

**ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA FORÇA  
ELÁSTICA PARA ALUNOS DO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO**

Marilene Cordeiro Pascoal  
Jardel da Costa Brozeguini  
Marcelo Esteves de Andrade

CARIACICA

2019

## APRESENTAÇÃO

Este guia didático de Física é resultado de um estudo científico desenvolvido durante os anos de 2017 e 2018 no curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com o Instituto Federal do Espírito Santo *Campus Cariacica*. A proposta é baseada numa Sequência de Ensino Investigativa (SEI) que contempla o conteúdo força elástica aplicada a uma turma de ensino médio da Escola Maria de Novais Pinheiro, localizada no município de Viana (ES). Ela é destinada ao professor do Ensino Médio com o objetivo de auxiliá-lo na aplicação de atividades investigativas em sala de aula.

Entre as atividades que podemos destacar na intervenção pedagógica temos: a demonstração investigativa, o laboratório aberto, as questões abertas e a leitura de textos. Todos os questionários, textos, roteiros e experimentos usados na intervenção estão inseridos nesse guia, ressaltando-se o seu potencial para o desenvolvimento intelectual, social e humano dos estudantes.

Este guia também apresenta uma breve revisão do Ensino por Investigação para que o referencial teórico não se torne um obstáculo ao trabalho do professor.

Marilene Cordeiro Pascoal  
Jardel da Costa Brozeguini  
Marcelo Esteves de Andrade

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>3</b>
1.1	DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA.....	4
1.2	QUESTÕES ABERTAS.....	6
1.3	LEITURA DE TEXTO .....	7
1.4	LABORATÓRIO ABERTO.....	7
1.5	AVALIAÇÃO .....	11
<b>2</b>	<b>A SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA</b> .....	<b>13</b>
2.1	AULA 1: DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA .....	14
2.2	AULA 2: QUESTÕES ABERTAS .....	16
2.3	AULA 3: TEXTOS DE APOIO .....	19
<b>2.3.1</b>	<b>Texto 1</b> .....	<b>19</b>
2.3.1.1	Força elástica .....	19
<b>2.3.2</b>	<b>Texto 2</b> .....	<b>20</b>
2.3.2.1	Histerese .....	20
2.3.2.2	Módulo de Young ou Modo de Elasticidade (E) .....	21
2.4	CÁLCULO DA CONSTANTE ELÁSTICA DA MOLA .....	23
2.5	AULA 5: LABORATÓRIO ABERTO .....	24
2.6	AULA 6: AVALIAÇÃO E PESQUISA DE OPINIÃO .....	26
<b>2.6.1</b>	<b>Avaliação</b> .....	<b>26</b>
<b>2.6.2</b>	<b>Questionário de Opinião</b> .....	<b>28</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>30</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As Sequências de Ensino Investigativas são sequências de atividades planejadas para introduzir os alunos na cultura científica. A intenção não é tornar os alunos cientistas, pois eles não têm idade, conhecimento e agilidade para manipular as ferramentas científicas. O objetivo é proporcionar um ambiente investigativo na sala de aula (CARVALHO, 2013).

De acordo com esta autora, a Sequência de Ensino Investigativa (SEI) são sequências de atividades elaboradas que contemplam um tópico do conteúdo escolar, onde cada aula é planejada de acordo com o material e as relações didáticas. As SEIs devem proporcionar aos alunos:

Condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo para o científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores (CARVALHO, 2013, p.9).

Através da SEI, promovemos uma mudança de postura tanto do professor quanto do aluno, pois durante todo o processo de aplicação da SEI o estudante busca a resolução do problema junto com o professor, por meio da formulação das hipóteses para explicar o fenômeno estudado e da análise dos resultados obtidos, bem como da produção da conclusão do problema proposto (CARVALHO, 2013).

Carvalho (2013) propôs algumas atividades para compor a SEI, quais sejam: Demonstração investigativa, questões abertas, leitura de texto, problemas abertos, laboratório aberto, atividade de avaliação e/ou finalização da SEI.

Baseado na proposta de Carvalho (2013, 2014) e Azevedo (2004), elaboramos nossa SEI com as seguintes etapas: Demonstração investigativa, questões abertas, leitura de texto, cálculo da constante elástica da mola, laboratório aberto, avaliação. A seguir, vamos explicar como cada etapa foi contemplada na nossa sequência de aulas.

## 1.1 DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA

De uma maneira geral, as demonstrações investigativas são realizadas pelo professor com o objetivo de estudar determinado conceito. Tais atividades são realizadas normalmente em sala de aula, tendo como ponto de partida um problema inicial relacionado ao fenômeno a ser estudado. Os alunos, em grupos, buscam soluções para a questão apresentada, sendo que, para isso devem elaborar hipóteses que serão, ou não, confirmadas com a realização do experimento pelo professor. Assim, a apresentação de um problema, para iniciar uma atividade de investigação, é primordial para a criação de um novo conhecimento (CARVALHO, 2014).

As atividades investigativas desempenham um papel importante na educação, pois promovem a participação dos alunos na construção do conhecimento. Como já mencionamos anteriormente, o uso de tais atividades nas aulas proporciona uma mudança de postura do estudante com relação ao processo pedagógico. No entanto, de acordo com Carvalho (2014), algumas características são necessárias para que a atividade seja considerada investigativa:

Precisa ser acompanhada de uma questão problematizadora, questionadora e de diálogo, envolvendo a resolução de problemas e levando a introdução de conceitos. Deve ser fundamentada, ou seja, é importante que a atividade de investigação faça sentido para o aluno, de modo que ele saiba o porquê de estar investigando o fenômeno que a ele foi apresentado (CARVALHO, 2014, p. 47).

Dessas considerações, podemos notar que as atividades investigativas são importantes no processo educacional, mas elas não são suficientes para que o aluno formalize os conceitos necessários para a compreensão do fenômeno físico estudado. A construção científica requer um trabalho contínuo, para que o aluno, pouco a pouco, se familiarize com os termos, convenções, fórmulas, teorias para que assim seja construído seu conhecimento científico.

Em uma atividade de demonstração investigativa, temos alguns aspectos da atividade científica que devem ser considerados, pois eles destacam a importância desta atividade. Desta forma, Gil e Castro (1996) elencam os seguintes pontos (tradução nossa):

- Apresentar um problema aberto com um nível de dificuldade adequado para o aluno.
- Incentivar a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse nas situações propostas.
- Aprimorar as análises qualitativas e significativas que ajudem a entender e limitar as situações apresentadas.
- Considerar a formulação de hipóteses como atividade central na investigação científica, que é capaz de orientar o tratamento das situações apresentadas e destacar os conhecimentos prévios dos alunos.
- Fazer uma análise detalhada dos resultados (sua interpretação física, confiabilidade etc, de acordo com o conhecimento disponível, das hipóteses manipuladas e dos resultados obtidos por outros grupos.
- Dar importância especial ao desenvolvimento de memórias científicas, que refletem o trabalho realizado e dar destaque ao papel da comunicação e do debate na atividade científica.
- Fortalecer a dimensão coletiva do trabalho científico, pois através da interação entre os grupos ocorre a construção da explicação à questão proposta.

As aulas de demonstração investigativa permitem ao aluno, dentre outras coisas, resolver problemas, argumentar, trabalhar em grupo, refletir etc Carvalho (2014) enumera as contribuições dessas atividades para o ensino de Física:

A percepção de concepções espontâneas por meio da participação do aluno nas diversas etapas da resolução de problemas;  
A valorização do ensino por investigação;  
A aproximação de uma atividade de investigação científica;  
A maior participação e interação do aluno em sala de aula;

A valorização da interação do aluno com o objeto de estudo;  
A valorização da aprendizagem de atitudes e não apenas de conteúdo;  
A possibilidade da criação de conflitos cognitivos em sala de aula  
(CARVALHO, 2014, p. 51).

## 1.2 QUESTÕES ABERTAS

São questões que contribuem para o trabalho em grupo, vez que são problematizadas e ligadas ao cotidiano dos estudantes, cuja resolução está associada ao conceito em estudo. São importantes pois favorecem a argumentação, a escrita, o uso da norma culta da língua portuguesa, o uso da linguagem científica para o entendimento de fenômenos naturais, para o enfrentamento de situações-problemas e favorece a autonomia do aluno (AZEVEDO, 2004).

A utilização dessas questões em sala de aula contempla algumas competências e suas respectivas habilidades, de acordo com a Matriz de Referência do ENEM, tais como:

- Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.
- Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.
- Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico tecnológicas.

Ao elaborarmos as questões abertas, buscamos em Azevedo (2004) e Carvalho (2014), os objetivos destas questões e como aplicá-las na sala de aula. Carvalho (2014) propõe três maneiras que elas podem ser aplicadas: em grupo grande; em dupla ou em grupos pequenos de três ou quatro alunos; em prova e avaliações.

### 1.3 LEITURA DE TEXTO

A utilização de textos históricos, informativos ou de apoio pode ocorrer em vários momentos da SEI. Em nossa proposta, utilizamos texto de apoio para que pudéssemos retomar os conceitos estudados nas aulas anteriores. Esse tipo de texto é importante, pois ele contém os conceitos já estudados em uma linguagem formal e na linguagem matemática. Trata-se de um material essencial para os alunos estudarem em casa e tirarem dúvidas sobre o conteúdo trabalhado (CARVALHO, 2014).

A atividade de leitura de texto é normalmente realizada em pequenos grupos de três a quatro alunos, o que viabiliza a discussão, a argumentação, a compreensão e o desenvolvimento do raciocínio envolvido na investigação. Assim, essa atividade favorece a aprendizagem (VANNUCCHI, 1997).

Na visão de Carvalho (2014), essa atividade é uma importante estratégia para o processo educacional, pois permite a socialização e o trabalho em grupo, o que contribui para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes. Entendemos que essa atividade é importante, pois contribui para o crescimento do aluno como ser social. Ressaltamos ainda, que esse momento é propício para a discussão sobre as contribuições da Física para a sociedade.

### 1.4 LABORATÓRIO ABERTO

As propostas de Azevedo (2004) e Carvalho (2014) para o laboratório aberto mostram que essa é uma atividade experimental onde um problema é apresentado aos alunos que, divididos em grupos, buscam solucioná-lo. Além disso, Carvalho (2013) destaca que os estudantes devem utilizar o conhecimento adquirido nas aulas anteriores e estabelecer uma relação entre o conceito estudado e a solução para o problema proposto.



O laboratório aberto promove a mudança de postura do professor e do aluno, pois no laboratório tradicional, o professor fornece o problema, os recursos e o procedimento, ao aluno cabe retirar os dados e elaborar as conclusões. Além disso, o laboratório aberto requer uma participação efetiva do aluno, uma vez que, ele é o responsável por todo planejamento da atividade. De acordo com Borges (2002), em uma atividade de laboratório aberto, compete ao aluno:

Toda a solução, desde a percepção e geração do problema; sua formulação em uma forma suscetível de investigação; o planejamento do curso de suas ações; a escolha dos procedimentos, a seleção dos equipamentos e materiais, a preparação da montagem experimental, a realização de medidas e observações necessárias; o registro dos dados em tabelas e gráficos; a interpretação dos resultados e enumeração das conclusões (BORGES, 2002, p.304).

Além disso, Borges (2002) cita três aspectos que diferenciam o laboratório aberto do laboratório tradicional, que são: o grau de abertura, o objetivo da atividade e a atitude dos alunos. Ainda de acordo com autor, as atividades investigativas podem ser caracterizadas por diferentes níveis de investigação em relação ao problema proposto, aos procedimentos adotados e as conclusões (Quadro 1).

Quadro 1 – Níveis de investigação no laboratório de ciências

NÍVEL DE INVESTIGAÇÃO	PROBLEMA	PROCEDIMENTOS	CONCLUSÕES
Nível 0	Dados	Dados	Dados
Nível 1	Dados	Dados	Em aberto
Nível 2	Dados	Em aberto	Em aberto
Nível 3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: BORGES (2002, p. 306).

Para Borges (2002) e Carvalho (2014), ao organizar a atividade investigativa de acordo com o grau de abertura (Quadro 1) a situação-problema possibilita nossa compreensão da proposta da aula. De acordo com a Quadro 1, temos:

- O nível zero, corresponde ao laboratório fechado, onde o professor fornece o problema, os procedimentos e aquilo que se deseja /verificar, ficando a cargo dos estudantes coletar dados e confirmar, ou não, as conclusões.
- No nível 1, o problema e os procedimentos são definidos pelo professor, através de um roteiro. Ao estudante cabe coletar os dados indicados e obter as conclusões.
- No nível 2, que é o laboratório aberto, apenas o problema é dado pelo professor a partir daí os alunos, em grupos, decidem como operacionalizar e quais dados coletar, fazer as medições requeridas e obter conclusões a partir deles.
- O nível 3, é o mais aberto de investigação, no qual o estudante deve fazer tudo, desde a formulação do problema até chegar às conclusões.

Em nossa pesquisa, utilizamos o nível 2, no qual fornecemos apenas o problema e os procedimentos e a conclusão é construída pelos alunos. Nosso objetivo foi fomentar a discussão das ideias e propiciar a liberdade aos alunos para que possam tomar decisões assertivas, ou não, acerca do problema proposto. Na visão de Borges (2002), a atividade manipulativa, em si, não é importante, mas o engajamento do aluno em busca de uma solução bem estruturada para a questão em estudo.

O desenvolvimento da atividade de laboratório aberto abarca algumas atividades que são próprias desse momento. Para entendermos melhor essa questão, Azevedo (2004) e Carvalho (2014) descrevem os seis momentos do laboratório aberto, quais sejam:

- Proposta do problema: Este deve ser proposto na forma de pergunta que vai estimular a curiosidade científica dos alunos. Essa questão não deve ser muito específica, pois deve gerar uma ampla discussão. Responder a essa questão inicial é o objetivo principal do laboratório aberto.
- Levantamento de hipóteses: Os alunos irão discutir, e elaborar, hipóteses para a solução da questão proposta. O professor deverá orientar a discussão.

- **Elaboração do plano de trabalho:** Nesse momento, os alunos irão decidir de que maneira vão realizar o experimento, que inclui o seguinte: os procedimentos, os materiais e a metodologia para coleta e análise de dados. Sugere-se que o professor faça a discussão com toda a turma sobre as hipóteses, pois nem todas elas podem ser testadas com um único experimento.
- **Montagem do arranjo experimental e coleta de dados:** esta etapa é a manipulativa, onde os alunos irão manusear o material. Esse momento é importante para que os estudantes comecem a enxergar a Física como uma ciência experimental. Após a montagem do experimento, inicia-se a coleta de dados de acordo com o plano de trabalho proposto pelo grupo.
- **Análise de dados:** Coletados os dados, é necessário que eles sejam analisados, pois fornecem informações sobre o problema analisado. Essa fase inclui a construção de gráficos, obtenção de equações e teste das hipóteses. O aluno terá contato com materiais que não são comuns no seu dia a dia. Essa etapa é fundamental no trabalho científico, então, compete ao professor a mediação para que os alunos compreendam a importância das várias linguagens das ciências.
- **Conclusão:** Aqui se deve formalizar a resposta ao problema proposto, assim como discutir a validade, ou não, das hipóteses iniciais e suas consequências.

Por fim, salientamos que a BNCC (BRASIL, 2018) destaca a importância da atividade experimental no desenvolvimento educacional do aluno. Esse documento ao abordar as competências gerais da educação básica, defende que:

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (BRASIL, 2018, p. 9).

## 1.5 AVALIAÇÃO

Em vários momentos da SEI, é importante que o professor faça a sistematização do conhecimento, que irá possibilitar ao aluno a consolidação gradativa do conceito em estudo. Nesse momento o professor deve focar nos pontos onde os estudantes apresentaram mais dificuldades durante o desenvolvimento da atividade. Pode-se usar para isso, por exemplo, a discussão com toda a turma ou em pequenos grupos, a leitura de texto, entre outros.

Nesse sentido, Carvalho (2013) propôs a utilização de leitura de textos para a sistematização do conhecimento após uma atividade de investigação, onde os alunos podem discutir as decisões que tomaram e as dúvidas que surgiram durante o procedimento.

Esta autora propõe que o objetivo da avaliação, após cada etapa, ou no final da SEI, deve ser a aprendizagem conceitual e, para isso, o professor deve planejar uma atividade na forma de questionamento, construção de painel, de cruzadinha ou na forma de questionários, vídeos da internet ou outra atividade que englobe o conteúdo conceitual da SEI.

Com relação à avaliação no final da SEI Carvalho (2013) defende que esta não deve ser somativa, isto é, que visa unicamente a classificação dos alunos. Deve-se, por outro lado, utilizar uma avaliação formativa, que serve de parâmetro tanto para o professor quanto para os alunos verificarem se aprenderam ou não. A autora defende que a avaliação deve ter as características da SEI.

Temos de compatibilizar os objetivos do ensino, realizado pelas atividades das SEIs, com a avaliação da aprendizagem dos alunos nos mesmos termos: avaliação dos conceitos, termos e noções científicas, avaliação das ações e processos da ciência e avaliações das atitudes exibidas durante as atividades de ensino (CARVALHO, 2013, p. 18).

Na nossa pesquisa, após cada etapa da SEI, realizamos aulas interativas com o intuito de levar os alunos a compreenderem o tema em estudo e levá-los à construção do conhecimento. Para isso, utilizamos aula para resolução de exercício onde traduzimos para a linguagem matemática o conceito visto. Para finalizar a SEI, aplicamos uma avaliação que contemplou o conceito estudado, termos e noções científicas.

## 2 A SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA

Neste capítulo apresentamos uma SEI que tem como foco o desenvolvimento conceitual, procedimental e atitudinal dos alunos. O conteúdo escolhido foi força elástica devido à sua importância no cotidiano do aluno. A sequência foi planejada em 6 etapas que podem ser aplicadas em 10 aulas de 50 minutos (Quadro 2).

Quadro 2 – Resumo da Sequência de Ensino Investigativa

ETAPA	TEMPO DE AULA (MIN)	ATIVIDADE	OBJETIVOS DA ATIVIDADE
1	55	Demonstração investigativa	<ul style="list-style-type: none"><li>• Apresentar o problema relacionado ao tema força elástica.</li><li>• Solucionar o problema apresentado.</li><li>• Elaborar hipóteses.</li></ul>
2	110	Questões abertas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Desenvolver a capacidade de reflexão e organização</li></ul>
3	110	Leitura de texto	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aprimorar a leitura e interpretação de textos.</li><li>• Potencializar a capacidade de reflexão.</li></ul>
4	110	Cálculo da constante elástica da mola	<ul style="list-style-type: none"><li>• Relacionar conceitos físicos com a linguagem matemática.</li><li>• Construir e analisar gráficos.</li></ul>
5	110	Laboratório aberto	<ul style="list-style-type: none"><li>• Solucionar problemas.</li><li>• Levantar hipóteses.</li><li>• Elaborar um plano de trabalho.</li><li>• Montar o experimento.</li><li>• Coletar e analisar os dados.</li></ul>
6	45	Avaliação	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aperfeiçoar os conceitos físicos com a linguagem matemática estudados.</li><li>• Solucionar problemas.</li></ul>
7	10	Questionário de opinião	<ul style="list-style-type: none"><li>• Desenvolver a capacidade crítica.</li></ul>

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

No Quadro 2, listamos as atividades investigativas que propusemos para a intervenção didática e, além disso, explicitamos os objetivos de cada etapa. Lembramos que, para que a sequência atinja seu objetivo final, é necessário que as aulas tenham as características essenciais de uma atividade investigativa. Para saber mais sobre aulas com características investigativas, o professor pode recorrer ao trabalho de Coelho (2019) e as referências ali contidas. Consideramos que essa sequência de atividades, com as devidas adaptações, pode ser utilizada em outros ambientes escolares.

## 2.1 AULA 1: DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA

Inicia-se essa atividade com a exposição da proposta de trabalho.

Situação-Problema: Caro aluno, essa demonstração investigativa consiste em duas molas do mesmo material (metálica) com tamanhos diferentes, um elástico largo e um elástico de dinheiro. As molas e os elásticos foram pendurados em um suporte apropriado.

Construção do suporte de PVC

Para a construção do suporte de cano de PVC utilizamos:

Cano de PVC de 20 mm.

- 1 pedaço de cano de 31 cm.
- 2 pedaços de cano de 11 cm.
- 2 pedaços de cano de 15 cm.
- 1 pedaços de cano de 8 cm.
- 5 joelhos de 20 mm.
- 3 T de 20 mm.
- 1 tampa para cano de 20 mm.
- Um gancho metálico.

Figura 1 – Suporte de PVC utilizado na SEI



Fonte: Elaborado pela autora (2019)

O grupo deve levantar hipóteses e argumentos sobre uma possível solução para a situação proposta. As perguntas a serem feitas são as que seguem.

1) Qual objeto irá se distender mais, ao pendurarmos a mesma massa? Por quê?

A seguir descrevemos como foi a primeira atividade da SEI.

Demonstração investigativa: Por ser nosso primeiro encontro, havia uma expectativa grande tanto da nossa parte quanto da dos alunos. A turma já havia sido previamente dividida em grupos, que não foram alterados até o término da SEI. Utilizamos três suportes para molas, em que colocamos duas molas de comprimentos diferentes e um pedaço de elástico de aproximadamente 10 cm (Figura 1). Apresentamos o seguinte problema: qual objeto irá se distender mais ao pendurarmos a mesma massa? Por quê? Os alunos pediram para tocar nas molas e no elástico para que pudessem sentir o material. Eles só não puderam distender os materiais. Um aluno do grupo G5, de imediato, disse que a mola maior iria se distender mais o que provocou uma discussão com os colegas dos grupos G1 e G3. Acompanhamos as discussões dos grupos e, em alguns momentos, esclarecemos dúvidas com relação à elaboração das hipóteses. Assim, conseguimos despertar o interesse dos alunos em solucionar o problema e promovemos o diálogo e a cooperação entre eles. Após todos os grupos terminarem a atividade inicial, realizamos o experimento com o auxílio de três alunos voluntários em que cada um fez um teste, com nossa supervisão, e



anotou o resultado no quadro. Após a realização da demonstração investigativa, pedimos que os estudantes revisassem suas hipóteses iniciais, caso elas não se confirmassem, deveriam reescrevê-las.

No debate final tivemos a participação de todos os grupos que ponderaram suas respostas, certas ou não. Para finalizar a atividade, é introduzido o tema força elástica (Lei de Hooke) de forma expositiva, visando à consolidação do conteúdo.

## 2.2 AULA 2: QUESTÕES ABERTAS

Entregamos inicialmente aos alunos uma folha contendo 5 questões abertas para serem discutidas em grupo e com a professora. O grupo deveria se reunir e levantar hipóteses e argumentos para resolver as situações apresentadas.

A seguir, listamos as situações que devem ser discutidas pelos grupos. Em cada uma delas, o grupo formula suas hipóteses e escreve um parágrafo, explicando a solução encontrada para o problema.

1) Qual a explicação para a deformação da bola da Figura 2?

Figura 2 – Jogador de futebol cabeceando a bola



Fonte: BORGES (2010)

---

---

---

---

2) Os contorcionistas são capazes de executar movimentos e assumir posições que são antinaturais para a postura humana. O que lhes torna possível executar esses movimentos e assumir essas posições?

Figura 3 – Contorcionista



Fonte: IMPERATRIZ (2018)

---

---

---

---

---

3) O que produz a força na flecha para que esta seja lançada?

Figura 4 – Arco e flecha



Fonte: AGORA (2017)

---

---

---

---

---

4) Todas as molas depois de distendidas retornam a sua posição inicial?

---

---

---

---

---

5) Por que os automóveis precisam de molas na sua suspensão? Por que o pneu do automóvel não pode ser rígido? Em contrapartida, por que as rodas dos trens são rígidas?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Após entregar o material aos grupos, solicitamos que todos os seus membros anotassem a resposta no caderno e um componente do grupo transcrevesse a resposta para a folha de respostas. Os alunos apresentaram muitas dúvidas já que esse foi seu primeiro contato com esse tipo de questão. Por isso, fizemos uma explanação geral sobre a atividade, mas, ainda assim, houve muitas dúvidas concernentes à questão, à qual tivemos que dedicar mais tempo para explicar a todos. Fizemos a mediação com os grupos com o intuito de levá-los à compreensão da pergunta e à elaboração das respostas. Mesmo assim, os grupos tiveram dificuldades para elaborar as respostas. Um aluno do G9 utilizou a borracha e a mesa para explicar aos colegas o que é elasticidade. O G2 apresentou muita dificuldade para responder

às questões. Essa atividade proporcionou uma grande interação entre os membros do grupo. Para o momento de sistematização do conhecimento, promovemos um debate com toda a turma, no qual cada grupo expôs suas dificuldades em cada questão. Assim, pudemos auxiliá-los esclarecendo alguns pontos que eram comuns a todos os grupos. Algumas dúvidas foram sanadas pelos colegas de outros grupos, em um trabalho colaborativo.

## 2.3 AULA 3: TEXTOS DE APOIO

Iniciamos essa aula com a entrega de dois textos de apoio e após a leitura é feita a discussão sobre o tema. Na sequência, os alunos respondem a 5 perguntas baseadas nos textos.

### 2.3.1 Texto 1

#### 2.3.1.1 Força elástica

Os objetos, em geral, ao sofrerem ação de uma força externa, tendem a passar por deformações. Alguns materiais possuem a propriedade de recuperar sua forma original quando cessa a força aplicada a eles – são os materiais denominados elásticos. Os materiais que não recuperam sua forma original são chamados inelásticos. Essa propriedade se deve aos arranjos moleculares e ao tipo de ligação existente entre os átomos em cada material.

As forças de recuperação, ou de restabelecimento da forma original, surgem quando se traciona, se comprime ou se verga um corpo, sem deformá-lo. São chamadas forças elásticas.

Quando puxamos uma mola ou um elástico, imediatamente, aparecem forças de restauração, ou seja, forças que se opõem às que deformaram a mola ou o elástico. Segundo Robert Hooke, ao aplicar forças em molas existe um intervalo de intensidade para o qual as molas, ao serem soltas (ao ficarem livres das forças), retornam ao seu tamanho e forma originais. Hooke definiu esse intervalo como regime elástico.

Os materiais elásticos têm uma ampla faixa de aplicações práticas, fazendo parte de diferentes dispositivos e produtos. De uma forma geral, todos os materiais apresentam algum tipo de flexibilidade ou região elástica, quando submetidos a uma força, seja ela compressiva ou de tração.

Quando uma mola de aço está sob a ação de uma força, ela sofre uma deformação  $x$  proporcional à força aplicada  $F$ . A característica da mola é que, cessada a força deformadora, ela volta à condição inicial. A deformação da mola depende do tipo de material de que ela é feita, do diâmetro das espiras, do diâmetro do fio, etc.

Representamos essa dependência pela constante elástica da mola ou rigidez  $k$ . Usando a linguagem matemática expressamos o que foi dito pela expressão:

$$F = -kx \quad (1)$$

O sinal negativo informa que a direção da força é contrária à deformação (ARANHA, 2016, pp.1-3).

## **2.3.2 Texto 2**

### 2.3.2.1 Histerese

A histerese é a tendência de um sistema de conservar suas propriedades na ausência de um estímulo que as gerou, ou ainda, é a capacidade de preservar uma deformação efetuada por um estímulo.

Alguns materiais não seguem a Lei de Hooke, mesmo submetidos às forças deformadoras pequenas. Esses materiais não apresentam um comportamento linear, ou seja, não estão de acordo com a Lei de Hooke. Esse fenômeno é chamado de histerese elástica.

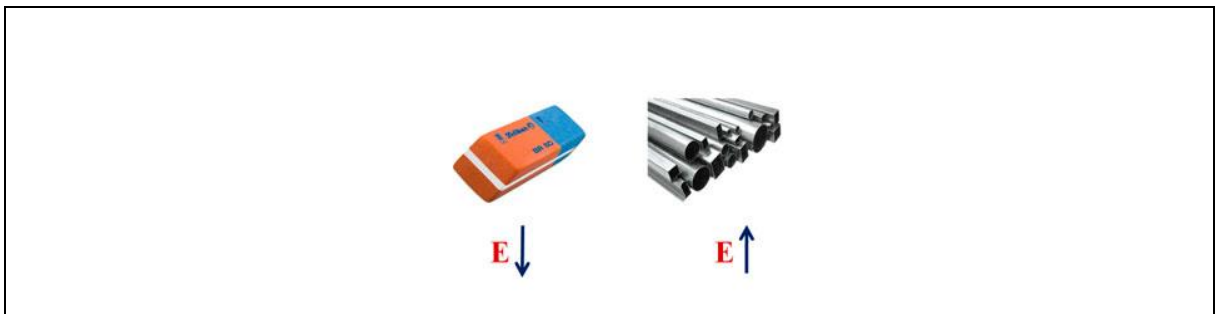
### 2.3.2.2 Módulo de Young ou Módulo de Elasticidade (E)

É uma grandeza proporcional à rigidez de um material quando este é submetido a uma tensão externa de tração ou compressão. Basicamente, é a razão entre a tensão aplicada e a deformação sofrida pelo corpo, quando o comportamento é linear, como mostra a equação  $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ , em que:

- $E$  = Módulo de elasticidade ou módulo de Young (Pascal)
- $\sigma$  = Tensão aplicada (Pascal)
- $\varepsilon$  = Deformação elástica longitudinal do corpo de prova (adimensional).

Imaginando-se uma borracha e um metal (Figura 5), e aplicando-se a mesma tensão em ambos, verificaremos uma deformação elástica muito maior por parte da borracha comparada ao metal. Isto mostra que o módulo de Young do metal é mais alto que o da borracha e, portanto, é necessário aplicar uma tensão maior para que ele sofra a mesma deformação verificada na borracha, vejamos a Figura 5 a seguir.

Figura 5 – Quanto menor o módulo elástico, maior a deformação



Fonte: Elaborado pela autora (2019)

1) Explique e dê exemplo de materiais elásticos e inelásticos.

---

---

---

---

---

2) O que é regime elástico?

---

---

---

---

---

3) A deformação da mola depende de quais fatores?

---

---

---

---

---

4) O que acontece com a mola quando esta não obedece à Lei de Hooke?

---

---

---

---

---

5) Explique, de forma prática, o módulo de Young.

---

---

---

---

---

Distribuimos um texto para que cada aluno fizesse uma leitura individual. Ao acompanhar a leitura dos grupos, percebemos a dificuldade de leitura de vários alunos e, por isso, sugerimos que um aluno de cada grupo fizesse a leitura e os demais acompanhassem. Durante a leitura do texto e da leitura das questões propostas,

surgiram dúvidas sobre o significado de algumas palavras, por isso escrevemos no quadro essas palavras e o seu significado. Devido às dúvidas geradas com a questão 5, módulo de Young, realizamos uma discussão com toda a sala. Participamos da discussão com todos os grupos, o G7 foi o que apresentou mais dificuldade para elaborar as respostas. O G5 demonstrou desinteresse com a atividade, por isso, dedicamos mais atenção para ele.

Para finalizar a etapa, pedimos que os grupos se unissem e ficou assim: G1 e G3; G2 e G5; G4 e G7; G6, G8 e G9. Os grupos discutiram entre si e como professor os textos e as questões.

#### 2.4 AULA 4: CÁLCULO DA CONSTANTE ELÁSTICA DA MOLA

O objetivo dessa aula é trabalhar o cálculo da constante elástica da mola e construir o gráfico da força versus deformação. Para isso, o professor deve providenciar um suporte para mola, uma mola metálica de 10,3 cm, pacotes de bolas de gude, balança e régua.

A função dos alunos é verificar a elongação de uma mola à medida em que o professor for acrescentando bolinhas de gude ao saquinho. Na Tabela 1 os alunos devem fazer as anotações da elongação da mola correspondente a essa questão. Na segunda tarefa, o aluno utilizará os dados da Tabela 1 para construir um gráfico de força *versus* elongação (Tabela 2).

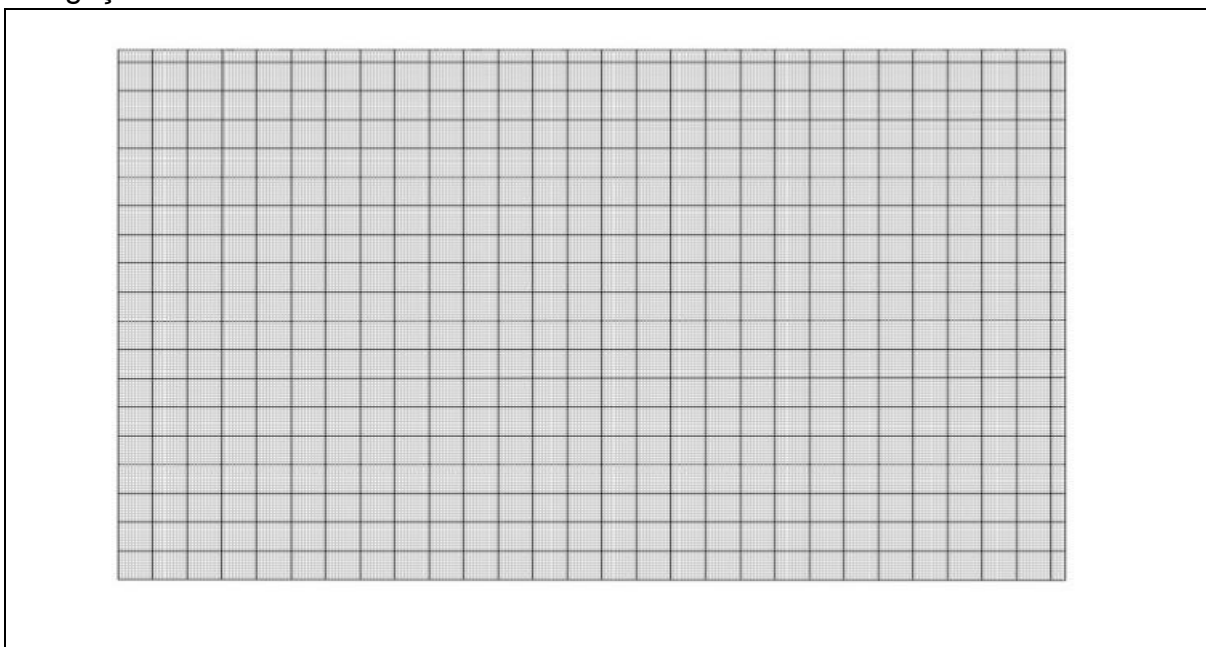
Nesta etapa, posicionamos o experimento sobre a mesa e pedimos a ajuda de um aluno do grupo G2 para que anotasse os dados coletados no quadro. A seguir, demonstramos o cálculo da constante elástica e pedimos para que os grupos repetissem o procedimento quatro vezes. Os grupos G5, G7 e G8 apresentaram muita dificuldade matemática para realizar a atividade, em razão disso, participamos ativamente nesses grupos para auxiliá-los nos cálculos. Os demais grupos também tiveram dificuldades, mas conseguiram concluir a atividade.



Tabela 1 – Preencha a tabela com base nos valores registrados pelo professor

Mola metálica $x_0 =$		
m(g)	$\Delta x$ (mm)	K (N/m)

Tabela 2 – Usando os dados da Tabela 1, construa um gráfico de força *versus* alongação



## 2.5 AULA 5: LABORATÓRIO ABERTO

O objetivo dessa aula é determinar a constante elástica ( $k$ ) de uma mola metálica e construir, com o elástico, uma mola com essa mesma constante elástica.

Inicialmente, distribuimos para cada grupo um kit composto de um suporte para mola, uma mola metálica, um pedaço de elástico (largura 4 cm; comprimento 20 cm), dois pacotes de bolas de gude, régua e tesoura.

O problema proposto foi: Construir, com o elástico, um elemento que tivesse a mesma constante elástica da mola que o grupo recebeu. Os grupos receberam o material para que pudessem descrever o procedimento adotado (Tabelas 3 e 4). A princípio, todos os grupos calcularam a constante elástica da mola conforme foi realizado na aula anterior. Os grupos, então, começaram a preparar o elástico para o experimento. O grupo G9 usou todo o elástico fornecido precisando de mais 20 cm de elástico. Percebemos no G9 que um aluno estava conseguindo desenvolver o experimento e que outro aluno discordava do procedimento adotado, visto isto, passeamos a participar das discussões do grupo com o intuito de levá-los à solução do problema. Todos os grupos apresentaram inicialmente dificuldade para determinar o comprimento e largura do elástico para o teste inicial. Os grupos G2, G4 e G8 testaram o elástico fornecido, sem nenhuma alteração e, a partir daí, desenvolveram o experimento cortando o elástico. Esses grupos foram os que apresentaram mais dificuldades para desenvolver a atividade, por isto, participamos das discussões com o intuito de levá-los a tomar decisões para a execução da atividade proposta. O G3 foi o único grupo que inicialmente compreendeu que o elástico precisava ter valores próximos aos encontrados na mola. Eles fizeram vários testes até encontrar o valor desejado. O G1 começou cortando o elástico muito estreito e com o comprimento inicial. Esse grupo foi o que mais precisou da nossa mediação. Notamos em todos os grupos a dificuldade para tomar decisões, por exemplo, nos grupos G5, G6 e G7 percebemos que eles haviam compreendido o problema proposto, mas demoraram decidir o que fazer inicialmente com o elástico. Para a sistematização do conhecimento, propusemos que cada grupo expusesse sua dificuldade na realização da atividade proposta e fizemos a mediação do debate.

Tabela 3 – Dados da mola metálica

Mola 1: mola metálica $L_0 =$		
$m$ (g)	$L$ (mm)	$x$ (mm)

Tabela 4 – Dados do elástico

Mola 2: elástico $L_0 =$		
$m$ (g)	$L$ (mm)	$x$ (mm)

Anote todos os procedimentos e passos para a realização da tarefa nas linhas abaixo.

---

---

---

---

## 2.6 AULA 6: AVALIAÇÃO E PESQUISA DE OPINIÃO

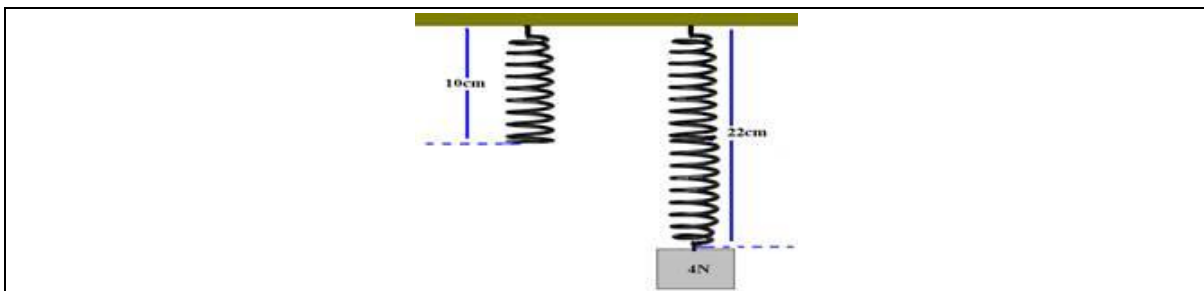
### 2.6.1 Avaliação

Para finalizar a SEI aplicamos uma avaliação. Esta atividade foi individual e contava com cinco questões, sendo a questão 1 de cálculo e as questões 2, 3 e 4 objetivas conceituais. A questão 5 foi uma questão discursiva. Percebemos a dificuldade matemática dos alunos para a realização do cálculo na questão 1. Na questão 2 os alunos apresentaram dificuldades para analisar gráfico. As demais questões foram resolvidas sem nosso auxílio.

A seguir, apresentamos as questões da avaliação.

1. (MACKENZIE-SP) A mola da Figura varia seu comprimento de 10cm para 22cm quando penduramos em sua extremidade um corpo de 4N. Determine o comprimento total dessa mola, quando penduramos nela um corpo de 6N.

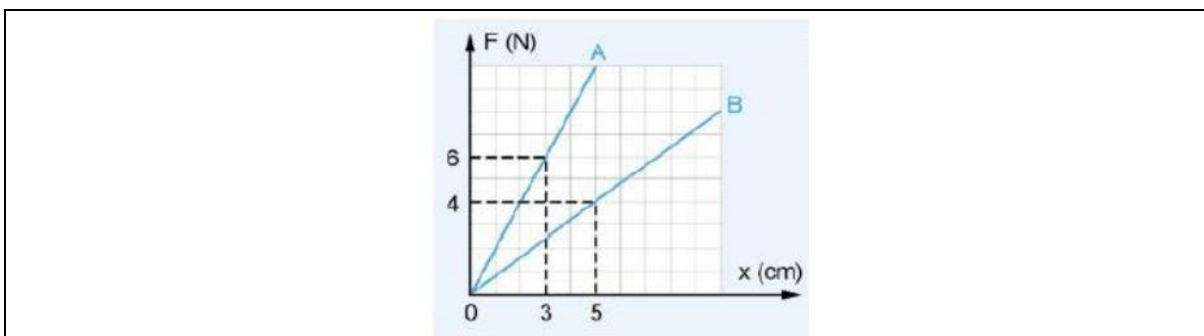
Figura 6 – Mola



2) A Figura 7 abaixo mostra o gráfico da distensão  $x$  pela força ( $F$ ) aplicada em duas molas, A e B. Analisando o gráfico, podemos afirmar que:

- a) A constante elástica da mola A é menor que a constante elástica da mola B.
- b) Se aplicarmos uma força de 12 N na mola A, a distensão desta mola será igual a 5 cm.
- c) As molas A e B não satisfazem à Lei de Hooke.
- d) Se emendarmos as duas molas e aplicarmos uma força de 10 N, a deformação total será de 8 cm.
- e) Se aplicarmos uma força de 8 N na mola B, a distensão desta mola será igual a 10 cm.

Figura 7 – Lei de Hooke



3) (UNICAP-Adaptada) Ponha V (verdadeiro) ou F (falso) conforme o conteúdo de cada alternativa:

- a) ( ) As molas são distendidas uniformemente por forças que variam com a distância.
- b) ( ) A expressão da força que distende a mola de constante K é  $F = kx$ , onde x é o alongamento da mola.
- c) ( ) Todas as molas quando distendidas retornam à sua posição inicial.
- d) ( ) Os dinamômetros são equipamentos destinados a medir forças.
- e) ( ) Independentemente da força exercida numa mola, ela sempre mantém as suas propriedades elásticas.

4) Em relação ao módulo de elasticidade de um metal, assinale a alternativa CORRETA.

- a) Quanto maior o módulo de elasticidade, menor será a sua deformação elástica, quando esse material for submetido a uma tensão.
- b) Quanto menor o módulo de elasticidade, menor será a sua deformação elástica, quando tal material for submetido a uma tensão.
- c) Quanto maior o módulo de elasticidade, menor será a sua deformação plástica, quando esse material for submetido a uma tensão.
- d) Quanto menor o módulo de elasticidade, menor será a sua deformação plástica, quando este material for submetido a uma tensão

5) Explique por que os pneus de um automóvel não podem ser rígidos.

---

---

---

### 2.6.2 Questionário de opinião

O questionário de opinião foi entregue junto com a avaliação, o qual continha dez perguntas sobre nossa proposta, no qual os alunos puderam não só avaliar a metodologia proposta, mas também a sua participação nas atividades.

A seguir temos o questionário de opinião.

Caro aluno, solicito a sua contribuição para o preenchimento deste questionário. Ele tem por objetivo verificar a sua opinião quanto à sequência de ensino por investigação (SEI) que fizemos para o estudo da força elástica. Não existem respostas certas ou erradas. Por isso, solicito que responda de forma espontânea e sincera a todas as questões. O nome é opcional.

Dê sua nota, marcando um X para cada item de acordo com a escala:

Ruim			Ótimo	
1	2	3	4	5

	Ruim			Ótimo	
	1	2	3	4	5
1. Como você avalia a sequência de ensino por investigação (SEI)?					
2. Como foi sua motivação durante as aulas investigativas?					
3. Como foi a sua participação nos debates realizados em grupo?					
4. Os colegas do grupo auxiliaram para tirar alguma dúvida?					
5. Você acha que a atividade em grupo favoreceu a aprendizagem?					
6. A aula de demonstração investigativa despertou o seu interesse para o assunto?					
7. A aula das questões abertas contribuiu para despertar o seu interesse sobre força elástica?					
8. Os textos de apoio contribuíram para a sua compreensão do conceito físico presente no estudo da força elástica?					
9. A aula em que calculamos a constante elástica o estimulou a participar ativamente da atividade proposta?					
10. Na aula de laboratório aberto, você contribuiu para as discussões do seu grupo para a resolução do problema proposto?					

Após a sequência de estudo sobre força elástica como você aplicaria esse tema no seu cotidiano?

---

---

---

---

## REFERÊNCIAS

AGORA, D. **Abertos jogos indígenas escolares; disputas seguem até dia 1º na Vila Olímpica**. Disponível em: <<https://www.douradosagora.com.br/noticias/dourados/abertos-jogos-indigenas-escolares-disputas-seguem-ate-dia-1-na-vila-olimpica>>. Acesso em: 10 set. 2018.

ARANHA, N. *et al.* A Lei de Hooke e as molas não-lineares, um estudo de caso. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [online], v. 38, n. 4, e4305, 2016.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, pp.19-33, 2004.

BORGES, S. **Copa do mundo**. Disponível em: <[http://3.bp.blogspot.com/\\_4zd06fObnY/TCJvRkHkAol/AAAAAAAAARU/rwwJbznicLY/s1600/Jab+El.jpg](http://3.bp.blogspot.com/_4zd06fObnY/TCJvRkHkAol/AAAAAAAAARU/rwwJbznicLY/s1600/Jab+El.jpg)>. Acesso em: 10 set. 2018.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Matriz de referência do ENEM**. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/download/enem/matriz\\_referencia.pdf](http://download.inep.gov.br/download/enem/matriz_referencia.pdf)>. Acesso em: 17 nov. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. **Jean Piaget**. Recife: Massangana/Fundação Joaquim Nabuco, 2010. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/me4676.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. **Lev Semionovich Vygotsky**. Recife: Massangana/Fundação Joaquim Nabuco, 2010. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/me4676.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2019.

CARVALHO, A. M. P de. (org). **Calor e temperatura: um ensino por investigação**. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

CARVALHO, A. M. P de. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. (Org.). **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-20, 2013.

CARVALHO, A. M. P de.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

COELHO, G. R.; AMBRÓZIO, R. M. O ensino por investigação na formação inicial de professores de Física: uma experiência da residência pedagógica de uma universidade pública federal. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 36, n. 2, p. 490-513, ago. 2019.

GIL PEREZ, D.; VALDES CASTRO, P. La orientación de las practices de laboratorio como invetigagación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, 14 (2), 1996.

IMPERATRIZ, I. **Dia internacional do circo**. Disponível em: <<https://imirante.com/namira/imperatriz/noticias/2015/03/27/dia-internacional-do-circo-eu-am-essa-vida-diz-contorcionista.shtml>>. Acesso em: 10 set. 2018.

VANNUCCHI, A. I. **História e filosofia da Ciência**: da teoria para a sala de aula. 1997. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/81/811131/tde-15062005-164939/publico/tese.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2019.