



## IDENTIFICAÇÃO DE SISTEMAS DINÂMICOS DE PRIMEIRA E SEGUNDA ORDEM, PALESTRA MOTIVACIONAL PARA DISCIPLINAS DA ÁREA DE CONTROLE

**Jean Chaves Batista** – jeancbatista8@gmail.com<sup>1</sup>

**Kelly Lima Damasceno Brasil** – kellycat\_brasil@hotmail.com<sup>1</sup>

**Rafael Prado Guilherme dos Santos** – rafael\_prado22@hotmail.com<sup>1</sup>

**Thiago Henrique Ferreira Nascimento** – Thiago\_hfn@hotmail.com<sup>1</sup>

**Sarah Matos Trindade Amorás** – Sarah\_amoras@hotmail.com<sup>1</sup>

**Isaias Jean Martins Barros** – isaiasjean1992@hotmail.com<sup>1</sup>

**Armando Tadao Gomes Nakamaru** – tadaonakamaru@gmail.com<sup>1</sup>

**Orlando Fonseca da Silva** – orfosi@ufpa.br<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Engenharia Elétrica e Biomédica, Universidade Federal do Pará  
Rua Augusto Corrêa 01, Guamá.  
66075-110 – Belém – Pará

**Resumo:** *O conhecimento de técnicas de modelagem e identificação é fundamental na formação de discentes de cursos de Graduação em Engenharia, contudo, via de regra, muitas dessas técnicas normalmente são estudadas apenas em cursos de Pós-Graduação. O presente trabalho tem por objetivo apresentar os resultados obtidos através de uma palestra motivacional sobre identificação de sistemas dinâmicos de 1ª e 2ª ordem, para alunos de graduação do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará. Para tanto, além da teoria, como fator motivacional, durante a palestra apresentou-se dois experimentos desenvolvidos com sistemas reais e com o software Scilab, associado à plataforma de desenvolvimento Arduino. Os sistemas reais consistiram de dois circuitos elétricos com capacitores e resistores e, nos experimentos, tanto um modelo obtido a partir das leis físicas, quanto outro obtido pelo método do estimador por mínimos quadrados não recursivo foram validados. As opiniões dos alunos participantes foram registradas na forma de um questionário e os resultados foram promissores quanto ao interesse despertado sobre o assunto.*

**Palavras-chave:** *Identificação, Sistemas dinâmicos, Palestras, Aplicação Prática.*

### 1 INTRODUÇÃO

Modelagem matemática é a área do conhecimento que estuda maneiras de desenvolver e implementar modelos matemáticos de sistemas dinâmicos reais. Na modelagem fenomenológica determina-se modelos matemáticos a partir das leis físicas que regem o sistema. Na modelagem por identificação, utiliza-se dados coletados diretamente do sistema real e que devem ser explicados por um modelo (Aguirre, 2000).

A partir do modelo matemático de um sistema, pode-se por exemplo, projetar um controlador para melhorar seu desempenho. Portanto é fundamental o conhecimento de técnicas de modelagem na formação de discentes de cursos de Graduação de Engenharia.

Organização



Promoção





Por outro lado, tais técnicas normalmente são abordadas apenas em cursos de Pós-Graduação.

Objetivando o entendimento de duas técnicas de modelagem, por parte de alunos de graduação, bem como estimular positivamente os mesmos, elaborou-se uma palestra motivacional que, além de apresentar um resumo teórico do problema, também apresentou experimentos com dois sistemas físicos reais e validou os modelos obtidos para os mesmos. Ao final, um questionário sobre a palestra e seus conteúdos foi respondido. Os conteúdos e resultados dessa proposta didática são apresentados neste trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Modelos matemáticos de sistemas dinâmicos, lineares e invariantes no tempo normalmente recaem em equações diferenciais ou de diferenças, caso o sistema seja contínuo ou discreto, respectivamente. Se o sistema é contínuo, outra forma de representar seu modelo é por função de transferência  $H(s)$  e se for discreto por  $H(z)$ . (SOARES, 2016). As “Equações (1) e (2)” ilustram funções de transferência de ordem  $n$ , onde as raízes dos polinômios  $N$  e  $D$  são denominadas respectivamente zeros e polos do sistema.  $U$  é a entrada aplicada ao sistema e  $Y$  a sua saída ou resposta. No caso discreto  $d$  é o atraso que neste trabalho será considerado nulo (AGUIRRE, 2007).

$$H(s) = \frac{N(s)}{D(s)} = \frac{b_0s + b_1s \dots + b_qs^m}{a_0s + a_1s \dots + a_ns^n} = \frac{Y(s)}{U(s)} \quad (1)$$

$$H(z) = z^{-d} \frac{N(z^{-1})}{D(z^{-1})} = z^{-d} \frac{b_0 + b_1z^{-1} + b_2z^{-2} + \dots + b_mz^{-m}}{1 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2} + \dots + a_nz^{-n}} = \frac{Y(z)}{U(z)} \quad (2)$$

Para um sistema contínuo com um polo e nenhum zero, tem-se uma função de transferência de 1ª ordem, “Equação (3)”, sendo  $K$  denominado ganho e  $\tau$  constante de tempo.  $K$  corresponde ao valor atingido pela resposta em regime permanente para uma entrada degrau unitário.  $\tau$  é o intervalo de tempo necessário para a resposta atingir 63% do seu valor de regime (AGUIRRE, 2007).

$$H(s) = \frac{K}{\tau \cdot s + 1} \quad (3)$$

Para um sistema contínuo com dois polos reais e nenhum zero, tem-se uma função de transferência de 2ª ordem, “Equação (4)” (AGUIRRE, 2007)

$$H(s) = \frac{K}{s^2 + bs + c} \quad (4)$$

Para um sistema discreto com apenas um polo e nenhum zero,  $b_o = 0$ , tem-se uma função de transferência de 1ª ordem, “Equação (5)”, cuja transformada  $Z$  inversa leva a equação de diferenças da “Equação (6)”. Com dois polos ( $n = 2$ ) e um zero ( $m = 1$ ) tem-se a “Equação (7)”, com equação de diferenças dada na “Equação 8” que, realisticamente, não será igual a zero, pois sempre será uma aproximação de um sistema real, assim, tem-se a “Equação (9)”, onde foi introduzido um erro  $\varepsilon(k)$ .



$$H(z) = \frac{b_1}{1+a_1z^{-1}} = \frac{Y(z)}{U(z)} \quad (5)$$

$$y(k) = -a_1y(k-1) + b_1u(k-1) \quad (6)$$

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1z^{-1}}{1+a_1z^{-1} + a_2z^{-2}} \quad (7)$$

$$y(k) + a_1y(k-1) + a_2y(k-2) - b_0u(k) - b_1u(k-1) = 0 \quad (8)$$

$$y(k) + a_1y(k-1) + a_2y(k-2) - b_0u(k) - b_1u(k-1) = \varepsilon(k) \quad (9)$$

Se num ensaio com o sistema real coletam-se  $N$  amostras dos sinais de entrada e de saída ( $k = 0, N$ ), ou seja:  $u(0), u(1), \dots, u(N), y(0), y(1), \dots, y(N)$ , então o problema da identificação é determinar  $\theta = (a_1, a_2, b_0, b_1)^t$ , que torne o erro  $\varepsilon(k)$  o menor possível, ou seja, melhor ajuste os dados coletados à “Equação (9)”.

Embora  $k = 0, 1, 2, \dots, N$ , o primeiro erro que se pode formar é para  $k = n = 2$ , pois para valores menores que  $n$ , por exemplo,  $k = 0$ , os termos  $y(-1), y(-2), u(-1)$  e  $u(-2)$  não teriam sido lidos. Assim, o erro  $\varepsilon(k)$  é definido para  $k = n, n+1, n+2, \dots, N$ , resultando no sistema de equações da “Equação (10)” ou, em forma matricial, na “Equação (11)”, que pode ser representada compactamente pela “Equação (12)”.

$$\begin{aligned} y(2) &= -a_1y(1) - a_2y(0) + b_0u(2) + b_1u(1) + e(2) \\ y(3) &= -a_1y(2) - a_2y(1) + b_0u(3) + b_1u(2) + e(3) \\ y(4) &= -a_1y(3) - a_2y(2) + b_0u(4) + b_1u(3) + e(4) \\ &\vdots \\ y(N) &= -a_1y(N-1) - a_2y(N-2) + b_0u(N) + b_1u(N-1) + e(N) \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{pmatrix} y(2) \\ y(3) \\ y(4) \\ \vdots \\ y(N) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -y(1) & -y(0) & u(2) & u(1) \\ -y(2) & -y(1) & u(3) & u(2) \\ -y(3) & -y(2) & u(4) & u(3) \\ \vdots & & \vdots & \\ -y(N-1) & -y(N-2) & u(N) & u(N-1) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ b_0 \\ b_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e(2) \\ e(3) \\ e(4) \\ \vdots \\ e(N) \end{pmatrix} \quad (11)$$

$$Y(N) = \Psi(N)\theta(N) + \varepsilon(N) \quad (12)$$

Na solução por mínimos quadrados não recursivo (MQNR), o  $\theta$  que torna mínimo o funcional da “Equação (13)” é dado pela “Equação (14)”, e a condição de que a matriz  $[\Psi(N)^t \Psi(N)]^{-1}$  seja inversível denomina-se condição de excitação. (AGUIRRE,2007).

$$J(\theta) = \sum_{k=n}^N \varepsilon^t(N) \varepsilon(N) \quad (13)$$

$$\theta(N) = [\Psi(N)^t \Psi(N)]^{-1} \Psi(N)^t Y(N) \quad (14)$$



### 3 METODOLOGIA

Para o processo de modelagem foram adotados sistemas de primeira e segunda ordem utilizando circuitos com capacitores e resistores. A aquisição de dados do sistema foi feita através da plataforma de desenvolvimento *arduíno*, armazenados em vetores e processados pelo software *Scilab*. Optou-se por estas ferramentas devido às suas facilidades de manuseio e baixo custo de implementação.

A modelagem consistiu na observação das leis físicas que regem o sistema e na aplicação do método estimador mínimos quadrados não recursivo (MQNR). Após a validação do modelo, foi divulgada uma palestra aos discentes do curso de Engenharia Elétrica a fim de exibir os resultados obtidos como meio de motivação para as áreas da disciplina de controle, trazendo consigo o panorama real vivido por engenheiros que atuam na área, na qual a modelagem de sistemas é uma atividade recorrente.

#### 3.1 Modelagem fenomenológica dos sistemas reais de 1ª e 2ª ordem utilizados

Como sistema de 1ª ordem real utilizou-se um circuito resistor-capacitor (RC) em série, “Figuras 1a e 1b”.

Figura 1a – Circuito RC série teórico

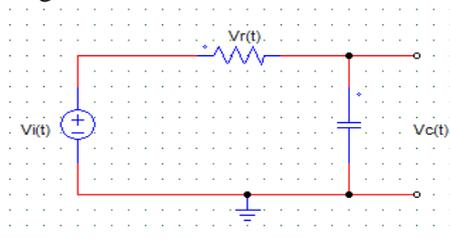
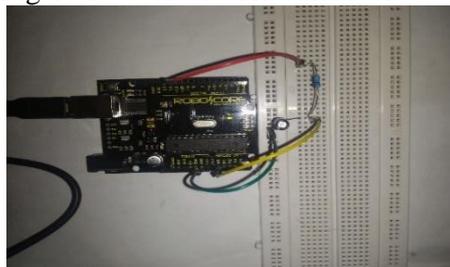


Figura 1b – Circuito RC série real



Pela lei das malhas de Kirchoff, a tensão de entrada  $V_i(t)$  é igual a soma das quedas de tensão no resistor  $V_r(t)$  e no capacitor  $V_c(t)$ , “Equação (15)”, dadas, respectivamente, pelas “Equações (16) e (17)”. Substituindo as “Equações (16) e (17) na “Equação (15) e tomando a transformada de Laplace, resulta que o modelo matemático é dado pela “Equação (18)”.

$$V_i(t) = V_r(t) + V_c(t) \quad (15)$$

$$V_r(t) = Ri(t) \quad (16)$$

$$i(t) = C \frac{dV_c(t)}{dt} \quad (17)$$

$$\frac{V_c(s)}{V_i(s)} = \frac{1}{RCs + 1} \quad (18)$$

No circuito real utilizou-se  $R = 10K\Omega$  e  $C = 22\mu F$ , portanto a função de transferência do sistema de 1ª ordem é dada na “Equação (19)”.

$$\frac{V_c(s)}{V_i(s)} = \frac{1}{0.22s + 1} \quad (19)$$



Como sistema de 2ª ordem real utilizou-se um circuito RC, “Figuras 2a e 2b” sendo:  $v_i(t)$  a tensão de entrada,  $v_{r1}(t)$  a tensão no resistor  $R_1$ ,  $v_{c1}(t)$  a tensão no capacitor  $C_1$ ,  $i_{r1}(t)$  a corrente no resistor  $R_1$ ,  $i_{r2}(t)$  a corrente no resistor  $R_2$ ,  $i_{c1}(t)$  a corrente no capacitor  $C_1$ ,  $i_{c2}(t)$  a corrente no capacitor  $C_2$ ,  $v_{c2}(t)$  a tensão no capacitor  $C_2$  e  $v_{r2}(t)$  a tensão no resistor  $R_2$ , pela lei das malhas, tem-se as “Equações (20) e (21)” e pela lei dos nós a “Equação (22)”. Sendo  $v_{r1}(t)$ ,  $i_{c2}(t)$ ,  $i_{c1}(t)$  e  $v_{r2}(t)$  dados, respectivamente, pelas “Equações (23) a (26)” e como  $i_{r2}(t) = i_{c2}(t)$ , determina-se que a função de transferência do sistema é dada pela “Equação (27)”.

Figura 2a – Circuito RC série teórico

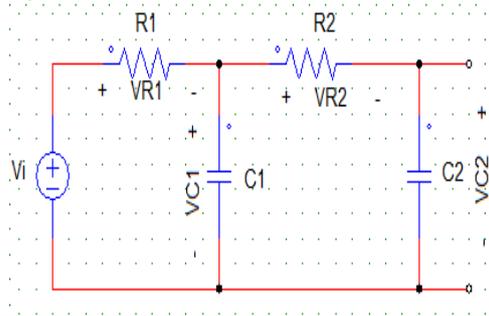
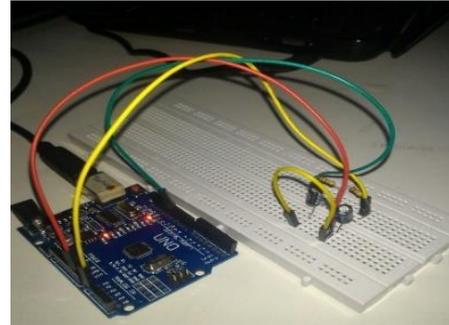


Figura 2b – Circuito RC série real



$$V_i(t) = V_{r1}(t) + V_{c1}(t) \quad (20)$$

$$V_{c1}(t) = V_{r2}(t) + V_{c2}(t) \quad (21)$$

$$i_{r1}(t) = i_{r2}(t) + i_{c1}(t) \quad (22)$$

$$V_{r1}(t) = R_1 i_{r1}(t) \quad (23)$$

$$i_{c2}(t) = C_2 \frac{dv_{c2}(t)}{dt} \quad (24)$$

$$i_{c1}(t) = C_1 \frac{dv_{c1}(t)}{dt} \quad (25)$$

$$V_{r2}(t) = R_2 i_{r2}(t) \quad (26)$$

$$\frac{V_{c2}(s)}{V_i(s)} = \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2 s^2 + (R_1 C_2 + R_1 C_1 + R_2 C_2) s + 1} \quad (27)$$

No circuito real utilizou-se  $R_1 = R_2 = 10K\Omega$ ,  $C_1 = 22\mu F$  e  $C_2 = 33\mu F$ , portanto a função de transferência do sistema de 2ª ordem dada pela “Equação (28)”.

$$\frac{V_{c2}(s)}{V_i(s)} = \frac{1}{0.0726 s^2 + 0.88s + 1} \quad (28)$$

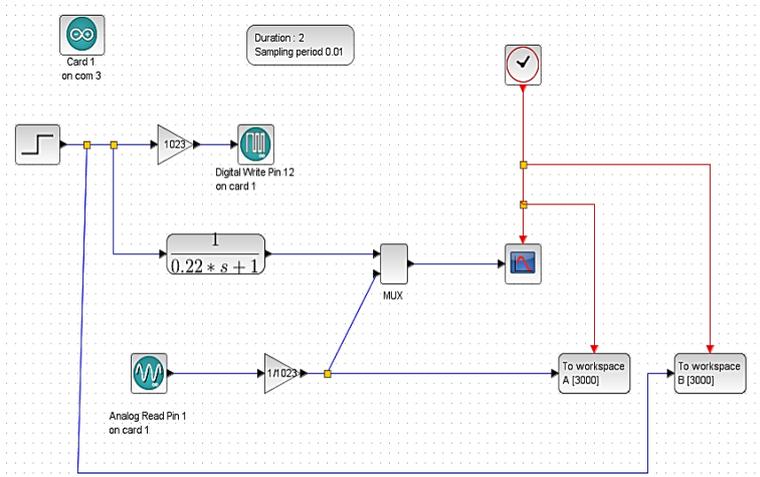
### 3.2 Validação do modelo obtido pelas leis físicas e identificação via MQNR

Para validação da  $G(s)$  de 1ª ordem obtida na “Equação (19)”, bem como armazenamento dos dados para identificação via MQNR, criou-se o diagrama de blocos da “Figura (3)” usando o Xcos do software Scilab (SCILAB, 2017). Uma entrada degrau unitário é aplicado na  $G(s)$ , bem como no circuito real, “Figura (1b)”, através do bloco “digital write” e da interface de comunicação com o Arduino “card 1” (ARDUINO, 2017). A resposta da  $G(s)$  e



do circuito real (tensão no capacitor obtida via interface de comunicação do Arduino com o bloco “*analog read*”), passam pelo bloco de multiplexação “*mux*” e são enviadas ao bloco “*scope*” que traça seus gráficos.

Figura 3 – Diagrama de blocos para o sistema de 1ª ordem no *Scilab*.



O degrau de entrada (*B.values*) e a tensão no capacitor (*A.values*), são coletados a cada 0.01 segundos, e armazenados no *Scilab* na forma do vetor *Y* e da matriz  $\Psi$ , “Equação (10)”, e, em seguida, são utilizados conforme a “Equação (12)” para determinar os parâmetros da  $G(z)$  pelo estimador MQNR, conforme as linhas 1 a 15 do código da “Figura (4)”.

Para o modelo de 2ª ordem, utilizou-se o diagrama de blocos da “Figura (5)” que difere da “Figura (4)” em dois aspectos: substituiu-se a  $G(s)$  de 1ª pela de 2ª ordem e verificou-se a necessidade de adicionar um ruído branco ao sinal degrau de entrada, para garantir a condição de excitação. Para identificação criou-se o código ilustrado na “Figura (6)”.

Figura 4 - Programa para identificação do sistema de 1ª ordem por MQNR.

```

Primeira_Ordem.sce
1 |plc; npts = max(size(A.time)); u=B.values'; y=A.values'; t=A.time';
2 | Y = []; fi = [];
3 | for j=1:npts
4 |     if j<=2
5 |         y1 = 0; u1 = 0
6 |     else
7 |         y1 = y(j-1); u1 = u(j-1);
8 |     end;
9 | Y=[Y; y(j)]; fi=[fi;-y1 u1];
10| end;
11| teta = inv(fi'*fi)*fi'*Y;
12| for k=1:2
13|     yest(k)=0;
14| end;
15| a1 = teta(1); b1 = teta(2);
16| for k = 2:npts
17|     yest(k) = -a1*yest(k-1)+ b1*u(k-1);
18| end;
19| erro=y-yest';
20| num=b1;
21| den=%z+a1;
22| gzmq=sslin('d',num,den)
23| //constante de tempo
24| numc=1;
25| denc=0.23*%s+1;
26| gs=sslin('c',numc,denc)
27| ssc=tf2ss(gs);
28| ssd=dscr(ssc,0.01);
29| gzd=ss2tf(ssd)
30| yct=caim(u,t,gs);
31| plot(t,y,'g',t,yest,'r',t,erro,'b',t,yct,'bk')
32| legend('SAIDA-REAL','SAIDA-ESTIMADA-MQNR','ERRO','SAIDA-CT');
    
```



Figura 5 - Diagrama de blocos para o sistema de 2ª ordem no Scilab.

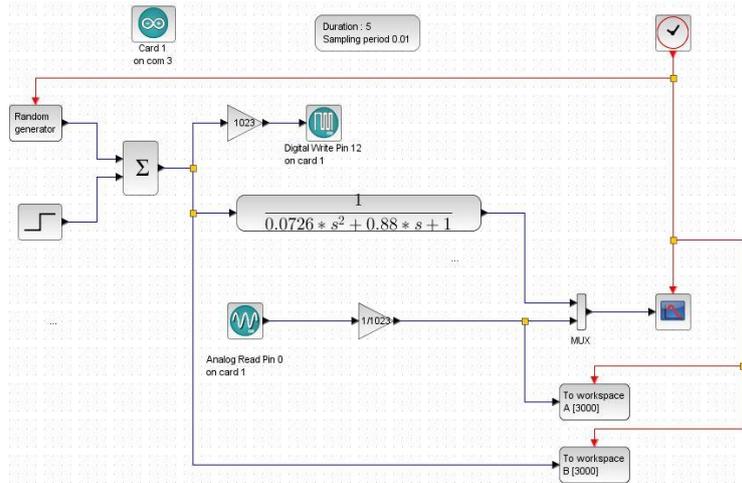


Figura 6 - Programa para identificação do sistema de 2ª ordem por MQRN.

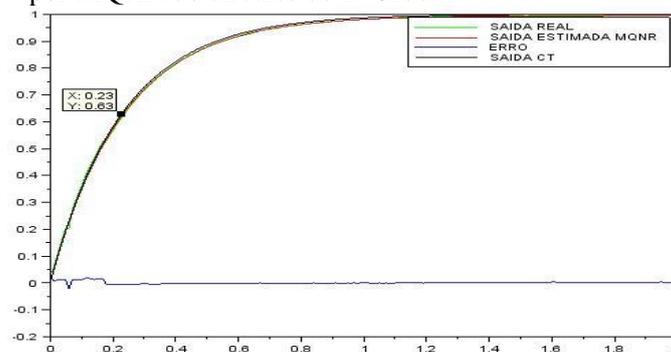
```

1 |fic; npts = max(size(A.time)); u=B.values'; y=A.values'; t=A.time'; 19 erro=y'-yest;
2 | Y = []; fi = [];
3 | for j=1:npts
4 |     if j<=2
5 |         y1 = 0; y2=0; u1=0; u2=0;
6 |     else
7 |         y1 = y(j-1); y2=y(j-2); u1 = u(j-1); u2=u(j-2);
8 |     end;
9 | Y=[Y; y(j)]; fi=[fi;-y1 -y2 u1 u2];
10 | end;
11 | teta = inv(fi'*fi)*fi'*Y;
12 | for k=1:2
13 |     yest(k)=0;
14 | end;
15 | a1 = teta(1); a2 = teta(2); b1=teta(3); b2=teta(4);
16 | for k = 3:npts
17 |     yest(k) = -a1*yest(k-1)-a2*yest(k-2)+b1*u(k-1)+b2*u(k-2);
18 | end;
19 | erro=y'-yest;
20 | plot(t,y,'g',t,yest,'r',t,erro,'b',);
21 | legend('SAIDA-REAL','SAIDA-ESTIMADA-MQRN','ERRO');
22 | clear y1 y2 u1 u2 Y fi teta yest j k t u npts
23 | num= %z*b1 + b2;
24 | den=%z^2 + %z*a1+a2;
25 | gzmq=syslin('d', num, den)
26 | numc=1;
27 | denc=0.0726*%s^2 + 0.88 *%s+1;
28 | gs=syslin('c', numc, denc)
29 | ssc=tf2sso(gs);
30 | ssd=dscc(ssc,0.01);
31 | gzd=ss2tf(ssd)
32 | yct=csim(u,t,gs);
    
```

### 3.3 Sistema de 1ª ordem

Na “Figura 7” tem-se os seguintes gráficos das respostas ao degrau unitário: do circuito real de 1ª ordem em verde, do modelo obtido por MQRN em vermelho, do modelo obtido pelas leis físicas em amarelo e do erro em azul (diferença entre a resposta do sistema real e a do modelo da “Equação (17)”).

Figura 7 – Gráfico da resposta real e estimada por MQRN do circuito de 1ª Ordem.



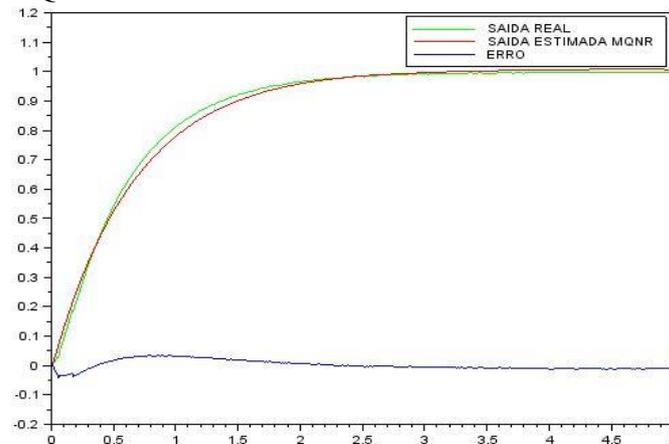


Nota-se que o erro é muito próximo de zero. Analisando a saída real quando o sistema atinge 63% do seu valor de regime, e extraíndo a constante de tempo igual a 0,23.

### 3.4 Sistema de 2ª ordem

O gráfico da “Figura 8” ilustra a resposta do sistema de 2ª ordem real em verde, a resposta do modelo obtido por MQRN em vermelho, e o erro em azul. É ainda notável que o erro é próximo de zero, garantindo a precisão do método adotado neste trabalho.

Figura 8 - Gráfico da resposta real e estimada por MQRN do circuito de 2ª ordem.



## 4 DIVULGAÇÃO E OFERTA DE UMA PALESTRA

Para cumprir com o objetivo de compartilhar o conhecimento obtido por meio do desenvolvimento do projeto, foi ministrada uma palestra para os discentes do curso de Engenharia Elétrica da UFPA, como mostra a “Figura 9”. O foco da atividade foi expor para os alunos uma ferramenta de alto grau de aplicabilidade no decorrer de suas carreiras acadêmicas e profissionais.

A palestra tinha como pré-requisito a disciplina Análise de Sistemas Lineares pois, para a avaliação da eficiência do projeto era necessário que o discente possuísse o mínimo de conhecimento sobre o assunto ministrado, além disso poderia mensurar a importância do mesmo para a sua formação.

Figura 9 – Apresentação da palestra.



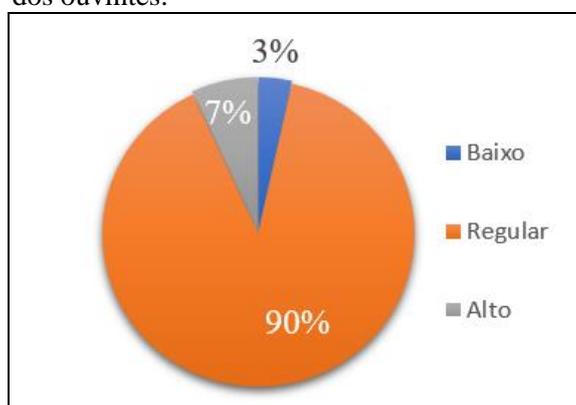


## 5 RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Ao término da palestra, os 29 discentes presentes foram convidados a responder um questionário, contendo 5 perguntas referentes ao conteúdo apresentado.

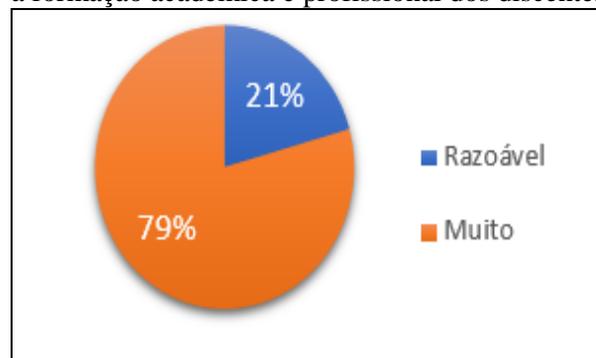
Primeiramente perguntou-se aos alunos o seu grau de conhecimento prévio acerca das técnicas e dos assuntos expostos. Como mostra o gráfico da “Figura 10”, 90% declarou possuir um conhecimento regular, 7% considerou ter um alto nível de entendimento dos assuntos ministrados e 3% um nível baixo de compreensão prévia dos conteúdos. Este fator é importante para mensurar o potencial didático da atividade, haja vista que, se o público alvo possuísse absoluto conhecimento do conteúdo exposto, a eficiência da palestra estaria comprometida.

Figura 10 – Gráfico sobre o conhecimento prévio dos ouvintes.



Em seguida, os discentes foram questionados a respeito da relevância da palestra para a suas vidas acadêmica e profissional. Este ponto é essencial para identificar, de maneira indireta, o nível de interesse acerca da palestra por parte dos estudantes. Como mostra o gráfico da Figura 11, cerca de 79% consideraram a iniciativa de suma importância para a sua formação, enquanto 21% a consideraram de relevância razoável.

Figura 11 – Gráfico da relevância da palestra para a formação acadêmica e profissional dos discentes.



Logo após, os discentes foram questionados se tinham conhecimento acerca do uso do método dos MQNR para a identificação de sistemas dinâmicos e também quanto a sua eficácia. Estas perguntas objetivavam analisar se a palestra contribuiu de maneira significativa para enriquecer o conhecimento dos discentes e se os mesmos passariam a possuir plena



confiança na utilização do método em seu ambiente de trabalho, para resolver problemas relativos, principalmente, a sistemas de controle. O gráfico da “Figura 12a” mostra que 52% dos discentes tinha conhecimento que o método MQNR poderia ser utilizado da maneira supracitada e 48% não, e o gráfico da “Figura 12b” aponta que 96% julgou o método de maneira positiva e o considerou eficiente.

Figura 12a- Gráfico sobre o conhecimento acerca do método MQNR.

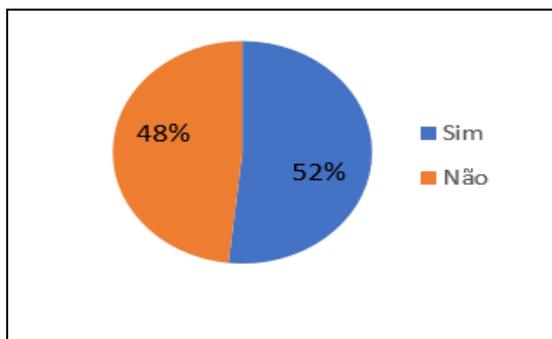
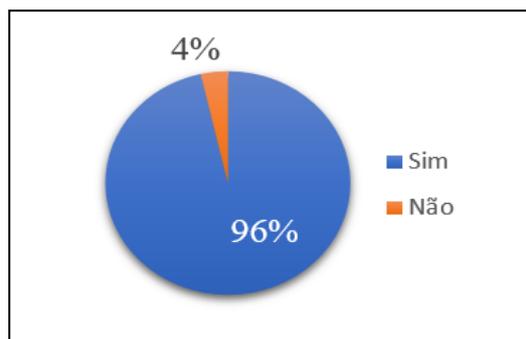
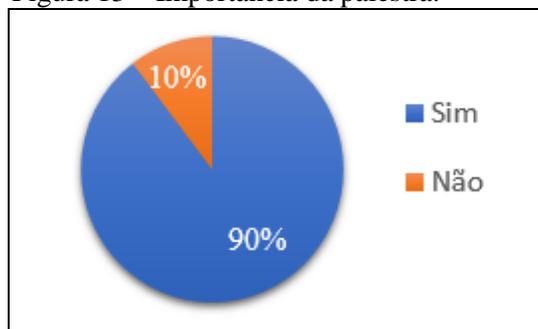


Figura 12b- Gráfico de Eficiência do método MQNR.



Por fim, os graduandos foram questionados se a palestra foi importante, quantitativa e qualitativamente, para o aprofundamento de conhecimentos do curso de Engenharia Elétrica. O gráfico da “Figura 13” mostra que 90% considerou que a palestra foi muito importante.

Figura 13 – Importância da palestra.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O *Software Scilab* e a plataforma de desenvolvimento *Arduino* se constituíram como ferramentas simples, acessíveis e eficazes na aquisição e tratamento de dados do sistema dinâmico real e na obtenção de um modelo via MQNR.

O estimador por MQNR se mostrou eficiente na identificação dos dois sistemas dinâmicos reais propostos neste artigo, de 1ª e 2ª ordem, de modo que o erro obtido entre o valor da resposta do sistema real e o valor calculado por simulação a partir do modelo obtido, foi mínimo e aceitável. O mesmo ocorreu com o modelo obtido por leis físicas.

Da análise dos dados coletados no questionário aplicado após a palestra, pôde-se concluir que o trabalho cumpriu com o objetivo de proporcionar aos discentes um primeiro contato com técnicas de modelagem, particularmente com os MQNR para a identificação de sistemas dinâmicos, além de ser considerado relevante para a formação acadêmica e profissional dos discentes.



### *Agradecimentos*

À Universidade Federal do Pará (UFPA) e ao Programa de Ensino Tutorial de Engenharia Elétrica da UFPA (PET-EE) por fornecer os meios necessários para a elaboração deste artigo.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AGUIRRE, Luis Antonio. Introdução a Identificação de Sistemas – Técnicas Lineares e Não Lineares aplicadas a sistemas reais. 3ª ed. Minas Gerais, 2007.

SOARES, Rosana. Representação de Sinais e Sistemas no Domínio da frequência. Para, 2016.

COELHO, Antônio Augusto Rodrigues; COELHO, Leandro dos Santos. Introdução a Identificação de Sistemas Dinâmicos Lineares. Editora da UFSC, 2004.

Scilab.org. Disponível em: <<https://atoms.scilab.org/toolboxes/arduino>>. Acesso em 20 de março de 2017.

ARDUINO.cc. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em 24 de março de 2017.

## **IDENTIFICATION OF DYNAMIC SYSTEMS OF FIRST AND SECOND ORDER, MOTIVATIONAL LECTURE FOR DISCIPLINES OF THE CONTROL AREA**

**Abstract:** The knowledge of modeling and identification techniques is fundamental in the training of undergraduate engineering courses, however, as a rule, many of these techniques are usually only studied in postgraduate courses. The present work aims to present the results obtained through a motivational lecture about the identification of dynamic systems of 1st and 2nd order, for undergraduate students of Electrical Engineering at the Federal University of Pará. For that, beyond the theory, as a motivational factor, during a lecture presented two experiments developed with real systems and Scilab software, associated with the Arduino development platform, associated with the Arduino development platform. The real systems consisted of two electric circuits with capacitors and resistors, and in the experiments, both a model obtained from the physical laws and another one obtained by the non-recursive least squares estimator method were validated. The opinions of the participating students were recorded in the form of a questionnaire and the results were promising as to the interest aroused on the subject.

**Keywords:** Identification, Dynamic Systems, Lectures, Practical Application.