



VIII Encontro de Iniciação Científica e Tecnológica

VIII EnICT

ISSN: 2526-6772

IFSP – Câmpus Araraquara

19 e 20 de outubro de 2023



LINGUAGEM PYTHON PARA ANÁLISE DE DADOS: UM COMPARATIVO COM OUTROS SOFTWARES NO ESTUDO DA FORÇA ELÁSTICA

ALISON JOSÉ PEREIRA NERI¹, VÁGNER RICARDO DE ARAÚJO PEREIRA²

¹ Estudante em Eng. de Controle e Automação, Bolsista PIBFISP, IFSP - Câmpus Catanduva, alison.n@aluno.ifsp.edu.br

² Professor Doutor, IFSP - Câmpus Catanduva, vagner.pereira@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): Metrologia, Técnicas Gerais de Laboratório, Sistema de Instrumentação– 1.05.01.05-3

RESUMO: A análise de dados no laboratório de física é vital para a compreensão dos alunos sobre os dados obtidos, para isso, utiliza-se *softwares* que, por vezes, não são acessíveis devido ao custo. Propõe-se analisar o *Python* como uma opção confiável e acessível para a análise de dados de força elástica em laboratórios de física, em comparação com os *softwares* pagos Excel e OriginPro. A pesquisa envolveu a coleta de dados experimentais, criação de um *script* em *Python* para análise e a comparação dos resultados com os outros *softwares*. Os resultados da comparação do *script* frente ao Excel e OriginPro, são consistentes. O *script* é totalmente viável e capaz na análise de dados da força elástica, além de promover o possível interesse dos estudantes na programação, tornando-se uma opção valiosa nas instituições de ensino.

PALAVRAS-CHAVE: ajuste de curva; associação de molas; lei de Hooke; prática de laboratório.

INTRODUÇÃO

A análise de dados experimentais é uma importante ferramenta para que os alunos consigam melhor compreender a relação entre prática e a teoria dos fenômenos físicos. Há diversos *softwares* de análises de dados, entre eles se destacam dois: Excel e o OriginPro, ambos são pagos, algo que devido à escassez de recursos financeiros nas instituições de ensino os alunos ficam sem acesso a ferramentas para esse fim. Portanto o *Python* que é livre e possui diversas funcionalidades, pode-se tornar uma opção viável em relação a esses *softwares*, além de proporcionar aos estudantes uma interação com a programação.

Neste sentido, o propósito deste trabalho consiste em examinar a confiabilidade da linguagem de programação *Python* no contexto da análise de dados. Para alcançar esse objetivo, pretende-se criar um *script* e avaliar seus resultados, por meio de dados experimentais de força elástica. Adicionalmente, realizar uma comparação com o Excel (2023) e OriginPro (2019), a fim de determinar se o *Python* pode ser uma opção eficaz para a substituição desses *softwares* pagos amplamente empregados.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A prática realizada no laboratório didático de física possibilita aos alunos aprimorar suas habilidades de raciocínio lógico, facilitando a compreensão da matéria quando aplicada a situações do cotidiano. (Silva; Maia; Cavalcante, 2020). Porém para tal efeito é necessário a representação e análise dos dados que para Card, Mackinlay e Shneiderman (1999) a exibição clara dos dados consiste em apresentar informações quantitativas por meio de elementos gráficos, convertendo grandes e pequenos conjuntos de dados em representações visuais que contenham informações, incluindo atributos ou variáveis associadas a unidades de informação, tornando a visualização mais fácil e auxiliando nos processos cognitivos.

Como apresentado por Alfonsi (2005) *softwares* de código aberto são uma alternativa gratuita a *softwares* pagos na educação, auxiliando de maneira equivalente na execução de diversas atividades, além de que os utilizadores deixam de ser apenas simples usuários e passam a serem participantes do processo.

Python é eficaz para superar desafios no laboratório de física (Souza Filho et al., 2009). Além disso, conforme observado por Rolim (2021), o fomento a linguagens de programação em matérias de ciências exatas pode levar os alunos a solucionar desafios por meio da programação.

METODOLOGIA

A partir de um *kit* experimental de massa-mola da marca Azeheb, realizou-se a coleta de dados experimentais relacionados à força elástica, a fim de corroborar a análise do *script*. As configurações experimentais com uma única mola, associação em série e associação em paralelo podem ser visualizadas, respectivamente, nas figuras 1 a 3, a seguir.

FIGURA 1. Conjunto experimental da lei de Hooke para uma única mola.



Fonte: Elaborada pelos autores.

FIGURA 2. Conjunto experimental da lei de Hooke: associação em série de molas de mesma constante.



Fonte: Elaborada pelos autores.

FIGURA 3. Conjunto experimental da lei de Hooke: associação em paralelo de molas de mesma constante.



Fonte: Elaborada pelos autores.

O procedimento experimental consistiu em posicionar a(s) mola(s), que quando em associação, utilizou-se duas molas de constantes elásticas iguais. No início foi registrado o valor da posição final da mola ou da associação delas na própria haste, que possui uma graduação de medida com resolução de 0,001 m (1 mm). Após esse primeiro passo, foram medidas onze massas diferentes em uma balança, com resolução de 0,002 kg (2 g), e inseridas uma a uma na extremidade final da(s) mola(s). Cada vez que uma massa era adicionada, registrava-se a elongação na mola, calculada pela variação da posição inicial em relação à posição final da mola ou da associação, ou seja, a diferença entre a posição inicial e a final desse ponto.

De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2016), a equação que descreve a força elástica é dada pela primeira igualdade da Equação 1, com a ressalva de que no livro, o valor de x aparece com o sinal negativo, uma vez que se trata de uma força restauradora. No entanto, neste trabalho, o foco é na força elástica e na constante elástica. Portanto, considerou x em módulo, e a força elástica é igual à força peso, conforme indicado pela última igualdade, uma vez que o conjunto massa-mola está na posição perpendicular ao solo.

$$F = K \cdot x = m \cdot g = P \quad (1)$$

onde,

F – força elástica; K – constante elástica; x – deformação da mola; m – massa; g – aceleração gravitacional e P – força peso.

Quando ocorre a associação de molas em série ou em paralelo, existe uma relação entre as constantes das molas individuais e a constante elástica do conjunto da associação. Essa relação é descrita pela Equação 2, no caso da associação em série, e pela Equação 3, no caso da associação em paralelo.

$$K_{eq.} = \sum_{i=1}^n K_i \quad (2)$$

$$K_{eq.} = \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{K_i} \right)^{-1} \quad (3)$$

onde,

K_{eq} – constante elástica equivalente; $\sum_{i=1}^n K_i$ – somatório das constantes elásticas das molas usadas;
 $\left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{K_i}\right)^{-1}$ – somatório dos inversos das constantes elásticas das molas usadas.

O *script* realiza suas funções por meio de cinco bibliotecas instaladas, que são incluídas no código nas linhas 1 a 5 que podem ser visualizadas na figura 4, elas são: a `matplotlib.pyplot`¹, `scipy.optimize`², `numpy`³, `sklearn.metrics`⁴ e a biblioteca `sys`⁵. Elas trazem diversas ferramentas utilizada no *script*.

Vale ressaltar as linhas 11 a 16 da Figura 4, que é o trecho do código que vai definir se é uma mola ou há associação de molas, por meio das informações fornecida pelo usuário. Nas linhas 17 a 21, o usuário informa a quantidade de dados e os próprios dados, armazenado na memória os dados e gerando os dados de força.

As linhas 22 e 23 contêm a função modelo, que consiste na primeira igualdade da Equação 1 acrescida de um valor "a" para obter a melhor linha de tendência. A partir da linha 34 a 36, ocorre a plotagem dos dados de elongação da mola pela força, o cálculo dos parâmetros fixos e a definição do intervalo de valores para a criação da linha de tendência. Nas linhas 37 a 39, é realizado o cálculo da força com base nos parâmetros fixos, e na próxima linha, é calculado o valor de R², que indica o grau de correlação entre a equação e os dados experimentais. O *script* completo e comentado, está disponível no site do GitHub⁶ para acesso.

FIGURA 4. Linhas principais do *script*.

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2 from scipy.optimize import curve_fit
3 import numpy as np
4 from sklearn.metrics import r2_score
5 import sys

11 N = int(input('Quantas molas foram utilizadas? '))
12 if N != 1:
13     associação_de_molas = int(input('Informe a associação das molas (1 para série ou
14     2 para paralelo): '))
15 else:
16     print('Valor inválido! Reinicie o código e digite um valor válido')
17     sys.exit(0)
18 n = int(input('Quantas massas diferentes foram utilizadas? '))
19 for i in range(0, n):
20     m.append(float(input('Informe a ' + str(i+1) + 'ª massa utilizada (em quilogramas):
21     ')))
22     F.append(m[i]*g)
23     x.append(float(input('Qual foi a deformação da mola (em metros) com a ' + str(i
24     +1) + 'ª massa: ')))
25 def y(x,K,a):
26     return x*K + a

34 plt.plot(xData, yData, 'bo', label='Dados')
35 popt, pcov = curve_fit(y, xData, yData)
36 xFit = np.arange(0.0, x[(n-1)], 0.000001)
37 for i in range(0, n):
38     F_ajustado.append(x[i]*popt[0] + popt[1])
39 r2 = r2_score(F_ajustado, F)
```

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para avaliar a relevância dos resultados obtidos no *script* na análise de dados do experimento de força elástica, foi realizada uma comparação direta dos parâmetros fixos e do valor R² gerados pelo *script* com aqueles obtidos a partir dos mesmos dados experimentais nos *softwares* Excel (2023) e OriginPro (2019).

Essa comparação permitiu verificar a consistência e a precisão dos resultados obtidos pelo *script* em relação aos obtidos por meio de ferramentas de *software* mais amplamente utilizadas, como o Excel e o OriginPro. Isso é fundamental para validar a metodologia e os cálculos realizados pelo *script*, garantindo que os resultados sejam confiáveis e relevantes para a análise do experimento de força elástica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam os dados obtidos nos experimentos realizados de força elástica para uma única mola, associação em série de duas molas com constante elástica igual e associação em paralelo de duas molas com constante elástica igual, respectivamente. A primeira coluna da esquerda apresenta os dados de

¹ <<https://matplotlib.org>> ² <<https://scipy.org>> ³ <<https://numpy.org>>

⁴ <<https://scikit-learn.org/stable/>> ⁵ <<https://docs.python.org/pt-br/3/library/sys.html>>

⁶ <<https://github.com/ImpOSS1ble/EnICT-2023/blob/038ba4bdb1503b91fda7d16eb0bf60a9033d3b4f/Script.py>>

elongação da mola. Na segunda coluna estão os dados das massas utilizadas. Na terceira, realizou-se a multiplicação do valor da massa pela aceleração gravitacional, que se considerou $9,81 \text{ m/s}^2$, pois a segunda lei de Newton diz que força é igual a massa vezes aceleração (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

TABELA 1. Dados experimentais da lei de Hooke: para uma única mola.

x (m)	m (kg)	F (N)
0,000	0,000	0,0000
0,020	0,020	0,1962
0,040	0,040	0,3924
0,059	0,060	0,5886
0,078	0,080	0,7848
0,125	0,130	1,2753
0,154	0,160	1,5796
0,172	0,180	1,7658
0,182	0,190	1,8639
0,223	0,230	2,2563
0,234	0,240	2,3544

Fonte: Elaborada pelos autores.

TABELA 2. Dados experimentais da lei de Hooke: associação em série de molas de mesma constante.

x (m)	m (kg)	F (N)
0,000	0,000	0,0000
0,022	0,010	0,0981
0,042	0,020	0,1962
0,062	0,030	0,2943
0,083	0,040	0,3924
0,124	0,060	0,5886
0,164	0,080	0,7848
0,184	0,090	0,8829
0,205	0,100	0,9810
0,245	0,120	1,1772
0,286	0,140	1,3734

Fonte: Elaborada pelos autores.

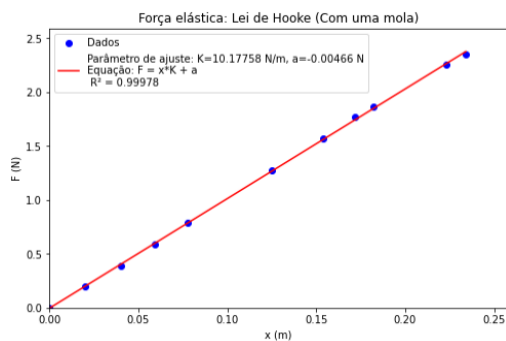
TABELA 3. Dados experimentais da lei de Hooke: associação em paralelo de molas de mesma constante.

x (m)	m (kg)	F (N)
0,000	0,000	0,0000
0,010	0,020	0,1962
0,020	0,040	0,3924
0,031	0,060	0,5886
0,041	0,080	0,7848
0,065	0,130	1,2753
0,081	0,160	1,5696
0,101	0,180	1,7658
0,106	0,190	1,8639
0,126	0,230	2,2563
0,131	0,240	2,3544

Fonte: Elaborada pelos autores.

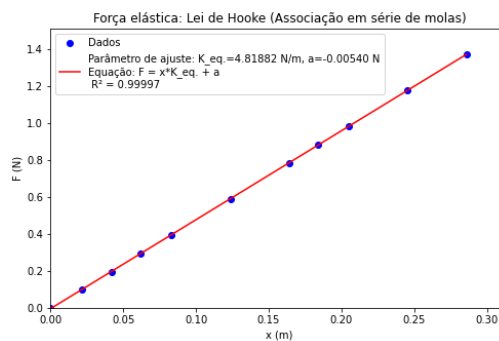
Após coletar os dados experimentais, os registros das 1ª e 3ª colunas foram digitados no *script*. Obtendo-se os gráficos contidos nas figuras 5, 6 e 7, a seguir. Onde os pontos azuis que representam os dados experimentais, acompanhados por uma curva vermelha que representa a linha de tendência dos dados. Os valores dos parâmetros fixos desta curva de tendência estão disponíveis na legenda juntamente com o valor de R^2 e correspondem ao comportamento da força elástica segundo a lei de Hooke.

FIGURA 5. Gráfico feito pelo *script* com os dados de F e x da tabela 1.



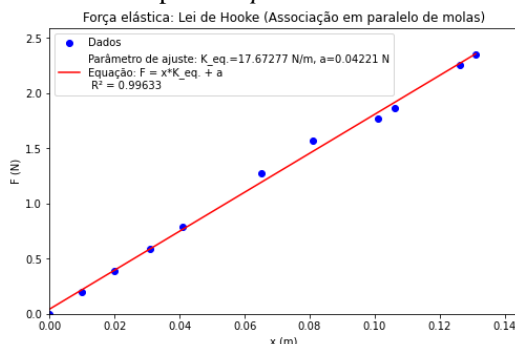
Fonte: Elaborada pelos autores.

FIGURA 6. Gráfico feito pelo *script* com os dados de F e x da tabela 2.



Fonte: Elaborada pelos autores.

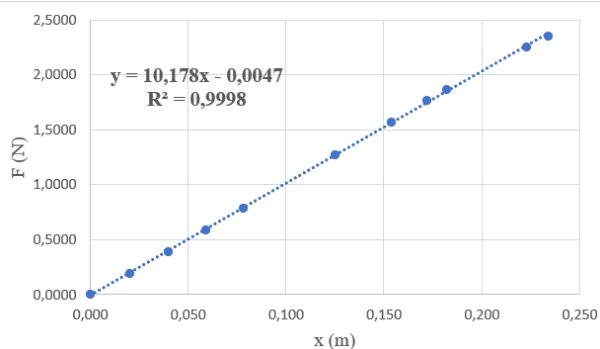
FIGURA 7. Gráfico feito pelo *script* com os dados de F e x da tabela 3.



Fonte: Elaborada pelos autores.

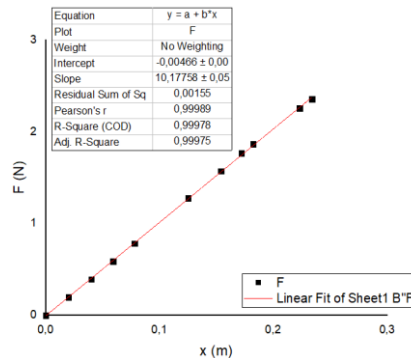
Os dados das 1ª e 3ª coluna das tabelas 1, 2 e 3, foram inseridos no Excel (2023) e OriginPro (2019), onde se gerou os gráficos contidos nas figuras 8 a 13, a seguir. Os gráficos da esquerda são do Excel (2023), na qual os pontos azuis são os dados experimentais e a linha tracejada representa a linha de tendência dada pela equação que acompanha seus parâmetros fixos. Abaixo da equação consta o valor de R^2 . E os gráficos da direita do OriginPro (2019), onde os pontos em preto são os dados experimentais e a linha em vermelho representa a linha de tendência dada pela equação $y = a + b \cdot x$, os valores dos parâmetros fixos a e b são, respectivamente, *slope* e *intercept*. Além disso abaixo consta o R^2 que está como *R-Square (COD)*.

FIGURA 8. Gráfico feito pelo Excel (2023) com os dados de F e x da tabela 1.



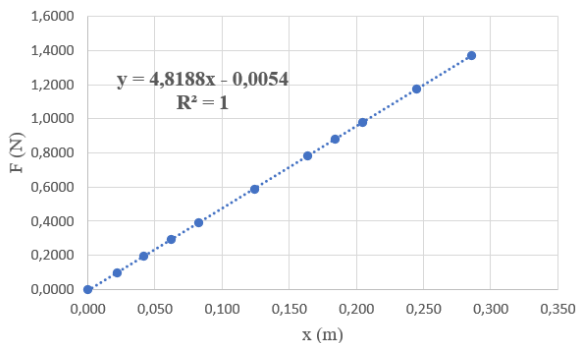
Fonte: Elaborada pelos autores.

FIGURA 9. Gráfico feito pelo OriginPro (2019) com os dados de F e x da tabela 1.



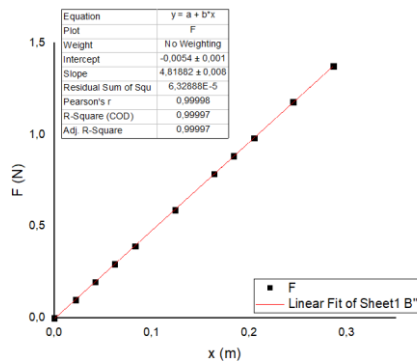
Fonte: Elaborada pelos autores.

FIGURA 10. Gráfico feito pelo Excel (2023) com os dados de F e x da tabela 2.



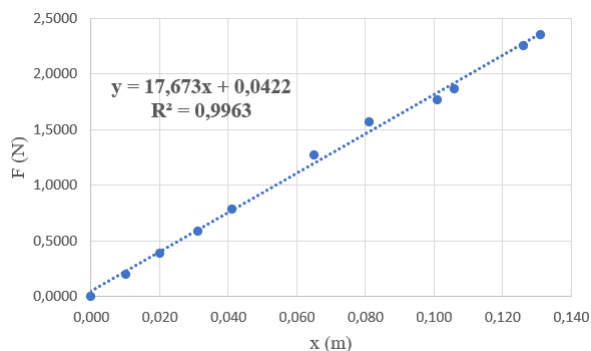
Fonte: Elaborada pelos autores.

FIGURA 11. Gráfico feito pelo OriginPro (2019) com os dados de F e x da tabela 2.



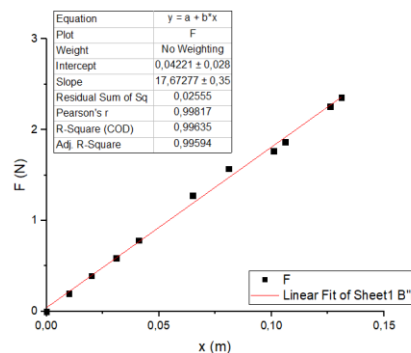
Fonte: Elaborada pelos autores.

FIGURA 12. Gráfico feito pelo Excel (2023) com os dados de F e x da tabela 3.



Fonte: Elaborada pelos autores.

FIGURA 13. Gráfico feito pelo OriginPro (2019) com os dados de F e x da tabela 3.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Os valores de parâmetros fixos comparando-se o Excel (2023) com o *script*, na qual o valor que acompanha x no Excel (2023) equivale ao valor K ou K_{eq} no *script* e o valor somado ou subtraído equivale ao valor de 'a' no *script*. Os parâmetros que acompanha x no Excel (2023) possuem ora três ora quatro casas decimais e o parâmetro que é somado ou subtraído quatro casas decimais, considerando-se que a última casa decimal é um arredondamento da próxima casa decimal que não aparece, tem-se que os valores dos parâmetros fixos obtidos no Excel (2023) em comparação com os do *script* são iguais. O mesmo ocorre para o R^2 .

Agora para os valores de parâmetros fixos comparando-se o OriginPro (2019) com o *script*, onde o valor de *slope* no OriginPro (2019) equivale ao valor K ou K_{eq} no *script* e o valor de *intercept* equivale ao valor de 'a' no *script*, são respectivamente, coeficiente angular e linear da linha de tendência. Os parâmetros de *slope* no OriginPro (2019) são iguais ao obtido no *script*, bem como os valores de *intercept* das figuras 11 e 13, porém o *intercept* da figura 12 possui uma casa decimal a menos, o que se considerar que houve arredondamento da última casa decimal os valores se tornam iguais. Em relação ao R^2 do *script* comparado ao *R-Square (COD)* do OriginPro (2019) o da figura 13 apresenta uma diferença de 0,002% em relação da figura 7 calculado pelo *script*, enquanto os outros dois valores são iguais.

Na análise dos resultados, valores de R^2 próximos de 1 mostram alta correlação entre a equação utilizada e os dados empíricos. A constante elástica de uma mola (10 N/m) está dentro das especificações do fabricante. Agora, nas associações em série e em paralelo, as constantes elásticas apresentam variações em relação à teoria (5 N/m e 20 N/m), calculadas com as Equações 2 e 3, devido a variáveis não controláveis, como a temperatura ambiente. Essas variações são evidentes, neste caso, pois o valor de 'a' difere de 0.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que a linguagem *Python* se destaca como uma opção confiável para a análise de dados de força elástica em comparação com os *softwares* Excel (2023) e OriginPro (2019), que são muito utilizados para esse propósito. Essa distinção não se limita apenas à igualdade em termos de capacidade analítica, mas também se deve a sua notável customização e por se tratar de ser uma linguagem livre que oferece uma ampla variedade de compiladores disponíveis sem custo. Assim podendo-se democratizar o acesso a uma ferramenta de análise de dados para todos os estudantes.

Além disso, o uso do *Python* oferece aos estudantes uma abordagem interdisciplinar, possibilitando-lhes uma conexão entre conceitos teóricos e práticos da física com a habilidade de programar um *script* para analisar os dados experimentais. Adicionalmente, há a possibilidade de realizar trabalhos adicionais, como aqueles relacionados à energia elástica e ao cálculo das incertezas associadas a cada um dos parâmetros fixos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao PIBIFSP pela bolsa de iniciação científica

REFERÊNCIAS

- ALFONSI, B. Open source in the classroom. **Distributed Systems Online**, IEEE. v. 6, n. 6, p. 1-4, 2005.
- CARD, S. K.; MACKINLAY, J. D.; SHNEIDERMAN, B. Using Vision to Think, chapter 1: Information Visualization, p. 1–34. MORGAN KAUFMANN, 1999.
- Excel**. Versão 2307. [Planilha eletrônica]. Microsoft Corporation, 2023.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Mecânica**. v. 1, 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- OriginPro**. Versão 2019b. [Construção e análise de gráficos]. OriginLab Corporation, 2019.
- ROLIM, E. L. S. S. **Uma unidade de ensino potencialmente significativa intermediada pela linguagem Python para o ensino de álgebra**, Unipampa, [TCC], 2021. Disponível em: <<https://dspace.unipampa.edu.br/handle/rii/5804>>. Acesso em 29 jun.2023.
- SILVA, F. R. O.; MAIA, L. S. P.; CAVALCANTE, D. N. S. **Hands-on no aprendizado de ondulatória: Estudo de caso com uma plataforma robótica**. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 3, p. 10526-10538, 2020.
- SOUZA FILHO, C. A. et al. Uso do Python como laboratório virtual na Física. IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão - **IX JEPEX**. Recife, PE – 19 a 23 de outubro de 2009. Disponível em: <<http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/R0966-1.pdf>>. pdf. Acesso em: 29 jun. 2023.