



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Utilização do pêndulo duplo no ensino de conceitos básicos da teoria do caos determinístico no ensino médio: uma proposta de ensino potencialmente significativa.

PRODUTO EDUCACIONAL

Modelo de Sequência Didática

Clenilson Alves Cortez

Orientador:

Prof. Dr. Olavo Leopoldino da Silva Filho

BRASÍLIA – DF

2019

PRODUTO EDUCACIONAL

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	3
2.	METODOLOGIA DAS AULAS PROPOSTAS	5
3.	PROPOSTA DE UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO DE CONCEITOS BÁSICOS DA TEORIA DO CAOS DETERMINÍSTICO	6
4.	ATIVIDADES.....	9
4.1	Primeiro encontro: 1ª Aula	10
5.1.1	Plano de aula do primeiro encontro.....	10
4.2	Segundo encontro: 2ª Aula	13
4.2.1	Plano de aula do segundo encontro	13
4.3	Terceiro encontro: 3ª Aula.....	15
4.3.1	Plano de aula do terceiro encontro	16
4.4	Quarto encontro: 4ª Aula	17
4.4.1	Plano de aula do quarto encontro.....	18
4.5	Quinto encontro: 5ª Aula	20
4.5.1	Plano de aula do quinto encontro	20
4.6	Sexto encontro: 6ª Aula	22
4.6.1	Plano de aula do sexto encontro.....	22
5.	ORIENTAÇÕES	26
5.1	Construção do mapa conceitual	26
5.2	Construção de um Pêndulo duplo.....	28
6.	ATIVIDADE COMPLEMENTAR.....	30
6.1	O jogo <i>Life is Strange</i>	30
6.2	Canal BRKsEDU	31
6.3	Questionário	33
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

1. INTRODUÇÃO

Professor (a),

O presente produto educacional tem por finalidade nortear profissionais de Educação Básica, Ensino Médio, na elaboração de sequências didáticas que visem a promoção da Aprendizagem Significativa de conceitos básicos da teoria do caos determinístico. A referida aprendizagem, segundo a teoria de David Ausubel¹, se dá quando o aprendiz incorpora, à sua estrutura cognitiva, novo conhecimento relacionado aos conhecimentos prévios existentes, denominados subsunçores ou ideia-âncora.

O produto foi elaborado no primeiro semestre do corrente ano, durante o Programa Nacional de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF², vinculado à Universidade de Brasília – UnB – Polo 01, e aplicado com estudantes da terceira série do Ensino Médio em turmas regulares.

No que tange às atividades empreendidas, a atividade sondagem inicial busca levantar os conhecimentos prévios dos estudantes no que diz respeito à teoria do caos, relacionando-os ao novo conteúdo a ser ensinado, que interage com o conteúdo específico pré-existente, facilitando a aquisição e retenção de novos conceitos relacionados à teoria do caos determinístico.

De fato, nas linhas que se seguem, tem-se a promoção da Aprendizagem Significativa de conceitos básicos da teoria do caos, tais como: sistemas dinâmicos determinísticos, sistema de tempo discreto, evolução de sistemas caóticos, sensibilidade às condições iniciais, imprevisibilidade, irreversibilidade, iteração, atrator de Lorenz e efeito borboleta.

O produto educacional tem por finalidade funcionar como uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS³, assim estruturado:

- I) Metodologia das aulas propostas;
- II) Contextualização;
- III) Proposta de UEPS para o ensino de conceitos básicos da teoria do caos determinístico;

¹ “David Ausubel atuou como professor Emérito da Universidade de Columbia, em Nova York. Também era médico-psiquiatra de formação e dedicou sua carreira acadêmica à psicologia educacional” (MOREIRA, 2017, p. 159).

² O Programa Nacional de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF – é um programa da Sociedade Brasileira de Física – SBF e vinculado a Universidade de Brasília – UnB (Polo 01 – UnB).

³ A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS, segundo Moreira (2011), é um sequenciamento de atividades de ensino, com tópicos específicos de um conteúdo, guiadas pela teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

- IV) Atividades;
- V) Orientações; e
- VI) Atividades Complementares.

Na seção 3, em que se apresenta uma proposta de UEPS, bem como os conceitos básicos da teoria do caos, tem-se a estrutura das etapas da proposta de ensino e as atividades a serem desenvolvidas. As seções 4 e 5 evidenciam a organização de cada aula.

Por fim, a seção 6 apresenta uma atividade complementar, buscando aprimorar a Aprendizagem Significativa de conceitos da teoria do caos. A atividade é proposta a partir de um jogo em que, em seus episódios, são abordados conceitos da teoria do caos.

O produto educacional e o planejamento de cada aula (*slides*, questionários, simuladores, arquivos e imagens) estão disponíveis para consulta e ou utilização no *website*:

<https://sites.google.com/view/penduloduplocaosdeterministico>



Imagem 01: QR Code - site para o produto.

2. METODOLOGIA DAS AULAS PROPOSTAS

A metodologia da sequência didática envolve o levantamento de conhecimentos prévios, o uso de materiais potencialmente significativos e investigações que apontam indícios de Aprendizagem Significativa. A proposta de toda a pesquisa deve ser executada com a participação efetiva dos pesquisadores junto aos estudantes, buscando esclarecer as etapas de estudo, fazendo uso das variáveis do referencial teórico.

A sequência didática tem seu direcionamento para a aplicação em turmas do Ensino Médio, turmas regulares. As respostas dos questionários, sondagens inicial e final, devem ser analisadas para verificação de indícios de Aprendizagem Significativa.

3. PROPOSTA DE UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO DE CONCEITOS BÁSICOS DA TEORIA DO CAOS DETERMINÍSTICO

Objetivo Geral: Promover a aquisição dos seguintes conceitos relacionados à teoria do caos determinístico: sistemas dinâmicos determinísticos, sistema de tempo discreto, evolução de sistemas caóticos, sensibilidade às condições iniciais, imprevisibilidade, irreversibilidade, iteração, atrator de Lorenz e efeito borboleta.

Sequência:

1. Atividades iniciais: Inicialmente foi aplicado um questionário (sondagem inicial) com perguntas sobre os conceitos relacionados à teoria do caos para o levantamento dos subsunçores.

Como primeiro elemento de organização prévia, foi distribuído, para cada aluno, o *gibi* da série Pato Donald n. 2433, intitulado *Efeito Borboleta*.

Em um segundo momento do processo de organização prévia, ainda nas atividades iniciais, foi exibido o filme *Durante a Tormenta*, que mistura suspense, viagem temporal, multiplicidade de determinações, efeito borboleta e teoria do caos.

Em seguida, foram repassadas as orientações, por meio de *slide*, para a construção de um mapa conceitual inicial sobre o tema supramencionado. Ao término da aplicação da sequência didática, os estudantes também confeccionaram um mapa conceitual final, uma vez que se deu a comparação entre ambos os mapas em busca de indícios de Aprendizagem Significativa.

2. Situação-problema inicial: apresentação, por meio de *slides*, de trechos extraídos do *gibi* Pato Donald n°2433, do filme *Durante a Tormenta* e dos conhecimentos prévios dos estudantes observados na sondagem inicial que contenham tópicos relevantes envolvendo conceitos da teoria do caos.

Nesta etapa a evolução de um sistema acoplado, formado de pêndulos duplos, deve ser apresentada por meio de uma simulação computacional. Posteriormente, os estudantes se organizarão em grupos, a fim de debater possíveis resultados de uma nova evolução do referido sistema para uma diferença na quarta casa decimal de suas massas. Após terem acompanhado a evolução do sistema, os estudantes poderão expor suas conclusões em

um segundo debate com toda a turma, além de refletir sobre a evolução de outros sistemas físicos.

O professor deve ser o mediador do segundo debate entre os estudantes, ouvir as opiniões e despertar o interesse pelo assunto abordado, contudo, sem necessariamente chegar a uma resposta final objetiva.

3. Aprofundando conhecimentos: apresentação da evolução de sistemas de pêndulos simples e duplos em simulações computacionais e demonstrações experimentais do pêndulo duplo.

Observando a evolução dos sistemas, prático e teórico, dos pêndulos duplos e tendo como ponto de partida o seguinte questionamento: “Por que a evolução de um sistema com pêndulo duplo caracteriza um fenômeno caótico?” (com o intuito de aprimorar a compreensão dos conceitos e da imprevisibilidade da teoria do caos determinístico), o professor deve apresentar, por meio de *slides*, os conceitos que devem ser aprendidos com a referida sequência didática.

Os simuladores computacionais, disponível em <https://sites.google.com/view/penduloduplocaosdeterministico/atividades/3%C2%AA-aula?authuser=0> e https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/pendulum-lab do PhET⁴, são modelos que descrevem a evolução de um sistema físico, em particular, o movimento de pêndulos duplos.

No simulador, as grandezas: velocidade, massa, ângulos de inclinação a partir de um sistema de coordenadas, atrito e comprimento, dos pêndulos podem ser levemente alteradas, sendo possível acompanhar, em grau de comparação, as mudanças na evolução de cada movimento dos pêndulos. Logo, os simuladores representam um facilitador na compreensão dos conceitos da teoria do caos mediante as relações entre as grandezas envolvidas.

4. Nova situação-problema em nível mais alto de complexidade – observação experimental: apresentação das variáveis das equações que descrevem o movimento do pêndulo caótico, da iteração de um crescimento populacional, de uma bifurcação

⁴ “Fundado em 2002 pelo ganhador do Prêmio Nobel, Carl Wieman, o PhET - sigla em inglês para Tecnologia Educacional em Física, é um programa da Universidade do Colorado que pesquisa e desenvolve simulações na área e ensino de ciências e matemática (https://phet.colorado.edu/pt_BR/) e com distribuição gratuita” (ARANTES, MIRANDA e STUART, 2010).

construída a partir de um grande número de iterações, das equações de Lorenz e do atrator de Lorenz. O procedimento da execução tem sua descrição no plano de aula do quarto encontro.

Posteriormente, os estudantes farão o manuseio de dois pêndulos duplos, montados em sala de aula, supostamente idênticos e abandonados com os mesmos ângulos de inclinação e, a partir da evolução do movimento destes e tomando como base os conceitos abordados, quanto à teoria do caos, buscarão a compreensão dos seguintes questionamentos:

- Quais grandezas físicas estão envolvidas nas diferenças do movimento dos dois pêndulos duplos? e
- Existem outros sistemas físicos que evoluem para um sistema caótico? Descreva algum?

5. Reconciliação de conceitos: a partir das demonstrações experimentais, das simulações computacionais do movimento do pêndulo duplo e das respostas dos estudantes na sondagem inicial, far-se-á, por meio de *slides*, a reconciliação de conceitos da teoria do caos.

6. Encontro final: diálogo com os alunos, objetivando correções em conceitos mal aprendidos ou superficialmente compreendidos.

7. Avaliação – sondagem final e mapas conceituais finais: aplicação da aplicada a sondagem final e elaboração dos mapas conceituais do produto educacional.

8. Avaliação da UEPS: identificação de indícios de Aprendizagem Significativa na aplicação do produto, considerando a participação dos alunos nas atividades realizadas e a análise do mapa conceitual final e das sondagens, inicial e final, aplicadas.

4. ATIVIDADES

As atividades serão realizadas seguindo o cronograma evidenciado na Tabela 1, a seguir, além dos planos das aulas.

Tabela 01: Cronograma das atividades a serem desenvolvidas.

Aula	Atividades Propostas	Tempo	Data
01	Pesquisa, sondagem inicial (questionários, diálogo) para o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema “caos determinístico” e leitura do gibi Pato Donald nº2433.	__ min	__/__/20__
02	Exibição do filme <i>Durante a Tormenta</i> e orientação para a construção de um mapa conceitual.	__ min	__/__/20__
03	Discussão de conceitos da teoria do caos extraídos do gibi Pato Donald nº2433 e do filme <i>Durante a Tormenta</i> (explicação das grandezas relacionadas às sucessivas mudanças dos eventos); Apresentação experimental do comportamento de um pêndulo duplo; Simulações computacionais sobre a evolução de sistemas dinâmicos não lineares envolvendo o pêndulo duplo.	__ min	__/__/20__
04	Apresentação da evolução de sistemas físicos caóticos, em especial, do pêndulo duplo e as variáveis de suas equações de movimento; Apresentação experimental do movimento do pêndulo duplo.	__ min	__/__/20__
05	Aula expositiva dialogada integradora final: retomar todo o conteúdo da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS, bem como os conceitos trabalhados nas aulas anteriores.	__ min	__/__/20__
06	Questionário de sondagem final e construção de um mapa conceitual; <i>Feedback</i> para avaliar o desempenho dos estudantes (Aprendizagem Significativa).	__ min	__/__/20__

4.1 Primeiro encontro: 1ª Aula

Pesquisa, sondagem inicial (questionários, diálogo) para o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema “caos determinístico” e leitura do gibi Pato Donald n°2433.

5.1.1 Plano de aula do primeiro encontro

1. Identificação

Nível de ensino	Ensino Médio
Instituição	
Natureza	Aplicação de uma UEPS
Docente responsável	
Modalidade	Presencial
Área do conhecimento	Física
Tema da aula	Sondagem inicial
Título (Tópico) da aula	Sondagem inicial – Teoria do caos determinístico
Tipo predominante	Teórica
Duração prevista	

2. Objetivo principal

Sondagem inicial dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre a teoria do caos.

3. Objetivos complementares

Verificar a existência e profundidade do conhecimento dos estudantes relacionados à teoria do caos.

Armazenar as respostas fornecidas sobre a temática para uma futura análise da Aprendizagem Significativa.

4. Conhecimentos introdutórios relevantes

Funções lineares e não lineares e conceito de sistema físico.

5. Metodologia

Aula expositiva, exposição da pesquisa e do tema proposto, questionário de sondagem inicial e leitura do gibi Pato Donald n°2433 intitulado *Efeito Borboleta*.

5.1. Estratégias didáticas

No primeiro encontro se tem um momento duplo, com a aplicação de um questionário de sondagem inicial para o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes e a leitura do gibi Pato Donald n°2433 intitulado *Efeito Borboleta*.

Questionário - Sondagem inicial: Tema – Teoria do caos

Questão 01

Supondo que você esteja lendo um texto e em determinado trecho da leitura você se depara com a palavra “caos”. Descreva sua impressão sobre a narrativa do texto.

Objetivo: verificar a compreensão dos estudantes sobre o termo “caos”.

Questão 02

Você já ouviu falar sobre a teoria do caos?

() Sim - Descreva sua compreensão sobre a referida teoria.

() Não - Descreva sua impressão sobre a referida teoria.

Objetivo: Verificar a compreensão/impressão dos estudantes sobre a teoria do caos.

Questão 03

“Sensibilidade às condições iniciais”, “iteração”, “atrator” e “efeito borboleta” são termos imprescindíveis para a compreensão da teoria do caos. Destes, qual(is) você já ouviu falar? Descreva qual seu entendimento.

Objetivo: verificar a familiaridade e o entendimento de alguns termos utilizados para a compreensão da teoria do caos.

Questão 04

Sistemas dinâmicos podem ser descritos quando algumas grandezas que caracterizam seus objetos constituintes variam no tempo. Cite algum sistema dinâmico (linear ou não linear) relacionado ao conteúdo de Física que você estudou.

Objetivo: verificar a compreensão dos estudantes a respeito do sistema dinâmico relacionado ao estudo da Física.

Questão 05

A evolução de um sistema físico pode ser descrita por modelos matemáticos e simulações virtuais. Durante o Ensino Médio, você ou seu professor fizeram uso de algum simulador computacional? Em que conteúdo de Física foram utilizadas as simulações computacionais?

Objetivo: verificar a compreensão dos estudantes a respeito de modelagem e das simulações computacionais de sistemas relacionados ao estudo da Física.

Questão 06

A equação $X_{i+1} = 3,8 \cdot X_i \cdot (1 - X_i)$ descreve, discretamente, o crescimento populacional de duas espécies: P e Q, onde X_{i+1} representa o tamanho da população em um instante posterior ao crescimento X_i .

Complete a seguinte Tabela:

Iteração	Tamanho da População		Diferença Populacional ($P_n - Q_n$) (onde n representa as iterações das populações P e Q).
	População de P, $X_i = 0,7000$	População de Q, $X_i = 0,6999$	
1ª	0,7980		0,0001
2ª		0,6122	
3ª			
4ª	0,3363	0,3354	0,009

Objetivo: verificar a habilidade matemática dos estudantes de produzir iterações a partir das condições de contorno.

Questão 07

“O determinismo afirma que todos os acontecimentos do mundo são preestabelecidos. Em oposição, a concepção indeterminista afirma que existem acontecimentos que não são pré-estabelecidos, ou ainda, que o futuro não é fixo”.

Na sua opinião, o estudo da ciência, em especial, de temas relacionados à Física, se relacionam mais com quais correntes de pensamento dos termos outrora destacados? E é possível um sistema ser determinístico e imprevisível?

Objetivo: verificar a compreensão dos estudantes sobre as correntes de pensamento do determinismo/indeterminismo e previsível/imprevisível relacionados ao estudo da Física.

Questão 08

Você já ouviu falar sobre o experimento do pêndulo duplo?

() Sim

() Não

Objetivo: verificar, quantitativamente, se os estudantes conhecem o movimento de um pêndulo duplo.

6. Recursos necessários

Questionário, sondagem inicial impresso, para a coleta das respostas dos estudantes e gibi Pato Donald n°2433 intitulado *Efeito Borboleta*.

7. Proposta de Avaliação (com referencial teórico)

Avaliação, sondagem inicial, cuja parte qualitativa será mais importante que a quantitativa. Tal processo servirá de base para a análise posterior de indícios de Aprendizagem Significativa de Ausubel. E ainda, verificar-se-á o engajamento dos estudantes na construção do mapa conceitual, a fim de evitar a flutuação nos dados durante a avaliação final.

8. Sugestões de Leituras complementares

GLEICK, J. J. **Caos: a construção de uma nova ciência**. 16. ed. Rio de Janeiro: CAMPUS, 1989.

4.2 Segundo encontro: 2ª Aula

Exibição do filme *Durante a Tormenta* e orientação, por meio de *slide*.

4.2.1 Plano de aula do segundo encontro

1. Identificação

Nível de ensino	Ensino Médio
Instituição	
Natureza	Aplicação de uma UEPS
Docente responsável	
Modalidade	Presencial
Área do conhecimento	Física
Tema da aula	Filme
Título (Tópico) da aula	Exibição do filme <i>Durante a Tormenta</i> e orientações para a construção de um mapa conceitual
Tipo predominante	Teórica
Duração prevista	

2. Objetivo principal

Apresentar a exibição do filme e a leitura do gibi como organizadores prévios da UEPS e, posteriormente, prestar orientação para a construção de um mapa conceitual.

3. Objetivos complementares

Ilustrar o efeito borboleta, isto é, a evolução de um sistema dinâmico sensível às condições iniciais e à orientação para a construção de um mapa conceitual.

4. Conhecimentos introdutórios relevantes

Funções lineares e não lineares e conceito de sistema físico.

5. Metodologia

Exibição do filme *Durante a Tormenta* e orientações para a construção de um mapa conceitual.

5.1. Estratégias didáticas

O filme *Durante a Tormenta*, em paralelo com o gibi Pato Donald n°2433 intitulado *Efeito Borboleta*, são os organizadores prévios de conceitos da teoria do caos exemplificados em aulas futuras. E ainda, será necessária a orientação, por meio de *slides*, para a construção de um mapa conceitual, a fim de hierarquizar os conceitos envolvidos na teoria do caos.

Tabela 02: Orientações para a construção do mapa conceitual.





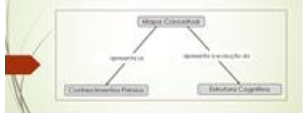

<p>Mapas Conceituais</p> <p>Organizadores de ideias</p>  <p>Slide 01</p>	<p>Estrutura de um Mapa Conceitual</p> <p>Um Mapa Conceitual # O Mapa Conceitual</p>  <p>Slide 02</p>	<p>Construção de um Mapa Conceitual</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Escolha um tema: 2. Organize os conceitos principais: <ul style="list-style-type: none"> - Conceitos Gerais - Conceitos Específicos 3. Ligue os conceitos mais gerais com os mais específicos. Use verbos nas linhas.  <p>Slide 03</p>
<p>Exemplo de um Mapa Conceitual</p>  <p>Slide 04</p>	<p>O que é um mapa Conceitual</p> <p>Um Mapa Conceitual # O Mapa Conceitual</p>  <p>Slide 05</p>	<p>Construa um Mapa Conceitual</p> <p>Tema: "Teoria do Caos"</p>  <p>Slide 06</p>

Tabela 03: Organizadores prévios.

<p>Gibi – Pato Donald n° 2433</p>  <p>Slide 01</p>	<p>Gibi – Pato Donald n° 2433</p> <p>Efeito Borboleta</p>  <p>Slide 02</p>	<p>Gibi – Pato Donald n° 2433</p> <p>Determinismo as condições iniciais</p>  <p>Slide 03</p>
<p>Gibi – Pato Donald n° 2433</p> <p>Evolução do sistema</p>  <p>Slide 04</p>	<p>Gibi – Pato Donald n° 2433</p> <p>Evolução do sistema</p>  <p>Slide 05</p>	<p>Gibi – Pato Donald n° 2433</p> <p>Evolução do sistema</p>  <p>Slide 06</p>
<p>Gibi – Pato Donald n° 2433</p> <p>Evolução do sistema</p>  <p>Slide 07</p>	<p>Gibi – Pato Donald n° 2433</p> <p>Evolução do sistema</p>  <p>Slide 08</p>	<p>Gibi – Pato Donald n° 2433</p> <p>Evolução do sistema</p>  <p>Slide 09</p>

 <p>Slide 10</p>	 <p>Slide 11</p>	 <p>Slide 12</p>
 <p>Slide 13</p>	 <p>Slide 14</p>	

6. Recursos necessários

Equipamento de multimídia: computador, caixas de som e *Data Show*.

7. Proposta de Avaliação

A avaliação da aula terá por norte evidenciar o aumento do nível de complexidade do assunto, ao passo que se espera que o mapa conceitual possua elementos que relacionem hierarquicamente os conceitos da teoria do caos.

8. Sugestões de Leituras complementares

GLEICK, J. J. **Caos: a construção de uma nova ciência**. 16. ed. Rio de Janeiro: CAMPUS, 1989.

PROJETO almanaque. Direção de Dean Israelite. Paramount Pictures, 2015. (106 min.).

4.3 Terceiro encontro: 3ª Aula

Discussão de conceitos da teoria do caos extraídos do gibi Pato Donald nº2433 e do filme *Durante a Tormenta* (quais grandezas estão atreladas às sucessivas mudanças dos eventos), além de simulações computacionais, por meio de *software*, da evolução de sistemas dinâmicos não lineares envolvendo o pêndulo duplo.

4.3.1 Plano de aula do terceiro encontro

1. Identificação

Nível de ensino	Ensino Médio
Instituição	
Natureza	Aplicação de uma UEPS
Docente responsável	
Modalidade	Presencial
Área do conhecimento	Física
Tema da aula	Conceitos da teoria do caos
Título (Tópico) da aula	Conceitos da teoria do caos a partir de simulações computacionais do movimento do pêndulo duplo.
Tipo predominante	Teórica
Duração prevista	

2. Objetivo principal

Apresentar a evolução do movimento de um pêndulo duplo, por meio de um simulador computacional e, a partir das simulações, evidenciar os seguintes conceitos:

- Sistemas dinâmicos determinísticos;
- Sistema de tempo discreto;
- Evolução de sistemas caóticos;
- Sensibilidade às condições iniciais;
- Imprevisibilidade; e
- Irreversibilidade.

3. Objetivos complementares

A partir dos conceitos abordados na evolução do sistema de um pêndulo duplo, o estudante deverá conceituar o comportamento de um sistema caótico qualquer.

4. Conhecimentos introdutórios relevantes

Evolução de um sistema dinâmico.

5. Metodologia

Aula expositiva e com uso da lousa e de simuladores computacionais do pêndulo duplo. E ainda, abordagem dos conceitos da teoria do caos extraídos da leitura do gibi Pato Donald n°2433 intitulado *Efeito Borboleta*, e da exibição do filme *Durante a Tormenta*, e das simulações computacionais do pêndulo duplo.

5.1. Estratégias didáticas

Os seguintes termos: “sistemas dinâmicos determinísticos”, “sistema de tempo discreto”, “evolução de sistemas caóticos”, “sensibilidade às condições iniciais”, “imprevisibilidade”, “irreversibilidade”, “sistema não periódico/quasiperiódico”, “iteração”, “atrator de Lorenz” e “efeito borboleta”, devem ser apresentados na lousa. A partir da leitura do gibi e da exibição do filme supramencionado e das simulações computacionais, cada conceito deve ser explorado para o caso do pêndulo duplo.

6. Recursos necessários

Equipamento de multimídia (computador, *software Maple*⁵, caixas de som e data show).

7. Proposta de Avaliação

Durante o encontro, observar-se-á, tomado nota, a participação dos alunos, a fim de verificação futura da hierarquia dos conceitos de indícios de aprendizagem significativa.

8. Sugestões de Leituras complementares

GLEICK, J. J. **Caos: a construção de uma nova ciência**. 16. ed. Rio de Janeiro: CAMPUS, 1989.

4.4 Quarto encontro: 4ª Aula

Apresentação de nova situação-problema em nível mais alto de complexidade. E ainda, apresentação, por meio de simulações computacionais e do *software Maple*, da evolução de sistemas físicos caóticos, em especial, do pêndulo duplo e as variáveis de suas equações.

⁵ É um sistema algébrico computacional comercial de uso genérico. Constitui um ambiente informático para a computação de expressões algébricas, simbólicas, permitindo o desenho de gráficos a duas ou a três dimensões. O seu desenvolvimento teve início no ano de 1981, pelo Grupo de Computação Simbólica na Universidade de Waterloo, Waterloo, Canadá (<https://pt.wikipedia.org/wiki/Maple>).

4.4.1 Plano de aula do quarto encontro

1. Identificação

Nível de ensino	Ensino Médio
Instituição	
Natureza	Aplicação de uma UEPS
Docente responsável	
Modalidade	Presencial
Área do conhecimento	Física
Tema da aula	Sondagem inicial
Título (Tópico) da aula	Grandezas que influenciam no movimento do pêndulo duplo.
Tipo predominante	Teórica e apresentação experimental
Duração prevista	

2. Objetivo principal

Verificar, a partir de simulações computacionais e de uma apresentação experimental, quais grandezas que influenciam na evolução do movimento de um sistema de pêndulo duplo, evidenciando os seguintes conceitos:

- Sistemas dinâmicos determinísticos;
- Sistema de tempo discreto;
- Evolução de sistemas caóticos;
- Sensibilidade às condições iniciais;
- Imprevisibilidade;
- Irreversibilidade;
- Iteração; e
- Atrator de Lorenz.

3. Objetivos complementares

A partir da observação experimental da evolução de dois pêndulos duplos, inferir quais grandezas estão envolvidas na diferença de seus movimentos.

4. Conhecimentos introdutórios relevantes

Conceitos da teoria do caos.

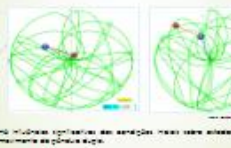

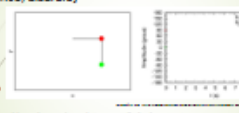
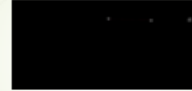
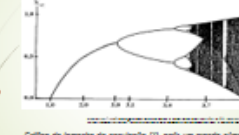
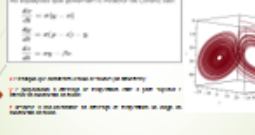
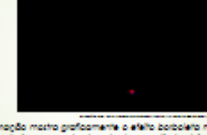
5. Metodologia

Aula expositiva, por meio de *slides*, explanando os conceitos da teoria do caos e as grandezas envolvidas no movimento do pêndulo duplo.

5.1. Estratégias didáticas

A aula deve ter como ponto de partida os conceitos da teoria do caos, as simulações computacionais e as observações experimentais da evolução do movimento do pêndulo duplo, apresentados nas aulas anteriores. A sequência dos *slides* deve evidenciar a evolução do movimento de um pêndulo duplo, trabalhando, a partir daí, os conceitos da teoria do caos.

Tabela 04: Conceitos relevantes na teoria do caos.

<p>Teoria do Caos "Uma nova ciência"</p> <ul style="list-style-type: none"> - Processo e não de estado (de vir-a-ser do que ele ser); - Não determinístico; - Sensibilidade as Condições Iniciais; - Nuvem de resultados; - Desordem ordenada. <p>Com o avanço da ciência, descobrimos que o mundo não é tão simples quanto parece. Há uma ordem oculta, que se revela aos olhos, apenas com o auxílio da matemática, da física.</p> <p>Slide 01</p>	<p>*Sensibilidade as Condições Iniciais</p>  <p>Nas condições iniciais, as trajetórias dos dois pêndulos são quase idênticas. Porém, ao longo do tempo, pequenas diferenças nas condições iniciais levam a grandes diferenças no movimento.</p> <p>Slide 02</p>	<p>Sistema Dinâmico Determinístico</p>  <p>Um sistema dinâmico determinístico é um sistema regido por leis que determinam sua evolução. Tomando valores de uma variável, mesmo que ligeiramente diferentes, os valores rapidamente se afastam e logo se afastam de maneira imprevisível ao longo do tempo.</p> <p>Slide 03</p>																								
<p>Evolução de Sistema Dinâmico (Contínuo, Discreto)</p>  <p>Nos chamamos sistemas dinâmicos o tempo aparece como variável independente e o estado do sistema é caracterizado por um conjunto de grandezas (variáveis dependentes).</p> <p>Slide 04</p>	<p>Imprevisibilidade e Irreversibilidade</p>  <ul style="list-style-type: none"> - Não é possível prever o comportamento do sistema durante sua evolução temporal como acontece com fenômenos periódicos e lineares. - É impossível retornar ao seu estado passado. <p>Slide 05</p>	<p>Iteração</p> <p>Equação para o crescimento de bactérias (modelo de uma população):</p> $X_{t+1} = R \cdot X_t (1 - X_t)$ <p>Onde:</p> $X_{t+1} = R \cdot X_t - R \cdot X_t^2$ <table border="1"> <thead> <tr> <th>Iteração</th> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X_t</td> <td>0,1</td> <td>0,75</td> <td>0,46875</td> <td>0,62891</td> <td>0,37109</td> <td>0,53121</td> <td>0,36879</td> <td>0,46875</td> <td>0,37109</td> <td>0,53121</td> <td>0,36879</td> </tr> </tbody> </table> <p>Slide 06</p>	Iteração	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	X_t	0,1	0,75	0,46875	0,62891	0,37109	0,53121	0,36879	0,46875	0,37109	0,53121	0,36879
Iteração	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10															
X_t	0,1	0,75	0,46875	0,62891	0,37109	0,53121	0,36879	0,46875	0,37109	0,53121	0,36879															
<p>Bifurcação e Mapa do Caos</p>  <p>Diagrama de bifurcação da população (X) após um grande número de iterações, em função do parâmetro de crescimento (R).</p> <p>Slide 07</p>	<p>Efeito Borboleta</p>  <p>Slide 08</p>	<p>Atrator de Lorenz</p>  <p>Slide 09</p>																								

Posteriormente, os estudantes devem manusear dois pêndulos duplos, montados em sala de aula, supostamente idênticos e abandonados com os mesmos ângulos de inclinação, e, a partir da evolução do movimento de ambos os pêndulos duplos e tomando como base os conceitos abordados em relação à teoria do caos, buscar a compreensão dos seguintes questionamentos:

- Quais grandezas físicas estão envolvidas nas diferenças do movimento dos dois pêndulos duplos? e
- Existem outros sistemas físicos que evoluem para um sistema caótico? Descreva algum.

Os estudantes devem perceber que pequenas alterações nas condições iniciais produzirão, no futuro, mudanças significativas, ou seja, sistemas dinâmicos não lineares são sensíveis às condições iniciais.

6. Recursos necessários

Equipamento de multimídia (computador, *software Maple*, caixas de som e *Data Show*), dois pêndulos duplos e roteiro de construção nas orientações.

7. Proposta de Avaliação

Durante o encontro, observar-se-á, tomado nota, a participação dos alunos, para verificação futura da hierarquia dos conceitos e de indícios de Aprendizagem Significativa.

8. Sugestões de Leituras complementares

GLEICK, J. J. **Caos: a construção de uma nova ciência**. 16. ed. Rio de Janeiro: CAMPUS, 1989.

4.5 Quinto encontro: 5ª Aula

Aula expositiva dialogada integradora final: retomar todo o conteúdo da UEPS e os conceitos trabalhados nas aulas anteriores, porém, em maior nível de complexidade em relação à primeira apresentação.

4.5.1 Plano de aula do quinto encontro

1. Identificação

Nível de ensino	Ensino Médio
Instituição	
Natureza	Aplicação de uma UEPS
Docente responsável	
Modalidade	Presencial
Área do conhecimento	Física
Tema da aula	Reconciliação dos conceitos
Título (Tópico) da aula	Retomar o conteúdo da UEPS em um nível mais alto de complexidade
Tipo predominante	Teórica
Duração prevista	

2. Objetivo principal

Retomar os aspectos mais gerais, estruturantes, porém, em maior nível de complexidade em relação à primeira apresentação.

3. Objetivos complementares

Correções de problemas de aprendizagem apresentados pelos estudantes.

4. Conhecimentos introdutórios relevantes

Conceitos da teoria do caos.

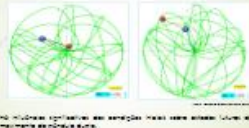

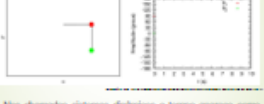

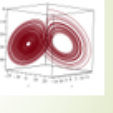

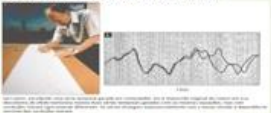
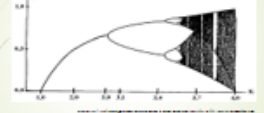
5. Metodologia

Aula expositiva dialogada integradora final.

5.1. Estratégias didáticas

Serão retomados, por meio dos *slides* da aula 04, os aspectos mais gerais da temática, porém, em maior nível de complexidade em relação às aulas anteriores, efetuando-se as correções de problemas de aprendizagem apresentados pelos estudantes. E ainda, a sugestão do jogo intitulado *Life is Strange* como atividade complementar.

Tabela 05: Reconciliação integradora.

<p>Teoria do Caos "Uma nova ciência"</p> <ul style="list-style-type: none"> - Processo é não de estado (de vir-a-ser do que se é); - Não determinístico; - Sensibilidade as Condições Iniciais; - Nuvem de resultados; - Desordem ordenada. <p>Caos é o estado de sistemas determinísticos, que apresentam uma forte dependência as condições iniciais, que exibem resultados aparentemente aleatórios, ao longo do tempo.</p>	<p>"Sensibilidade as Condições Iniciais"</p>  <p>As mínimas diferenças nas condições iniciais causam grandes mudanças ao longo do tempo.</p>	<p>Sistema Dinâmico Determinístico</p>  <p>Nesta aula vamos falar sobre sistemas dinâmicos. É um assunto que é muito importante.</p> <p>Um sistema dinâmico determinístico é um sistema regido por leis que determinam sua evolução. Também refere-se aos métodos para que resolvamos problemas de sistemas regidos por essas leis (que evoluem de maneira exponencial com o tempo).</p>																																																															
<p>Evolução de Sistema Dinâmico</p>  <p>Nos chamamos sistemas dinâmicos o tempo aparece como variável independente e o estado do sistema é caracterizado por um conjunto de grandezas (variáveis dependentes).</p>	<p>Imprevisibilidade e Irreversibilidade</p>  <ul style="list-style-type: none"> - Não é possível prever o comportamento do sistema durante sua evolução temporal como acontece com fenômenos periódicos e lineares. - É impossível retornar ao seu estado passado. 	<p>Efeito Borboleta</p> <p>Equações que governam o tempo de Lorenz são:</p> $\frac{dx}{dt} = \sigma(y - x)$ $\frac{dy}{dt} = x(\rho - z) - y$ $\frac{dz}{dt} = xy - \beta z$ <p>→ Regras de sistema dinâmico (Lorenz)</p> <p>→ Dependem do tempo e dependem de um ponto inicial.</p> <p>→ É impossível retornar ao tempo e regressar ao ponto inicial.</p>  <p>Modelo de sistema dinâmico governado por equações de Lorenz.</p>																																																															
<p>Atrator de Lorenz</p>  <p>o atrator mostra graficamente o efeito borboleta no sistema caótico. atrator de Lorenz, tempo determinado e ponto de dois parâmetros iniciais distintos, variando e está.</p>	<p>Experimento de Lorenz</p> <p>COMO COM ZERAR DE TEMPO ZERARU - Diferença entre os mesmos pontos ZERARU e ZERAR. Mesmo sistema de equações de Lorenz, porém com pontos de partida diferentes.</p> 	<p>Iteração</p> <p>Equações que governam o tempo de Lorenz são:</p> $X_{t+1} = K \cdot X_t (1 - X_t)$ <p>OU</p> $X_{t+1} = K \cdot X_t - K \cdot X_t^2$ <p>→ É a evolução de população em um certo intervalo.</p> <p>→ É a evolução de população em um certo período de tempo.</p> <p>→ É o crescimento populacional de um sistema dinâmico.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Iteração</th> <th>População</th> <th>População</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0,500</td><td>0,250</td></tr> <tr><td>2</td><td>0,375</td><td>0,242</td></tr> <tr><td>3</td><td>0,242</td><td>0,236</td></tr> <tr><td>4</td><td>0,177</td><td>0,232</td></tr> <tr><td>5</td><td>0,131</td><td>0,229</td></tr> <tr><td>6</td><td>0,097</td><td>0,227</td></tr> <tr><td>7</td><td>0,073</td><td>0,226</td></tr> <tr><td>8</td><td>0,055</td><td>0,225</td></tr> <tr><td>9</td><td>0,041</td><td>0,224</td></tr> <tr><td>10</td><td>0,031</td><td>0,223</td></tr> <tr><td>11</td><td>0,023</td><td>0,223</td></tr> <tr><td>12</td><td>0,017</td><td>0,223</td></tr> <tr><td>13</td><td>0,013</td><td>0,223</td></tr> <tr><td>14</td><td>0,010</td><td>0,223</td></tr> <tr><td>15</td><td>0,007</td><td>0,223</td></tr> <tr><td>16</td><td>0,005</td><td>0,223</td></tr> <tr><td>17</td><td>0,004</td><td>0,223</td></tr> <tr><td>18</td><td>0,003</td><td>0,223</td></tr> <tr><td>19</td><td>0,002</td><td>0,223</td></tr> <tr><td>20</td><td>0,001</td><td>0,223</td></tr> </tbody> </table>	Iteração	População	População	1	0,500	0,250	2	0,375	0,242	3	0,242	0,236	4	0,177	0,232	5	0,131	0,229	6	0,097	0,227	7	0,073	0,226	8	0,055	0,225	9	0,041	0,224	10	0,031	0,223	11	0,023	0,223	12	0,017	0,223	13	0,013	0,223	14	0,010	0,223	15	0,007	0,223	16	0,005	0,223	17	0,004	0,223	18	0,003	0,223	19	0,002	0,223	20	0,001	0,223
Iteração	População	População																																																															
1	0,500	0,250																																																															
2	0,375	0,242																																																															
3	0,242	0,236																																																															
4	0,177	0,232																																																															
5	0,131	0,229																																																															
6	0,097	0,227																																																															
7	0,073	0,226																																																															
8	0,055	0,225																																																															
9	0,041	0,224																																																															
10	0,031	0,223																																																															
11	0,023	0,223																																																															
12	0,017	0,223																																																															
13	0,013	0,223																																																															
14	0,010	0,223																																																															
15	0,007	0,223																																																															
16	0,005	0,223																																																															
17	0,004	0,223																																																															
18	0,003	0,223																																																															
19	0,002	0,223																																																															
20	0,001	0,223																																																															
<p>Bifurcação e Mapa do Caos</p>  <p>Diagrama de bifurcação de população (P) após um grande número de iterações, em função de parâmetro de crescimento (K).</p>	<p>Conclusão</p> <p>A teoria do caos não é uma teoria de desordem, mas busca no aparente acaso uma ordem intrínseca determinada por leis precisas.</p> <p>Além do clima, outros processos aparentemente casuais apresentam certa ordem, como por exemplo o crescimento populacional, arritmias cardíacas, flutuação do mercado financeiro, etc.</p>																																																																

6. Recursos necessários

Equipamento de multimídia: computador, caixas de som e *Data Show*.

7. Proposta de Avaliação

Durante o encontro, observar-se-á, tomado nota, a participação dos alunos, para verificação futura da hierarquia dos conceitos e indícios de Aprendizagem Significativa.

8. Sugestões de Leituras complementares

GLEICK, J. J. **Caos: a construção de uma nova ciência**. 16. ed. Rio de Janeiro: CAMPUS, 1989.

4.6 Sexto encontro: 6^a Aula

Questionário de sondagem final e construção de um mapa conceitual, além de *feedback* para avaliar o desempenho dos estudantes (Aprendizagem Significativa).

4.6.1 Plano de aula do sexto encontro

1. Identificação

Nível de ensino	Ensino Médio
Instituição	
Natureza	Aplicação de uma UEPS
Docente responsável	
Modalidade	Presencial
Área do conhecimento	Física
Tema da aula	Sondagem final
Título (Tópico) da aula	Questionário e construção de mapa conceitual para sondagem final
Tipo predominante	Teórica
Duração prevista	

2. Objetivo principal

Sondagem final, questionário de sondagem e construção de um mapa conceitual.

3. Objetivos complementares

A partir da sondagem final, verificar os indícios de Aprendizagem Significativa.

4. Conhecimentos introdutórios relevantes

Conceitos da teoria do caos: “sistemas dinâmicos determinísticos”, “sistema de tempo discreto”, “evolução de sistemas caótico”, “sensibilidade às condições iniciais”, “imprevisibilidade”, “irreversibilidade”, “iteração”, “atrator de Lorenz” e “efeito borboleta”.

5. Metodologia

Sondagem final, questionário e mapa conceitual.

5.1. Estratégias didáticas

Aplicação de um questionário de sondagem final e construção de um mapa conceitual para avaliar o desempenho dos estudantes (Aprendizagem Significativa).

Questionário - Sondagem final: Tema - Teoria do caos

Questão 01

Descreva a teoria do caos explicitando seus principais conceitos.

Objetivo: investigar se a base conceitual da teoria do caos foi bem fixada (Diferenciação Progressiva).

Questão 02

Cite características de sistemas dinâmicos que apresentam comportamento caótico?

Objetivo: investigar se a base conceitual da teoria do caos foi bem fixada (Diferenciação Progressiva).

Questão 03

COMO DOIS PADRÕES DE TEMPO DIVERGEM – Partindo quase do mesmo ponto (0.506127 e 0.506), Edward Lorenz viu seu computador de previsão do tempo produzir padrões que se distanciavam cada vez mais, até que toda semelhança desaparecesse.

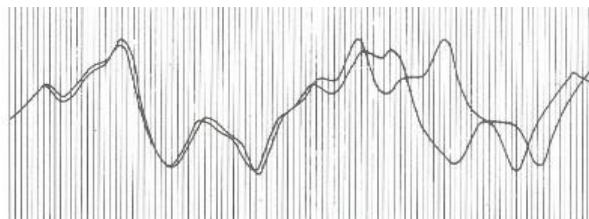


Imagem 02: Padrões meteorológicos de Lorenz.
Fonte: GLEICK, p.14.

A partir do texto e da figura apresentados anteriormente, qual conceito, relacionado à teoria do caos, está associado à mudança de padrão?

Objetivo: investigar se a base conceitual da influência das condições iniciais na evolução do sistema foi fixada.

Questão 04

Diferencie um sistema dinâmico caótico determinista de um sistema aleatório.

Objetivo: investigar a profundidade conceitual e ligada a teoria do caos (Reconciliação Integrativa).

Questão 05

“Sensibilidade às condições iniciais” e “efeito borboleta” são termos imprescindíveis para a compreensão da teoria do caos. Sobre tais termos, descreva qual seu entendimento?

Objetivo: investigar se a base conceitual da influência das condições iniciais e do efeito borboleta foi fixada.

Questão 06

A equação $X_{i+1} = 3,8 \cdot X_i \cdot (1 - X_i)$ descreve, discretamente, o crescimento populacional, onde X_{i+1} representa o tamanho da população em um instante posterior ao crescimento X_i .

Complete a Tabela a seguir, a partir de dois valores muito próximos para a população inicial.

Iteração	Tamanho da População	
	$X_i = 0,7000$	$X_i = 0,6999$
1ª	0,7980	
2ª		0,6122
3ª		
4ª	0,3363	0,3354
5ª		
6ª		
7ª		

Objetivo: investigar se a habilidade matemática e a produção de iterações foram fixadas.

Questão 07

Você considera o tema “teoria do caos” adequado para ser ensinado em nível introdutório no Ensino Médio? Por que?

Objetivo: verificar a vontade de aprender sobre o tema “teoria do caos”.

Questão 08

Por que o movimento de um pêndulo duplo é caracterizado como um movimento caótico?

Objetivo: investigar se a base conceitual da teoria do caos, aplicada ao movimento do pêndulo duplo, foi fixada.

6. Recursos necessários

Questionário, sondagem final – impresso para os estudantes responderem – e folhas em branco para a construção de mapas conceituais.

7. Proposta de Avaliação

Durante o encontro, observar-se-á, tomado nota, a participação dos alunos, para verificação futura da hierarquia dos conceitos e de indícios de Aprendizagem Significativa.

8. Sugestões de Leituras complementares

GLEICK, J. J. **Caos: a construção de uma nova ciência**. 16. ed. Rio de Janeiro: CAMPUS, 1989.

5. ORIENTAÇÕES

5.1 Construção do mapa conceitual

Os mapas conceituais são ferramentas gráficas importantes, utilizados para estabelecer uma organização hierárquica de conceitos, que demonstram o grau hierárquico de compreensão dos estudantes sobre a temática em questão.

Mapas conceituais são diagramas conceituais, enfatizando conceitos, suas hierarquias e suas relações proposicionais no contexto de um corpo de conhecimentos. (MOREIRA, 2013, p.29)

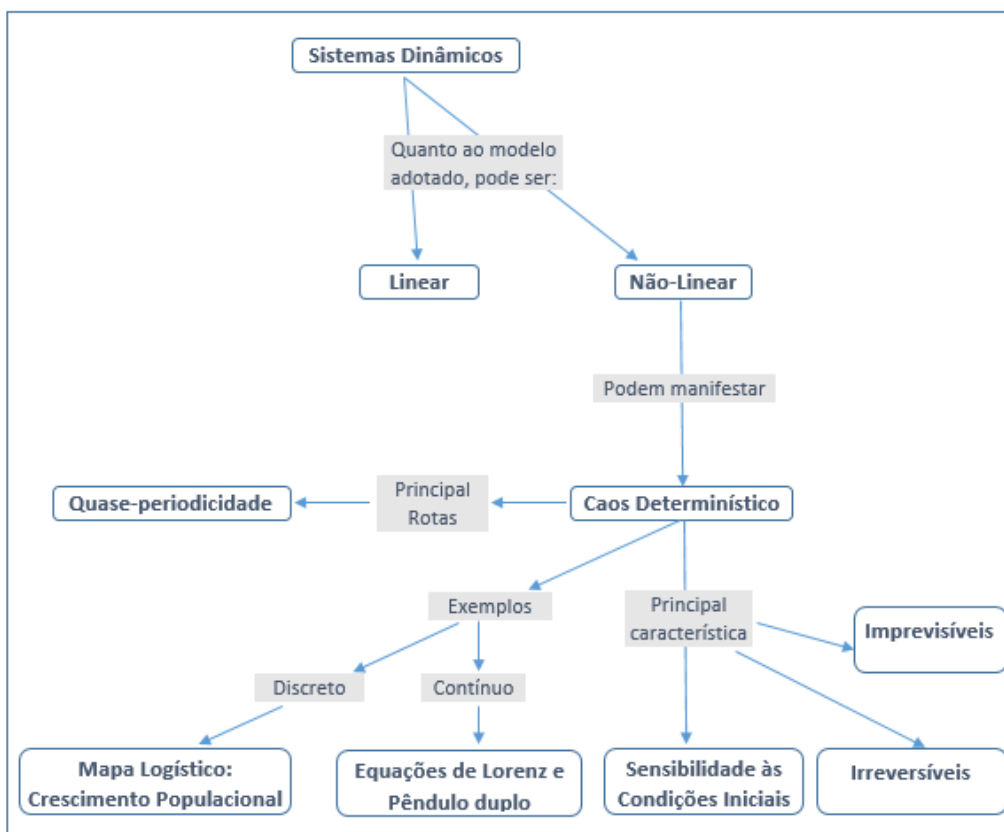

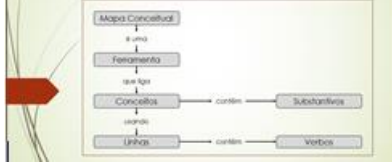
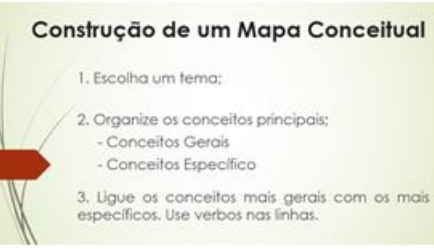

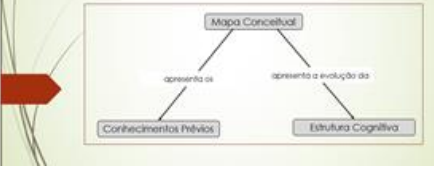



Imagem 03: Modelo de mapa conceitual – Teoria do caos





Tabela 06: Slides com as orientações para construção de um mapa conceitual.

SLIDE 1	SLIDE 2
<p>Mapas Conceituais</p> <p>Organizadores de ideias</p> 	<p>Estrutura de um Mapa Conceitual</p> <p>Um Mapa Conceitual ≠ O Mapa Conceitual</p> 
SLIDE 3	SLIDE 4
<p>Construção de um Mapa Conceitual</p> <ol style="list-style-type: none"> Escolha um tema; Organize os conceitos principais: <ul style="list-style-type: none"> - Conceitos Gerais - Conceitos Específico Ligue os conceitos mais gerais com os mais específicos. Use verbos nas linhas. 	<p>Exemplo de um Mapa Conceitual</p>  <p><small>Figura 3. Um mapa conceitual para forças (Morais, 1977, 1979, 1983; Morais e Buchs, 1987).</small></p>
SLIDE 5	SLIDE 6
<p>O que é um mapa Conceitual</p> <p>Um Mapa Conceitual ≠ O Mapa Conceitual</p> 	<p>Construa um Mapa Conceitual</p> <p>Tema: "Teoria do Caos"</p> <p>Atividade Individual: Construa um Mapa Conceitual a partir do tema acima.</p> 

5.2 Construção de um Pêndulo duplo

Materiais utilizados na construção de dois pêndulos duplos:

Tabela 07: Material para a construção de um pêndulo duplo.

Imagens	Descrição do material
 Imagem 04	4 barras de ferro de comprimento 25,0 cm e 9,0 mm de diâmetro.
 Imagem 05	4 porcas N12 e 4 arruelas diâmetros 1,2 cm
 Imagem 06	2 barras de ferro de comprimento 5,0 cm e 1,1 cm de diâmetro.
 Imagem 07	2 barras de ferro de comprimento 2 cm e 1,1 cm de diâmetro.

 <p data-bbox="422 421 550 452">Imagem 08</p>	<p data-bbox="687 414 1193 450">4 rolamentos n 21, diâmetro de 1,1 cm.</p>
 <p data-bbox="422 763 550 795">Imagem 09</p>	<p data-bbox="687 616 1027 651">Tinta spray branca 200 ml</p>
 <p data-bbox="422 1088 550 1120">Imagem 10</p>	<p data-bbox="687 952 903 987">Local das soldas</p>
 <p data-bbox="422 1491 550 1523">Imagem 11</p>	<p data-bbox="687 1310 911 1346">Pêndulos prontos</p>

6. ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Objetivo: extrair conceitos básicos da teoria do caos a partir do jogo intitulado *Life Is Strange*⁶.

6.1 O jogo *Life is Strange*

O jogo *Life Is Strange* está disponível nas plataformas móveis *Play Store (Android)* e *Apple Store (IOS)*. Ele é dividido em episódios, sendo que a aventura de cada episódio consiste em que o jogador, terceira pessoa, escolha as ações da personagem Maxine Caulfield. Logo no início do jogo é trazida a informação que a personagem pode retroceder o tempo e tomar novas decisões que já tinha feito.

Por mais que a personagem volte no tempo, em qualquer momento, e tome novas decisões, suas novas escolhas sempre criam um “efeito borboleta”. Assim, o jogo faz alusão direta à teoria do caos em todos os episódios.

Imagens de propagandas disponíveis nas plataformas *Play Store (Android)* e *Apple Store (IOS)*.

Tabela 08: Imagem do Jogo *Life is Strange*, disponível na loja *Play Store*.

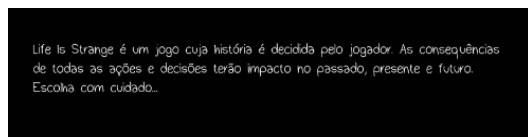


Imagem 12: Início do jogo, '**Life is Strange**' é um **jogo cuja história é decidida** pelo jogador. As consequências de todas as ações e decisões terão impacto no passado, presente e futuro. Escolha com cuidado...

Dados do app	
Downloads	Mais de 1.000.000 downloads
Oferecido por	SQUARE ENIX Ltd
Lançado em	18 de jul de 2018
Permissões do app	Ver mais

Imagem 13: Dados de gerais

⁶ *Life Is Strange* é um jogo eletrônico episódico de aventura desenvolvido pelo estúdio francês *Donnod Entertainment* e publicado pela *Square Enix*. Ele consiste em cinco episódios lançados periodicamente entre janeiro e outubro de 2015 para as plataformas *Linux*, *Microsoft Windows*, *OS X*, *PlayStation 3*, *PlayStation 4*, *Xbox 360* e *Xbox One*. Em dezembro de 2017, foi lançado para as plataformas móveis *IOS* e, em janeiro de 2018, para a plataforma *Android*. Informações gerais do jogo disponíveis em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Life_Is_Strange Acesso em: 08 abr. 2019.



Imagem 14: Encarte do jogo, Catástrofes provocadas pelas escolhas



Life is Strange é um jogo premiado no qual as suas escolhas afetam a história

Imagem 15: Volte no tempo para controlar seu destino



Imagem 16: Um mundo que reage a suas escolhas



Imagem 17: comentário de usuário na plataforma *Play Story (android)*

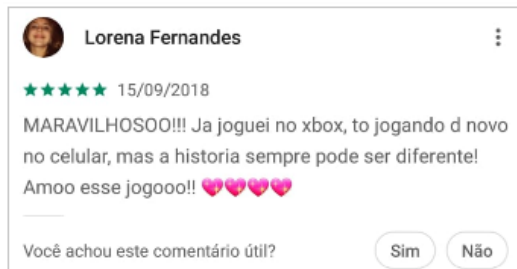


Imagem 18: comentário de usuário na plataforma *Play Story (android)*

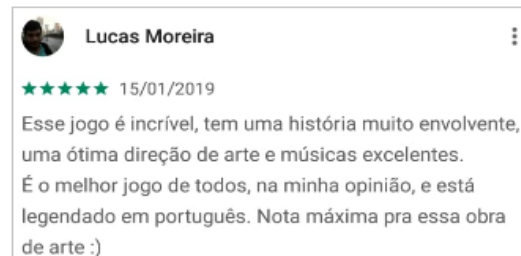


Imagem 19: comentário de usuário na plataforma *Play Story (android)*

6.2 Canal⁷ BRKsEDU

Eduardo Benvenuti – conhecido como Edu, do canal BRKsEDU – é um dos mais conhecidos *YouTubers* nacionais no ramo de *games*. Seu canal possui mais de 7.671.000 inscritos. Ele divulga vídeos diversos sobre as principais tendências de *games*.

⁷ Com mais de 1,9 bilhão de usuários o *YouTube* é uma plataforma de compartilhamento e visualização de vídeos online com sede em San Bruno (Califórnia). O acesso aos vídeos ocorre por meio de dispositivos móveis e computadores conectados à rede mundial de computadores. Os vídeos dos episódios jogados do game *Life is Strange* estão disponíveis no Canal do Edu (BRKsEDU): <https://www.youtube.com/watch?v=AQha3wxuVYQ> Acesso em: 08 abr. 2019.

Recentemente, Edu publicou em seu canal 22 vídeos com a conclusão de todo o jogo *Life is Strange*, segundo as suas escolhas para a personagem Maxine Caulfield. Caso o internauta não queira jogar o referido gameo, a opção de visualização dos vídeos é interessante, pois minimiza tempo, além da série ser envolvente e empolgante a cada escolha. O vídeo do primeiro episódio possui mais de 860.000 visualizações.

Na conclusão do jogo, episódio de número 22, Edu afirma que *Life is Strange* foi o melhor jogo que ele já jogou.

Tabela 09: Imagens do canal BRKsEDU.

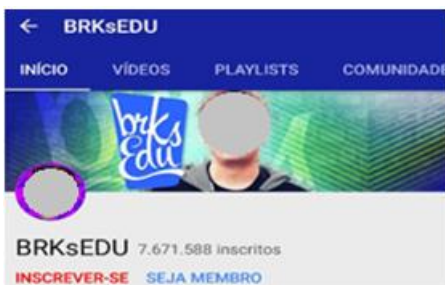


Imagem 20: Canal do Edu **BRKsEDU**



Imagem 21: Cena do início do jogo.



Imagem 22: Efeito borboleta



Imagem 23: Referência do jogo ao efeito borboleta



Imagem 24: Episódio 3 – Teoria do Caos



Imagem 25: cena final do jogo.

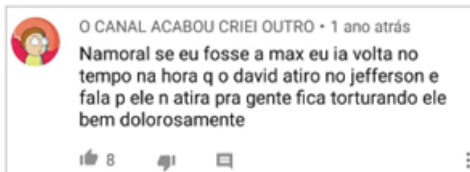


Imagem 26: Comentário de usuário do canal

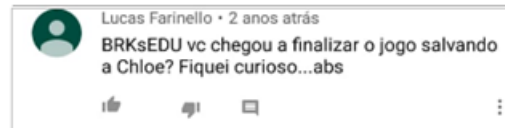


Imagem 27: Comentário de usuário do canal

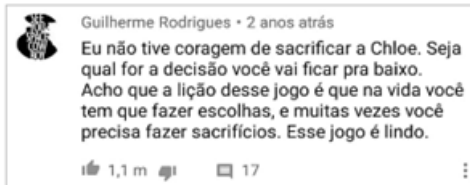


Imagem 28: Comentário de usuário do canal

6.3 Questionário

- 1) O que você entende por sensibilidade às condições iniciais? Exemplifique com alguma cena do jogo *Life is Strange*.
- 2) A rigor, sistemas dinâmicos não lineares caóticos são sistemas fora do equilíbrio, caracterizados por estados que mudam com o tempo, sendo irreversíveis. Nesse sentido, em que parte do jogo *Life is Strange* é possível extrair o conceito aqui sublinhado?
- 3) No jogo *Life is Strange*, em diversos momentos se tem a ilustração de uma borboleta, a partir de alguma cena. Assim, segundo a teoria do caos, o que é o efeito borboleta? Exemplifique com uma cena do jogo.
- 4) Descreva porque a teoria do caos retrata fenômenos imprevisíveis.
- 5) Exemplifique algum sistema físico, real, que pode ser descrito como um sistema caótico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos:** uma perspectiva cognitiva. 1ª. ed. Lisboa: Plátano, 2003. 140 p. Disponível em: <<http://files.mestrado-em-ensino-de-ciencias.webnode.com/200000007-610f46208a/ausebel.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

ARANTES, A. R.; MIRANDA, M. S.; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. **Física na Escola**, v. 11, n. 1, 2010. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol11/Num1/a08.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

DURANTE a Tormenta. Direção de Oriel Paulo. NetFlix, 2009. (2h 08 min.).

FERREIRA, M.; FILHO, O. L. S. Proposta de plano de aula para o ensino de física. *Physicae Organum*, v. 5, n. 1, p. 39-44, Brasília, 2019.

GLEICK, J. J. **Caos: a construção de uma nova ciência**. 16. ed. Rio de Janeiro: CAMPUS, 1989.

MOREIRA, M. A.; ELCIE F.S.M. **Aprendizagem Significativa:** a teoria de david Ausubel. 2. ed. São Paulo: CENTAURO, 2006.

MOREIRA, M. A. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências** — Comportamentalismo, Construtivismo e Humanismo. 2. ed. Porto Alegre, Brazil: UFRGS, 2016.

_____. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, p. 25-46, 2011a. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID16/v1_n3_a2011.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2018.

_____. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas-UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011b. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

_____. **O que é afinal aprendizagem significativa**. *Quriculum*, n. 25, p. 29-56, 2012. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueefinal.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

_____. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas-UEPS. **Temas de Ensino e Formação de Professores de Ciências**. Natal, RN: EDUFRN, p. 45-57, 2012a. Disponível em: <http://ppgect.ufsc.br/files/2013/05/LivroCasadinho_V2_2013.pdf>. Acesso em: 16 de jun. 2018.

_____. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. 2012b. **Revisado em 2012**.

Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

_____. Mapas Conceituais e Teorias de Aprendizagem. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 3, n. 3, p. 29-40, 2013. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID75/v3_n3_a2013.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2018.

_____. **Teorias de Aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2017.

RIBEIRO, R. J.; SILVA, S. C. R.; KOSCIANSKI, A. Organizadores prévios para aprendizagem significativa em Física: o formato curta de animação. **Revista Ensaio**, v. 14, n. 3, p. 167-183, set-dez. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v14n3/1983-2117-epec-14-03-00167.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2018.