Nobrega Carvalho¹; Ernando Silva Ferreira²; Edrian Mania³

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail:

nobregandreza@gmail.com

2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail:

ernandofisica@yahoo.com.br

3. Participante do projeto, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail:

emania@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Espectroscopia de impedância eletroquímica; Eletroquímica; Instrumentação.

INTRODUÇÃO

A Espectroscopia de Impedância (EIE) é um método de análise que pode ser usado para caracterização de sistemas eletroquímicos. Esta, por sua vez, teve seu início na Engenharia Elétrica no estudo de caracterização de materiais desde 1970. A EIE baseia-se em colocar a amostra do material estudado entre dois eletrodos, onde será aplicado um estímulo elétrico. Então, suas medidas são realizadas em uma faixa de frequência, para que processos díspares possam ser separados por constantes de tempo [2]. Para isto, como procedimento padrão, utiliza-se uma tensão alternada de tipo senoidal [3]. Sabe-se, no entanto, que seu uso era pouco devido ao fato de ser necessário lidar com um grande volume de informações, utilizando diversas equações manualmente. Portanto, somente com o avanço das ferramentas tecnológicas, esta técnica adquiriu uma maior acessibilidade.

Como supracitado, existe uma série de aparelhos que possibilitam o estudo da impedância, trazendo gráficos quase que de forma instantânea. Contudo, os valores destas ferramentas nem sempre são acessíveis para alguns laboratórios, o que torna necessário trabalhar com estas informações manualmente. Então, visando agilizar esse processo, o plano de trabalho inicialmente propunha a utilização das linguagens Python e Gnu Octave para simular circuitos, representando, então, sistemas físicos. Isto resultaria em um software com fins didático, como um meio mais democrático de estudar o tópico. No entanto, na metade do período de atividade houve uma mudança de bolsista. Por isso, foram propostas mudanças metodológicas, de modo que o trabalho pudesse ser executado no restante do período de atividade, levando-se em conta as habilidades computacionais do atual bolsista. O resultado culminou em uma interface interativa desenvolvida em linguagem Java, na qual o usuário fornece os valores dos elementos do circuito, e o programa gera o gráfico das componentes da impedância em função da frequência.

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

Para o desenvolvimento do trabalho, foram usadas duas formas de estruturação. Estas foram a revisão bibliográfica e o desenvolvimento do software que será discutido a seguir. Após o estudo da base teórica, partiu-se para a arquitetura do programa. A primeira decisão a ser tomada foi a da linguagem de programação. Decidimos, então, pela utilização da linguagem Java, pois esta oferece mais integração com a interface gráfica. Após isso, fora desenvolvido um fluxograma que ilustra as interações a serem feitas no software, e como este deveria funcionar.

Com o esquema de funcionamento, o utilitário então desenvolveu a maneira como seriam feitas as telas. A primeira etapa contém sua logo e algumas informações acerca do desenvolvimento. A segunda etapa possui a entrada para a resistência e capacitância, um botão e um espaço onde é gerado o gráfico.

Após o planejamento, partiu-se para a seleção dos instrumentos capazes de desenvolver o programa. O ambiente de desenvolvimento escolhido foi o *NetBeans*, pois possui alta integração com a interface gráfica. Além disso, foram usadas algumas bibliotecas, como a *JFreeChart*, utilizada para o desenvolvimento dos gráficos. Os demais instrumentos utilizados são todos nativos da linguagem. Um deles foi o *Math*, o qual detém métodos utilizados para tratar operações como exponenciação e o π . Também, para a composição da interface gráfica, operou-se o *framework Swing*. Por fim, o programa foi construído e testado e discutido a seguir.

Nessa pesquisa deu-se ênfase a três tipos de circuito, esses são: circuito C (figura 1), circuito R (figura 2) e circuito RC (figura 3), cujos gráficos das componentes real e imaginária da impedância complexa, $Z^*(\Omega)$, em função de frequência da fonte, $f(\text{Hz})$, deveriam ser plotados[1]. Assim, o programa que foi desenvolvido neste plano de trabalho teve como proposta reproduzir tais gráficos a partir de valores iniciais da resistência, capacitância e faixa de frequência.

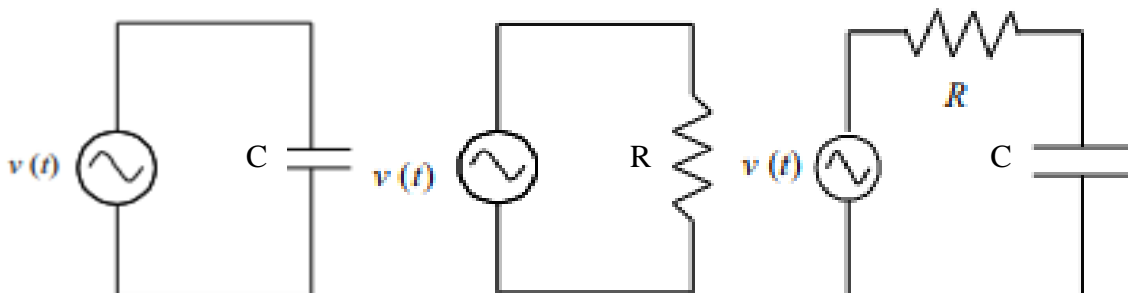


Figura 1: Circuito C.

Figura 2: Circuito R.

Figura 3: Circuito RC.

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)

A partir da realização da revisão bibliográfica, foi possível compreender não somente a importância do programa para o ensino e pesquisa na área, como também foi possível obter os conhecimentos sobre impedância, e como o tema pode ser utilizado em engenharias. Como exemplo dos conhecimentos adquiridos, serão expostos, a seguir, as impedâncias dos três circuitos utilizados nesse trabalho. Logo abaixo, a equação (1) expressa o comportamento elétrico de um conjunto de circuitos em série

compostos de um resistor, com resistência (R); um indutor, com indutância (L) e um capacitor, com capacitância (C):

$$Z^* = R + j\omega L + 1/j\omega C = R + j(\omega L - 1/\omega C) = R + j(X_L - X_C) = Z \exp j\phi, \quad (1)$$

onde Z é o módulo da impedância para o circuito em questão; X_L e X_C são as reatâncias indutivas e capacitivas, respectivamente. Para um circuito puramente resistivo, circuito R, a equação (1) torna-se $Z^* = R$. Assim, $\text{Re}[Z^*] = R$ e $\text{Im}[Z^*] = 0$. Também, para o circuito puramente capacitivo, Circuito C, tem-se $Z^* = -(1/\omega C)j$, sendo $\text{Re}[Z^*] = 0$ e $\text{Im}[Z^*] = -1/\omega C$. Por fim, é estudado o circuito RC, cujo valor da indutância é zero, resultando em $Z^* = R - (1/\omega C)j$. Portanto, as partes real e imaginária de Z^* são $\text{Re}[Z^*] = R$ e $\text{Im}[Z^*] = -1/\omega C$, respectivamente. [4]

Após a revisão bibliográfica, iniciamos o desenvolvimento do código do programa, tendo em mente as ideias iniciais já descritas. O código pode ser dividido em três partes principais: as funções de impedância, os botões, janelas e o gráfico.

No que diz respeito ao trato das informações para o desenvolvimento dos gráficos, o código apresenta duas funções principais, as quais funcionam da seguinte forma: inicialmente, recebem os valores da resistência e capacitância; depois, utilizam os valores de frequência no intervalo de 1 a 100 Hz e, finalmente, calcula a impedância real e imaginária. Nesse mesmo momento, foram feitos alguns testes para verificar se as equações estavam sendo feitas da maneira esperada. Posteriormente, também foram plotados alguns gráficos, os quais foram comparados com dados da literatura[3]. O código desenvolvido está ilustrado à esquerda na figura 4. Como estudamos três circuitos, fizemos três gráficos. Para ilustrar, aqui apresentamos um gráfico gerado pelo o código, que mostra o comportamento das componentes da impedância de um circuito RC em série, cujos valores de entrada foram $R = 500 \Omega$ e $C = 100 \mu\text{F}$, mostrado na figura 4, o qual é semelhante ao gráfico da referência[3].

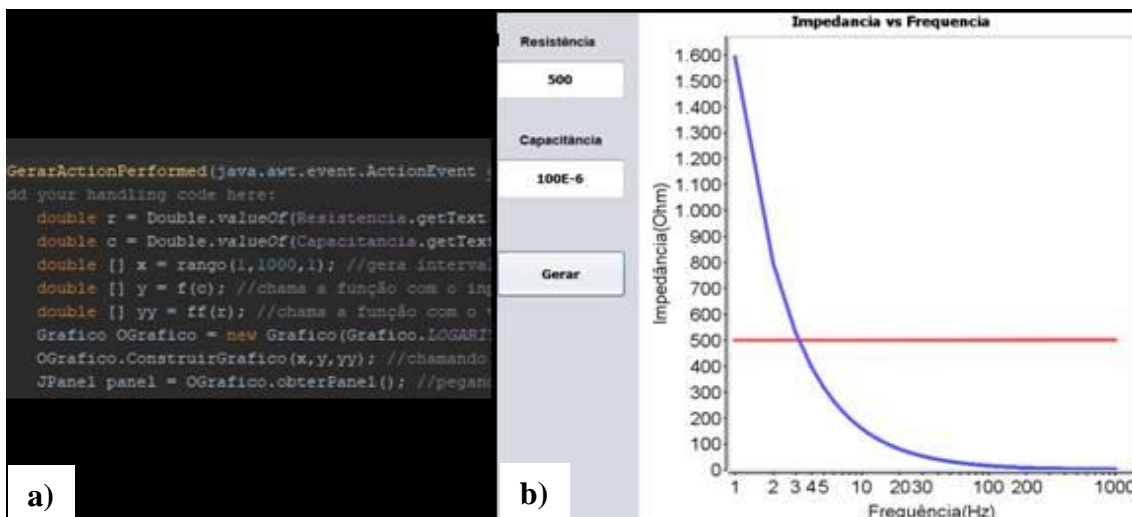


Figura 4: a) Trecho do código do programa responsável por gerar o gráfico. b) Gráfico do circuito RC gerado pelo nosso programa, com valor de entrada $R = 500\Omega$ e $C = 100\mu\text{F}$.

Outros exemplos contidos no artigo da referência [3], que foram utilizados como base, e que podem ser gerados pelo software, são os Circuito R, com $R=1000 \Omega$ e $C = 0$ F, e o Circuito C, com $C = 100 \mu\text{F}$ e $R = 0$; Os gráficos correspondentes à simulação

destes circuitos são ilustrados na figura 5. Estes também são semelhantes ao gráfico de referência[3].

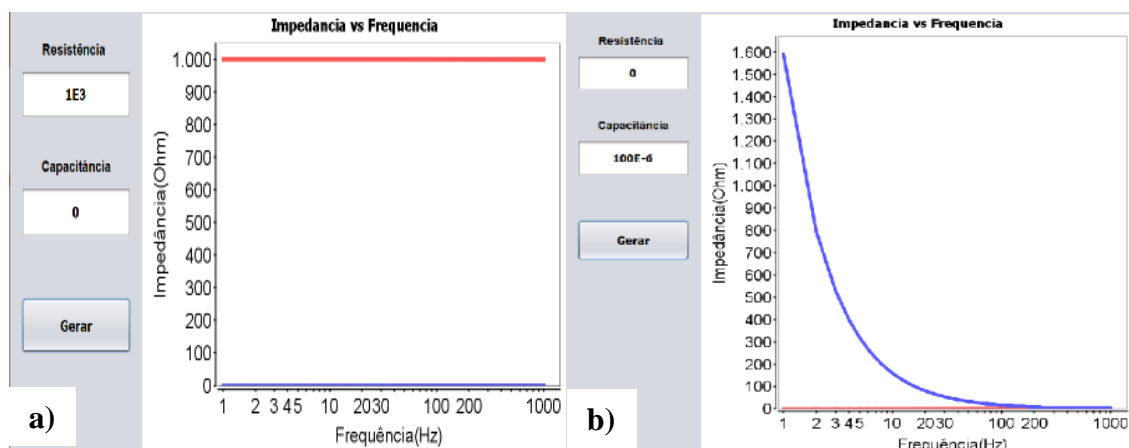


Figura 5: Gráficos gerados pelo nosso programa: a) Circuito R, com valor de entrada $R = 1000 \Omega$ e $C = 0F$; b) Circuito C, com os valores de entrada $R = 0 \Omega$ e $C = 100 \mu F$, semelhantes à referência [3].

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

Esse projeto teve como objetivo geral simular a técnica de Espectroscopia de Impedância Eletroquímica com códigos em Python e GNU OCTAVE, para que, com estes, fosse possível auxiliar na montagem de um arranjo experimental didático. Bem como discutido nas sessões anteriores, houve uma mudança da linguagem de programação de Python para Java, pois possibilitaria um programa mais intuitivo para o usuário. De modo que, também, pôde-se executar com excelência o que fora pedido no plano, uma vez que este consegue gerar gráficos de três tipos de circuitos simples com base na entrada dada pelo assíduo, de forma bem simples, com um programa leve e de fácil manuseio.

Conclui-se, então, que este estudo possa ser um ótimo ponto de partida para quaisquer projetos futuros nesta área, onde podem ser adicionadas outras funções, como por exemplo, a leitura de gráficos já prontos e a identificação de quais tipos de circuitos podem ser, ou até, podem ser inserido outros circuitos mais complexos, tornando a pesquisa ainda mais profunda. Com base no que fora estudado, também seria possível tornar o software capaz de exportar imagens dos gráficos gerados, o que poderia ser bastante útil nos estudos.

REFERÊNCIAS

- [1] ALEXANDER, Charles K. & SADIKU, Matthew N. O. **Fundamentos de Circuitos Elétricos**, 5ª edição; trad. José Lucimar do Nascimento. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2013.
- [2] BATISTA, Kenia Barros. Caracterização de superfícies de aços galvanizados utilizando a técnica de espectroscopia de impedância eletroquímica. 2013.
- [3] Chinaglia, D. L., et al. "Impedance spectroscopy used in a teaching lab." Revista Brasileira de Ensino de Física 30.4 (2008): 4504-1.
- [4] SANTOS, A. R. D; LINARDI, Marcelo. "Análise por Impedância eletroquímica "On-line" de conjuntos eletrodo/membrana (MEA) de células a combustível a membrana polimérica (PEMFC)". Autarquia associada à universidade de São Paulo, São Paulo:(2007): 1-147.