



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

XXVII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2023

Dinâmica de sistemas caóticos simples: movimentos pendulares

Gabriel Souza de Jesus¹; Rodolfo Alves de Carvalho Neto ²;

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Licenciatura em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: GabrielSouzaCTT@outlook.com
2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: rodolfo@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Determinismo; Caos Determinístico; Teoria da Aprendizagem Significativa; Epistemologia da Ciência.

INTRODUÇÃO

Este relatório tem como objetivo descrever as etapas efetivamente cumpridas da atividade de Iniciação Científica (IC) do estudante Gabriel Souza de Jesus, da Licenciatura de Física da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), orientado pelo professor Dr. Rodolfo Alves de Carvalho Neto, do Departamento de Física (DFIS). Trata-se de apresentar o Caos Determinístico (MOREIRA, 1993) com abordagem formal, dentro do escopo teórico do formalismo Lagrangeano, com a análise do pêndulo duplo ou acoplado. O trabalho, contudo, tem uma dimensão epistemológica, no sentido de realçar as implicações dos fenômenos macroscópicos caóticos com respeito ao conhecimento. A ideia paradigmática no sentido kuhniano é levada em conta, de modo que este trabalho não se encerra no domínio estritamente formal e está fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) (MOREIRA, 2006) e sua implicação metodológica. Os conceitos elencados para o ensino e aprendizagem foram: determinismo laplaciano, aspecto preditivo da Física, lagrangeano, o caos determinístico, sensibilidade às condições do problema, imprevisibilidade e o falsificacionismo popperiano. O presente trabalho tem também uma dimensão computacional, visto que o significado matemático do referido tema tal como abordei precisava se aproximar do nível de compreensão dos alunos e alunas do ensino médio. Por isso utilizou-se a plataforma VPython que tem como objetivo apresentar gráficos dinâmicos e simulações referentes ao Pêndulo Duplo ou Acoplado. É importante enfatizar que o marco teórico utilizado, qual seja a TAS, buscou propiciar uma metodologia de trabalho para as condições cognitivas específicas do estudante do ensino médio, nosso público alvo.

MATERIAL E MÉTODO (METODOLOGIA)

Trata-se de uma pesquisa qualitativa de cunho descritiva, tendo como principal preocupação estratégias que levassem em conta os significados físicos a serem aprendidos, dentro de um processo dialógico, de tal modo que as estratégias didáticas planejadas pudessem facilitar um relação dialógica entre professor e estudantes rumo a

construção de significados. Antes disso, foram confeccionados, pelo próprio estudante, mapas conceituais rumo a aprendizagem significativa do próprio estudante como passo anterior rumo a aprendizagem significativa do estudante do Ensino Médio. O plano de trabalho seguiu um processo evolutivo, cada mês com uma atividade síncrona ou assíncrona junto ao orientador. O plano de pesquisa foi assim organizado:

No 1° e 2° mês o orientador propôs um seminário acerca do livro “O universo dos quanta” onde foi discutido a história e filosofia da Mecânica Clássica e como se deu o processo de internalização do aspecto preditivo desta teoria física e o significado do determinismo implícito na segunda lei de Newton expresso na fala de Laplace, que ficou conhecido como o demônio laplaciano: dadas as condições iniciais bem definidas do problema poderia se obter toda história da partícula, futura ou passada.

No 3° mês para melhor aprendizado sobre a segunda lei de Newton, tive um estudo detalhado sobre o pêndulo linear ou pêndulo simples, que teve como objetivo escrever as equações horárias e observar a equação da trajetória que a lei pode proporcionar uma vez conhecidas as condições iniciais do problema.

No 4° mês fiz um estudo detalhado da Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, a partir de um livro de autoria do prof. Marco Antônio Moreira: A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula (2006).

No 5° mês foi feito um resumo do que se aprendeu de acordo com os livros de mecânica clássica: Dinâmica de Sistemas Mecânicos (SANTOS, 2001). Os métodos de energia da engenharia estrutural e a mecânica Lagrangeana (ROCHA, 2020, EDUFBA) e Tópicos de mecânica Clássica (AGUIAR, 2011). Estudando desde a história que levou a construção deste potente arsenal matemático até a formulação da equação de Euler-Lagrange. Neste momento foi introduzido conceitos como o de ação, coordenadas generalizadas, princípio de mínima ação, entre outros.

No 6° e 7° mês utilizando a mecânica de Lagrange foi possível analisar o comportamento do pêndulo simples de acordo as condições estabelecidas e logo após estudar e calcular o comportamento do pêndulo caótico (pêndulo duplo ou acoplado).

No 8° e 9° mês foi feito um resumo a respeito do que seria um sistema caótico e sua caracterização de um sistema ainda determinista. Para fazer essa investigação foi proposto pelo orientador a construção de um mapa conceitual que leva em conta a TAS, analisando assim a estrutura cognitiva do orientando.

No 10° e 11° mês utilizou-se a plataforma do VPython para fazer as simulações e os gráficos dinâmicos conforme a análise do pêndulo caótico, mostrando o determinismo que foi expresso quando calculado a Lagrangeana do sistema.

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

Considerando que a investigação utilizou a TAS como alicerce possibilitar a futura ancoragem do conhecimento prévio do aluno com os conceitos discutidos na pesquisa. Foi construído no 9° mês, como mostra na Tabela 1, um mapa conceitual, Figura 1, que mostra como se configura a estrutura cognitiva do aluno a partir dos conceitos abordados. Mostrando assim todos os temas que a pesquisa levou em consideração como: caos, caos determinístico, diferenças entre pêndulo simples e pêndulo caótico, a mecânica newtonina e a mecânica lagrangeana, etc. A proposta foi apresentar os Sistemas Caóticos a partir da Mecânica Clássica e mostrar que no Caos as

condições iniciais são totalmente sensíveis. Em geral vê-se uma grande dificuldade entre os alunos de perceber que o caos até certas condições pode também utilizar da incrível previsibilidade apontada pela Mecânica Clássica. Segundo (CARVALHO NETO et al., 2020) os alunos não associam, mesmo de modo qualitativo, a segunda lei de Newton à obtenção de uma trajetória, a partir das condições iniciais. Para que o caos determinístico tivesse uma abordagem acessível à alunos do ensino médio, o mapa conceitual teve em conexão com uma abordagem computacional, então para isso utilizando o VPython (que é uma plataforma que se utiliza a linguagem Python), para intermediar os resultados obtidos nos cálculos referente ao pêndulo duplo e a visualização do fenômeno FIGURA 2.

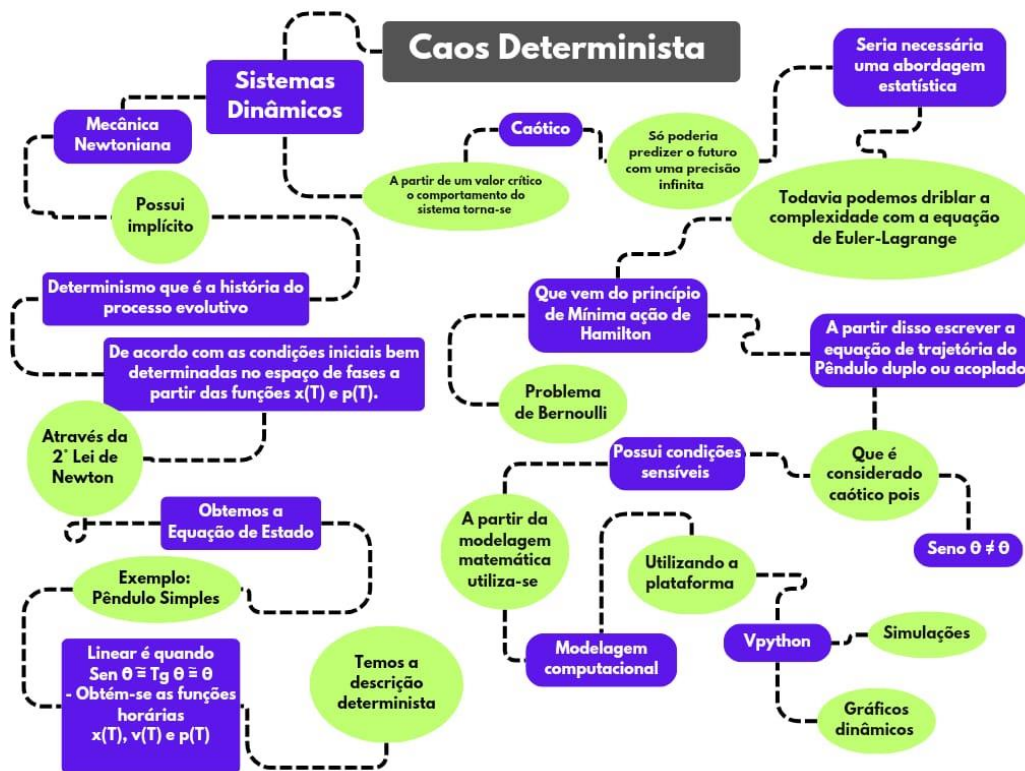


Figura 1: Mapa conceitual que descreve a estrutura cognitiva do orientando, acerca do caos determinístico.

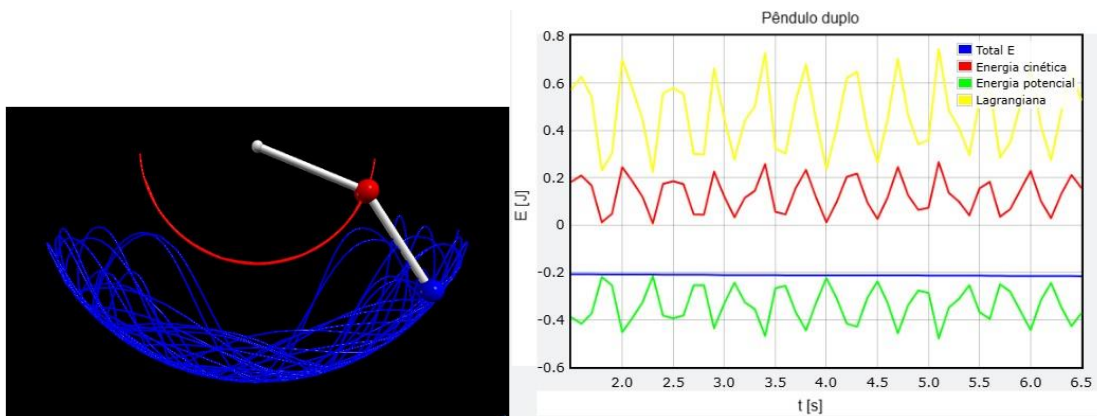


Figura 2: Simulação e gráfico dinâmico referente ao pêndulo duplo ou acoplado feito na plataforma VPython.

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

Este relatório trouxe como intuito apresentar um trabalho de pesquisa qualitativa através do programa de iniciação científica da UEFS. Diante de todos os resultados apresentados, os requisitos cobrados foram desenvolvidos, analisados e expostos como conteúdo didático com o objetivo de ser apresentado em sala de aula, especificamente do ensino médio. Entretanto, em detrimento de todo plano de trabalho apresentado pelo orientador, não foi possível apresentar dois materiais que eram inclusos no trabalho o pêndulo amortecido acionado e o diagrama de fase na secção de Poincaré. Pois o tempo não foi suficiente necessário para apresentar todas as demandas, até porquê o conteúdo que aqui abordei não é apresentado a nível de graduação, então fiz um mapeamento à nível de pós-graduação e isto demanda um tempo maior que o que foi apresentado. Todavia, dentre todos os materiais apresentados, o relatório tem um ganho consideravelmente grande para inclusão de um tema em ascensão na física e que foi reduzido e adaptado para o ensino médio. Sugerimos que futuras abordagens didáticas sejam efetivamente implementadas nas séries do ensino médio.

REFERÊNCIAS

- [1] MOREIRA, Ildeu de Castro. Sistemas Caóticos em Física- Uma Introdução. Revista Brasileira de Ensino de Física, [s. l], v. 15, n. 14, p. 163-181, 1 jan. 1993.
- [2] MOREIRA, Marco Antônio. A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006. 186 p.
- [3] SANTOS, Ilmar Ferreira. Dinâmica de Sistemas Mecânicos. São Paulo: Ltda, 2001. 270 p.
- [4] ROCHA, João Augusto de Lima. Os métodos de Energia da Engenharia Estrutural e a Mecânica Lagrangeana. Salvador: EDUFBA, 2020. 224 p.
- [5] AGUIAR, Marcus Aloizio Martinez de. Tópicos de Mecânica Clássica. São Paulo: Livraria da Física, 2011. 248 p.
- [6] FERREIRA, A. T. CHALMERS, Alan Francis. O que é ciência afinal? Trad. de Raul Fiker. São Paulo, Brasiliense, 1997. Educação e Filosofia, Uberlândia, v. 13, n. 26, p. 275–280, 2008.
- [7] CARVALHO NETO, Rodolfo Alves de et al. Enfatizando o Aspecto Preditivo da Segunda Lei de Newton: análise de uma experiência com alunos do ensino médio. Experiências em Ensino de Ciências, [s. l], v. 3, n. 1, p. 75-86, 29 ago. 2020.