O NÚMERO IMAGINÁRIO DECIFRANDO A DINÂMICA DA REALIDADE

THE IMAGINARY NUMBER DECIPHERING THE DYNAMICS OF REALITY

Jessy Kelly Carvalho Miranda[1]
IFPA Campus Ananindeua/kelly15mira@gmail.com

Mateus Carvalho Paes de Souza[2]
IFPA Campus Ananindeua/mateus.carvalho8069@gmail.com

Felipe Fialho Nascimento[3]
IFPA Campus Ananindeua/ffialho266@gmail.com

Mariane Caroline Costa Ribeiro[4]
IFPA Campus Ananindeua/marianecostaribeiro@gmail.com

Manoel Matheus Costa Santa Brígida[5]
IFPA Campus Ananindeua/escritorio8090@gmail.com

Orientador – Denis Carlos Lima Costa[6]
IFPA Campus Ananindeua/denis.costa@ifpa.edu.br

Modalidade: Pesquisa

RESUMO: O Número Complexo é composto por uma parte Real e outra Imaginária. Recentes descobertas da Matemática, da Física e, da Filosofia indicam que esses números são essenciais para descrever o comportamento de fenômenos naturais. Este trabalho tem a intenção de colaborar com o estudo dos Números Imaginários, aumentando a resolução da interpretação desses eventos, como por exemplo, os climáticos.

Palavras-chave: Número Complexo – Mecânica Quântica – Linguagem Python – Ciência - Tecnologia

INTRODUÇÃO

Dentro da estrutura do conjunto dos Números Reais, todo número elevado à 2ª potência gera em um valor positivo. Com os Números Imaginários a história é outra. Conhecido como Conjunto dos Números Complexos, $(3i)^2 = -9$, por exemplo, refuta essa ideia.

Para Renou et al (2021), os Números Imaginários são extremamente importantes na modelagem matemática utilizada para prever os resultados dos experimentos que avaliam os níveis de energia do átomo de hidrogênio. Essa aplicação é extraordinariamente relevante para geração de energia sustentável.

O grupo de teóricos quânticos apresenta, em Li et (2021), um experimento indicando ser plausível que a Natureza possua, em dado momento, um comportamento Imaginário.

Considerando corretos as teorias da Mecânica Quântica, essa ideia garante essencialmente que os Números Complexos são uma parte essencial da descrição do Universo físico.

Esse artigo apresenta uma estratégia introdutória à operação com Números Complexos, aplicada com êxito no Bacharelado em Ciência e Tecnologia do IFPA Campus Ananindeua. A metodologia usada nas aulas aprimora o processo de ensino-aprendizagem e estimula avanços na pesquisa dessa área da Matemática, aplicada nas Ciências Naturais.

METODOLOGIA

Os modelos Matemáticos-Computacionais, utilizados nessa pesquisa, estão fundamentados em Costa et al (2019), em que os autores implementam estruturas matemáticas em Linguagem Python de Computação.

Considerando que $\boldsymbol{z}$ é um Número Complexo, sendo $\boldsymbol{x}, \boldsymbol{y} \boldsymbol{\epsilon} \mathbb{R}$ e $\boldsymbol{i} = \sqrt{\boldsymbol{-1}}$, temos que $\boldsymbol{z} = \boldsymbol{x} + \boldsymbol{yi}$, ou seja, $\boldsymbol{z} \in \mathbb{C}$, em que $\boldsymbol{x}$ é a parte Real e $\boldsymbol{y}$ é a parte Imaginária.

O Módulo do Complexo e sua Fase estão, respectivamente, representados pelas Equações

$$\rho = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \text{e} \quad \theta = arc\ tg\,\frac{y}{x}.$$

A Figura 1 descreve o algoritmo, em Python, para representação computacional de $\boldsymbol{z}, \boldsymbol{\rho}\ \boldsymbol{e}\ \boldsymbol{\theta}$.

Figura 1: Modelo Computacional para Números Imaginários

```python
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Fri Oct 20 12:06:24 2023
@authores(as): MATEUS DE SOUZA; FELIPE NASCIMENTO;
MANOEL SANTA BRIGIDA; MARIANE RIBEIRO; KELLY MIRANDA
Bacharelado em Ciência e Tecnologia - Grupo de pesquisa GM²SC
"""
import numpy as np
import cmath
import matplotlib.pyplot as plt
# Números Complexos:
# z1 = 4 + 3i; # z2 = -4 + i
# z3 = 1 - 2i; # z4 = 4i; # z5 = -3
x = np.array([4, -4, 1, 0, -3])
y = np.array([3, 1, -2, 4, 0])
# Representação Gráfica no R²
plt.plot(x,y,'sb', label= 'Z=x+yi')
plt.xlabel('Parte Real')
plt.ylabel('Parte Imaginária')
plt.title('Representação gráfica de Números Complexos')
plt.legend(loc = 'best')
plt.grid(True)
z1 = complex(4,3)
z2 = complex(-4,1)
print('z1=',z1)
print('z2=',z2)
z1+z2
print('z1+z2=',z1+z2)
# Modulo do Complexo
rho1 = abs(z1)
print('rho1=',rho1)
# Fase do Complexo
theta1 = cmath.phase(z1)
print('theta1 =', theta1,'rd')
print('theta1 =', theta1*180/np.pi,'°')
```

Fonte: Autoras(es).

Na Figura 2 está exibido o código-fonte que encontra as raízes de uma equação algébrica. O algoritmo permite determinar Raízes Reais, bem como, Raízes Complexas.

Figura 2: Modelo Computacional para Solução de Equações Algébricas em ℂ.

```python
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Fri Oct 20 11:50:42 2023

@authores(as): KELLY MIRANDA; MARIANE RIBEIRO;
FELIPE NASCIMENTO; MANOEL SANTA BRIGIDA; MATEUS DE SOUZA
Bacharelado em Ciência e Tecnologia - Grupo de pesquisa GM²SC
"""
# Biblioteca sympy: Matemática para Variáveis Simbólicas
import sympy as sy
# Declarando a variável simbólica: x
x = sy.symbols('x')
print('')
print('Equação a ser resolvida:')
f = 3*x**3 + 10*x**2 + 7*x - 10
print('f(x) =', f)
print('')
# Conjunto Solução: S
S = sy.solve(f)
print('Solução da Equação:')
print('========================')
print(' x =', S)
print('========================')
print('')
#Representação Gráfica da Função
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
delta = 0.25
x1 = np.arange(-4.0, 3.0, delta)
f1 = 3*x1**3 + 10*x1**2 + 7*x1 - 10
plt.plot(x1,f1)
plt.xlabel('Valores de x')
plt.ylabel('Valores de f')
plt.title('Representação de f(x)')
plt.grid(True)
```

Fonte: Autoras(es).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ratificando a eficácia do sistema proposto, essa seção apresenta os Números Imaginários z1, z2, z3 e z4 distribuídos no Plano Complexo.

$$z_1 = 4 + 3i; z_2 = -4 + 1;\ z_3 = 1 - 2i;\ z_4 = 4i$$

A Figura 3 destaca a soma dos Complexos z_1 e z_2, o Módulo de z_1, a Fase de z_1 em radianos e em Graus.

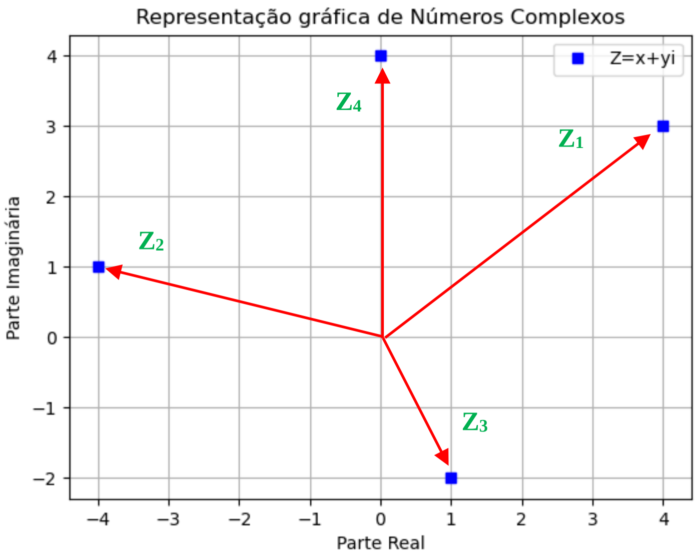
Figura 3: Operações computacionais com Números Imaginários

```
z1= (4+3j)
z2= (-4+1j)
z1+z2= 4j
rho1= 5.0
theta1 = 0.6435011087932844 rd
theta1 = 36.86989764584402 °
```

Fonte: Autoras(es).

A representação gráfica dos Números Imaginários está exibida na Figura 4.

Figura 4: Plano Complexo

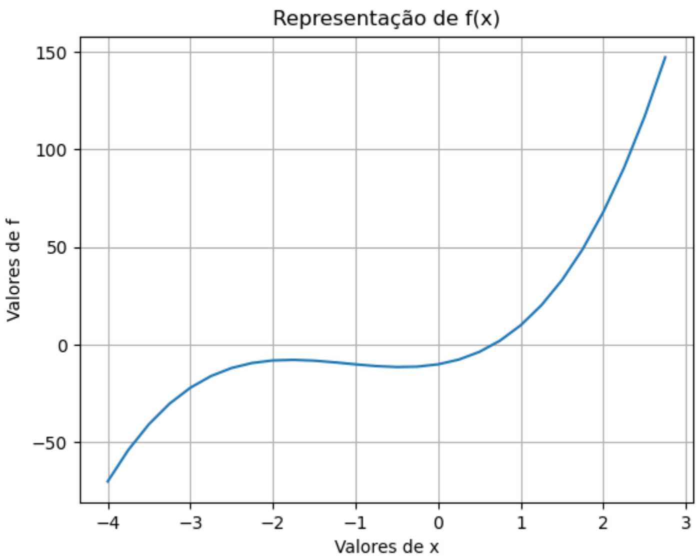


Fonte: Autoras(es).

A Figura 5 enfatiza a função

$$f(x) = 3x^3 + 10x^2 + 7x - 10.$$

Figura 5: Função com Raízes em $\mathbb{C}$



Fonte: Autoras(es).

A Figura 6 evidencia as suas Raízes Reais e Raízes Complexas.

Figura 6: Solução em $\mathbb{C}$ da Equação Polinomial

```
Equação resolvida:
f(x) = 3*x**3 + 10*x**2 + 7*x - 10

Solução da Equação:
=========================
 x = [2/3, -2 - I, -2 + I]
=========================
```

Fonte: Autoras(es).

A solução computacional indica, algebricamente, os seguintes valores:

$$x_1 = \frac{2}{3};\ x_2 = -2 - i;\ x_3 = -2 + i.$$

CONCLUSÃO

Quando resolvemos problemas numéricos considerando, tão somente, os Números Reais, nossa perspectiva da realidade torna-se limitada. Ao resolver uma equação e desprezar a existência dos Números Imaginários, desconsidera-se o postulado fundamental dos Complexos: a capacidade de simplificação dos fenômenos naturais, em nova versão analítica dos resultados.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

COSTA, Denis C. L.; COSTA, Heictor A. de O.; NEVES, Lucas P. Métodos Matemáticos Aplicados nas Engenharias via Sistemas Computacionais. I Simpósio Nacional sobre Ensino e Pesquisa de Matemática no Contexto da Educação, Ciência e Tecnologia. IFPA. Disponível em: http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/725265. 2019.

LI, Zheng-Da; MAO, Ya-Li; WEILENMANN, Mirjam; TAVAKOLI, Armin; CHEN, Hu; FENG, Lixin; YANG, Sheng-Jun; RENOU, Marc-Olivier; TRILLO, David; LE, Thinh P. Testing real quantum theory in an optical quantum network. Physical Review Letters. https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.128.040402. 2021.

RENOU, Marc-Olivier; TRILLO, David; WEILENMANN, Mirjam; THINH, Le Phuc; TAVAKOLI, Armin; GISIN, Nicolas; ACÍN, Antonio; NAVASCUES, Miguel. Quantum theory based on real numbers can be experimentally falsified. Nature. https://doi.org/10.1038/s41586-021-04160-4. 2021.

AGRADECIMENTOS

Aos Docentes e Discentes do Bacharelado em Ciência e Tecnologia, que executam com maestria o processo de ensino-aprendizagem.

Ao Grupo de Pesquisa Gradiente de Modelagem Matemática e Simulação Computacional - GM²SC, por possibilitar e incentivar a curiosidade e a investigação.