



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



Andersson Geraldo Bairros

**PROPOSTA DIDÁTICA TEÓRICO-EXPERIMENTAL PARA UMA ABORDAGEM  
HISTÓRICA DOS CONCEITOS DE UNIVERSO, FORÇA E MOVIMENTO**

Tramandaí

2019

Andersson Geraldo Bairros

**PROPOSTA DIDÁTICA TEÓRICO-EXPERIMENTAL PARA UMA  
ABORDAGEM HISTÓRICA DO CONCEITO DE FORÇA**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Prof. Dr. Karen Cavalcanti Tauceda  
Orientador

Prof. Dr. Márcio Gabriel dos Santos  
Co-orientador

Tramandaí  
2019

## CIP - Catalogação na Publicação

Bairros, Andersson Geraldo

PROPOSTA DIDÁTICA TEÓRICO-EXPERIMENTAL PARA UMA  
ABORDAGEM HISTÓRICA DOS CONCEITOS DE UNIVERSO, FORÇA E  
MOVIMENTO / Andersson Geraldo Bairros. -- 2019.

77 f.

Orientadora: Karen Cavalcanti Taucedá.

Coorientadora: Marcio Gabriel dos Santos.

Dissertação (Mestrado Profissional) -- Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul, Campus Litoral Norte,  
Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional  
Profissional em Ensino de Física, Tramandaí, BR-RS,  
2019.

1. Aprendizagem Significativa. 2. História da  
Física. 3. Epistemologia da Física. 4. Física  
Clássica. I. Cavalcanti Taucedá, Karen, orient. II.  
dos Santos, Marcio Gabriel, coorient. III. Título.

Andersson Geraldo Bairros

**PROPOSTA DIDÁTICA TEÓRICO-EXPERIMENTAL PARA UMA  
ABORDAGEM HISTÓRICA DO CONCEITO DE FORÇA**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 08 de maio de 2019.

Prof. Dr. Karen Cavalcanti Tauceda – MNPEF-UFRGS/CLN (Presidente da banca)

Prof. Dr. Saul Benhur Schirmer – UFRGS

Prof. Dr. Ederson Staudt – MNPEF-UFRGS/CLN

Prof. Dr. Jorge Rodolfo Silva Zabadal – MNPEF-UFRGS/CLN

Dedico essa dissertação à  
minha esposa, que  
compreendeu meus momentos  
de ausência e sempre me  
incentiva a algo mais para  
nossas vidas.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos professores e funcionários do Campus Litoral Norte da UFRGS, sempre atenciosos e solícitos.

Agradeço especialmente à Profª Drª Karen Cavalcanti Tauceda, pela maneira como inspira os alunos a construírem o conhecimento e a lutarem todo dia pela educação e ao Prof. Dr. Ederson Staudt pela leitura criteriosa e sugestões pertinentes e enriquecedoras ao trabalho.

Agradeço à Sociedade Brasileira de Física pela oportunidade concedida e pelo desenvolvimento do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, tão importante para a busca da excelência no ensino de física.

A todos aqueles que de algum modo contribuíram para essa conquista fica o meu agradecimento.

## RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma alternativa ao ensino da dinâmica e das concepções de universo. Inclui um produto educacional organizado na forma de sequência didática e baseado em uma abordagem histórica e de experimentação e interação com pequenas demonstrações. O planejamento e o desenvolvimento das aulas são norteados pela Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, envolvendo uma preocupação constante de identificar os conhecimentos prévios dos alunos ao serem apresentados aos materiais instrucionais. As aulas foram desenvolvidas nas turmas de 9º ano dos anos finais do Colégio Farroupilha, situado na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Os alunos foram expostos a uma abordagem histórica da evolução do conceito de força e sua influência nos movimentos, interpretando e reinterpretando os mesmos de acordo com as épocas da história. A aplicação dessa sequência didática, na forma de um produto educacional, indicou bons resultados referentes ao processo de evolução conceitual. A partir da análise dos resultados entende-se que a proposta apresenta um grande potencial para a aprendizagem significativa dos conteúdos em questão.

Palavras-chave: Ensino de Física, Força, Movimento, Aprendizagem Significativa, Experimentação, História.

## **ABSTRACT**

The present work aims to present an alternative to the teaching of dynamics and universe conceptions. It includes an educational product organized in the form of a didactic sequence and based on a historical approach and experimentation and interaction with small demonstrations. The planning and development of the classes are guided by David Ausubel's Theory of Meaningful Learning, involving a constant concern to identify students' prior knowledge when presented to instructional materials. The classes were developed in the 9th grade classes of the final years of the Farroupilha High School, located in the city of Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Students were exposed to a historical approach to the evolution of the concept of force and its influence on movements, interpreting and reinterpreting them according to the epochs of history. The application of this didactic sequence, in the form of an educational product, indicated good results regarding the process of conceptual evolution. From the analysis of the results it is understood that the proposal presents a great potential for the meaningful learning of the contents in question.

Keywords: Physics Teaching, Strength, Movement, Meaningful Learning, Experimentation, History.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Os quatro elementos de Aristóteles.....	11
Figura 2 - Antiperistasis.....	13
Figura 3 - Trajetória de um projétil lançado horizontalmente, segundo a concepção de Avicena.....	14
Figura 4 - O impetus .....	15
Figura 5 - Planos inclinados de Galileu .....	16
Figura 6 - Cartaz de respostas .....	26
Figura 7 - Resposta da questão 5 .....	26
Figura 8 - Resposta à questão sobre Atração Gravitacional.....	28
Figura 9 - Colagem dos grãos para comparação de suas dimensões .....	37
Figura 10 - Objeto esférico representando o Sol sendo apoiado por uma aluna.....	38
Figura 11 - Alunos fazendo medidas entre dois “planetas” .....	39
Figura 12 - Mapa de prova .....	41
Figura 13 - Cabeçalho de prova .....	42
Figura 14 - Análise estatística por aluno .....	42
Figura 15 - Análise sintética por item .....	46
Figura 16 - Análise sintética por item .....	48
Figura 17 - Questão 15 .....	49

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. FORÇA E MOVIMENTO .....	11
2.1 A Física Aristotélica .....	11
2.2 A “lei de força” de Aristóteles .....	12
2.3 O movimento violento de um projétil.....	13
2.4 Da “força impressa” ao “impetus” .....	14
2.5 A Física Galileana .....	15
2.6 As leis de Newton.....	16
3. REFERENCIAL DE ENSINO-APRENDIZAGEM.....	18
4. PROPOSTA E ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	21
5. IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA .....	24
5.1 Encontro 1 .....	24
5.2 Encontro 2.....	27
5.3 Encontro 3.....	29
5.4 Encontro 4.....	32
5.5 Encontro 5.....	34
5.6 Encontro 6.....	36
6. RESULTADOS .....	40
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	50
REFERÊNCIAS .....	51
APÊNDICE - PRODUTO EDUCACIONAL .....	53

## 1. INTRODUÇÃO

O ensino de física encontra-se em uma grave crise, pois vem apresentando o conhecimento como um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como as de Galileu, Newton ou Einstein, por exemplo, contribuindo para que os alunos concluam que não resta mais nenhum problema significativo a resolver. Além disso, o ensino de física frequentemente envolve uma lista de conteúdos demasiadamente extensa, que impede o aprofundamento necessário e a instauração de um diálogo construtivo (PCN pág. 22). O ensino vem sendo norteador pela preocupação com concursos como ENEM e vestibulares, o que justifica a numerosa lista de conteúdo a serem trabalhados no ensino médio. Fica evidente que o que não é cobrado nos concursos acaba tornando-se “conteúdo pelo conteúdo”, sem uma reflexão mais profunda sobre a real necessidade de tais conhecimentos. A construção da ciência como uma questão filosófica e reflexiva sendo parte do desenvolvimento da humanidade é totalmente desprezada na sala de aula. Mathews (1995) menciona que a história, a filosofia e a sociologia da ciência não tem todas as respostas para essa crise, porém possuem algumas delas: podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam.

O ensino de física na escola de ensino médio e fundamental, deve contribuir com a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. (PCN pág 22). O conhecimento científico faz parte da formação da cidadania, a superação do modelo de decisões “tecnocráticas” não pode ocorrer sem a efetiva participação da sociedade e para tanto, o conhecimento científico torna-se essencial.

Quando os alunos compreendem que a ciência pode ser uma protagonista na mudança de suas realidades, tal conhecimento torna-se atrativo. A desmistificação do processo científico torna-se uma aliada, explicitar esse desenvolvimento como um processo puramente humano e não necessariamente atrelado à figura de gênios, mas sim como resultado de reflexão, é trabalho exaustivo.

O ensino de física encontra-se desvinculado de questões sócio históricas, isto é, muitas vezes ignora relações indissociáveis entre sujeito e realidade, não ficando claro que o sujeito é ativo na transformação da sua própria realidade e na realidade da sociedade. Tendo em vista as questões supracitadas, o objetivo deste trabalho é desenvolver uma unidade didática a ser aplicada no 9º ano do ensino fundamental que consistirá em uma introdução ao conceito de “Força”, através de uma análise histórica e experimental. A ideia central do produto é mostrar que o conceito de força é extremamente abrangente e sua construção permeia a história, andando lado a lado com o próprio desenvolvimento do “pensar científico”. Durante as aulas serão discutidas as percepções antigas, medievais, renascentistas e modernas do conceito de força. Utilizaremos pequenas montagens e demonstrações sobre aplicações de forças e sua relação com movimentos, além reinterpretar situações com base múltiplas visões históricas dos conceitos abordados. Com isso esperasse que os alunos tenham uma melhor compreensão sobre a ciência e de seus processos, deixando mais evidente a evolução de visões ao longo da história. Também contribuir para que o aluno desenvolva suas aprendizagens sobre força e movimento, para que façam sentido quando analisadas sob a perspectiva histórica, isto é, os conhecimentos produzidos pelos alunos não sejam interpretados como aleatórios e incorretos, mas sim como instintivos, empíricos ou fundamentados na racionalidade, e que suas interpretações apenas foram superadas por modelos mais completos de descrição e explicação dos fenômenos observados.

No capítulo 2 será feita uma linha do tempo desenvolvendo o conceito de força a partir das concepções Aristotélicas passando pelas visões medievais e posteriormente enfatizando as contribuições de Galileu para a mecânica Newtoniana na descrição do conceito de força e seus efeitos sobre corpos massivos. No capítulo seguinte será enfatizada a escolha do referencial teórico e demonstrada a sua relevância no planejamento do produto no intuito de ser desenvolvido um material potencialmente significativo para a aprendizagem significativa dos conceitos iniciais da mecânica Newtoniana.

Nos capítulos 4 e 5 uma exposição geral sobre as metodologias será exposta além de um breve relato das atividades no intuito de evidenciar os processos de ensino-aprendizagem aula a aula. Nos capítulos 6 e 7 serão discutidos os resultados e colocadas as considerações finais da aplicação do material.

## 2. FORÇA E MOVIMENTO

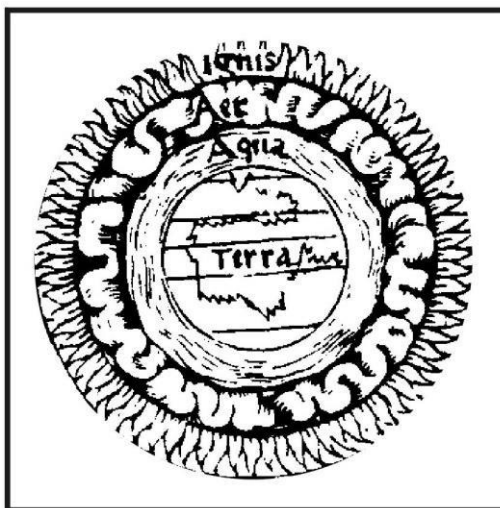
### 2.1 A Física Aristotélica

Aristóteles de Estagira (384-322 a.C.) é apontado por historiadores da ciência como uma das mentes mais brilhantes de todos os tempos. Possui um trabalho relevante nas mais diversas áreas do conhecimento, sua física influenciou a sociedade por mais de 2000 anos. Como ressalta Koyré apud Peduzzi (2015, pag. 40),

*A física de Aristóteles não é um amontoado de incoerências, mas, pelo contrário, é uma teoria científica, altamente elaborada e perfeitamente coerente, que não só possui uma base filosófica muito profunda como está de acordo muito mais do que a de Galileu com o senso comum e a experiência cotidiana.*

Aristóteles afirmava que as diferentes substâncias e objetos do mundo terrestre eram formados por diferentes combinações de quatro elementos, terra, água, ar e fogo. Tais substâncias possuíam o seu “lugar natural”, onde o lugar natural da água é acima da terra, o do ar acima da água e sobre a água coloca-se naturalmente o fogo.

Figura 1 - Os quatro elementos de Aristóteles



Fonte: Wikipedia, imagem de domínio público.

Tendo por base a teoria dos quatro elementos Aristóteles foi capaz de separar os movimentos em dois grupos, os naturais e os violentos. Sobre os movimentos naturais, de acordo com Peduzzi (2015, pag. 41), “o lugar natural da terra e da água (por serem “pesados”) é embaixo. Assim, eles tendem a se mover para baixo. Por ser mais leve (menos densa) do que a terra, o lugar natural da água é sobre a terra. O lugar natural do fogo e do ar (por serem “leves”) é em cima. Por isso eles tendem a

se mover para o alto. Por ser mais leve do que o ar, o fogo procura o seu lugar natural, que é acima do ar.” Esses movimentos resultam de um propósito intrínseco que as coisas têm para buscar o seu lugar natural. Os corpos serão mais leves ou mais pesados de acordo com o percentual de cada uma das substâncias que os formam, sendo assim, ao abandonarmos duas pedras, uma leve e outra pesada simultaneamente de uma mesma altura a pedra mais pesada atingirá o solo primeiro, pois ela possui mais “terra” do que a pedra mais leve, alcançando assim, mais depressa o seu lugar natural.

Os movimentos violentos eram todos aqueles originados a partir de um “agente”, como uma pedra que é empurrada ou um projétil arremessado, esses movimentos eram iniciados e mantidos por “agentes externos”, estavam fora da tendência natural de movimentos dos corpos, por isso: “violentos”.

## 2.2 A “lei de força” de Aristóteles

O conceito de “força”, sob o ponto de vista Aristotélico, não se apresentava como modernamente o definimos, isto é, fica evidente em sua obra, que suas concepções eram de “motor” ou “causa” do movimento. Os movimentos naturais eram “causados” pela tendência dos corpos de buscarem o seu lugar natural e os violentos por agentes externos, que exerceriam o que compreendemos hoje como forças de “contato”. Essa concepção é bastante intuitiva no contexto das observações Aristotélicas, pois, ao pararmos de empurrar um bloco, o seu movimento cessa. (PEDUZZI, 2015, p. 46)

Outro ponto extremamente relevante na teoria de Aristóteles é a influência do meio no movimento, pois o que concebemos hoje como forças de “arrasto” já era considerado à sua época, isto é, o objeto moveria-se tão rápido quanto o meio permitisse. Assim sendo podemos representar a “lei de força” de Aristóteles em linguagem moderna da seguinte forma:

$$V = \frac{F}{R} \quad (1)$$

A velocidade de um corpo é proporcional à força motriz a ele aplicada e inversamente proporcional à resistência imposta pelo meio no qual se movimenta. De acordo com a relação acima podemos observar algumas características:

- a) sendo a resistência constante, sob a influência de uma força constante um objeto se movimenta com velocidade constante;
- b) a magnitude da velocidade é proporcional à intensidade da força aplicada;
- c) para uma resistência constante, um objeto apresenta variação de velocidade quando sobre ele age uma força variável;
- d) uma força aplicada a um objeto produz movimento (se  $F$  é maior que  $R$ );
- e) é necessária a presença de um meio para que haja movimento. Não existe o vácuo. De acordo com a relação anterior, uma resistência nula implica em uma velocidade infinitamente grande. (PEDUZZI, 2015, p. 47)

### 2.3 O movimento violento de um projétil

Segundo Peduzzi (2015, pag. 49) a continuidade do movimento de um projétil, depois da perda de contato com o arremessador, tem a seguinte explicação: quando se movimenta, o projétil passa a ocupar o lugar que antes era preenchido pelo ar que havia à sua frente. Esse mesmo ar, por sua vez, flui em torno da pedra para ocupar o “espaço vazio” deixado pela mesma. Com esse movimento, o ar impele o objeto para a frente. Esse processo, denominado antiperistasis é imperfeito e a força sobre o projétil se extingue gradualmente, e ele para.

A discussão desse tipo de movimento torna-se extremamente importante por quê evidencia a permanência de um movimento sem a existência de uma força para mantê-lo. A explicação Aristotélica torna-se ambígua pois atribui caráter duplo à influência do meio, considerando que este mantém e dificulta o movimento.

Figura 2 - Antiperistasis



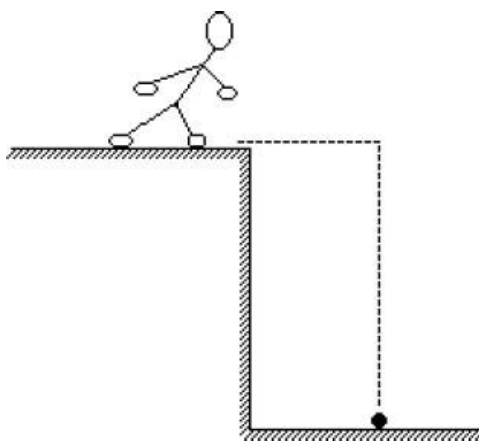
Fonte: Peduzzi (2015)



## 2.4 Da “força impressa” ao “impetus”

O filósofo árabe Avicena (980 – 1037) considerava a noção de força impressa, segundo Peduzzi (2015, p. 61) a força que um projétil adquire ao ser arremessado é, para ele uma qualidade análoga ao calor dado à água pelo fogo. A força impressa seria consumida apenas se o objeto se movimentasse em algum meio, dessa forma a ideia de inexistência do vácuo permanecia, pois, caso existisse, o objeto se moveria em linha reta perpetuamente.

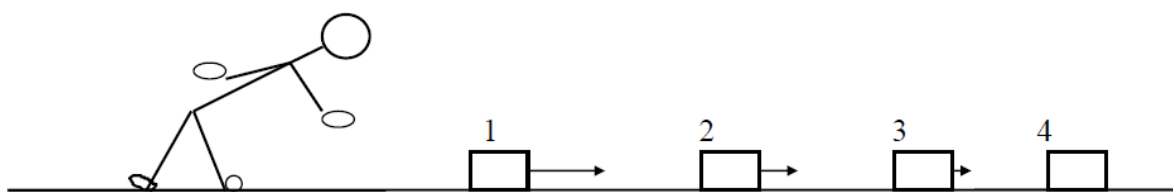
Figura 3 - Trajetória de um projétil lançado horizontalmente, segundo a concepção de Avicena



Fonte: Peduzzi (2015)

Jean Buridan (1300–1358), as concepções de Buridan surgem após novos questionamentos à visão Aristotélica, como exemplo, o autor discute o exemplo de uma embarcação que permanece em movimento após seu impulso cessar, mesmo contra a correnteza, para Aristóteles esse movimento seria mantido pelo ar. Em outro exemplo, a figura mostra como se processa o movimento horizontal violento de um corpo, segundo a teoria do *impetus*. No momento em que o corpo é arremessado, ele adquire um *impetus* a partir do movedor. Esse *impetus*, do qual o corpo fica impregnado, diminui com o tempo, devido à ação externa sobre o mesmo (contato do corpo com a superfície e com o ar). O corpo para quando o *impetus* se extingue por completo. (PEDUZZI, 2015, p. 63)

Figura 4 - O impetus

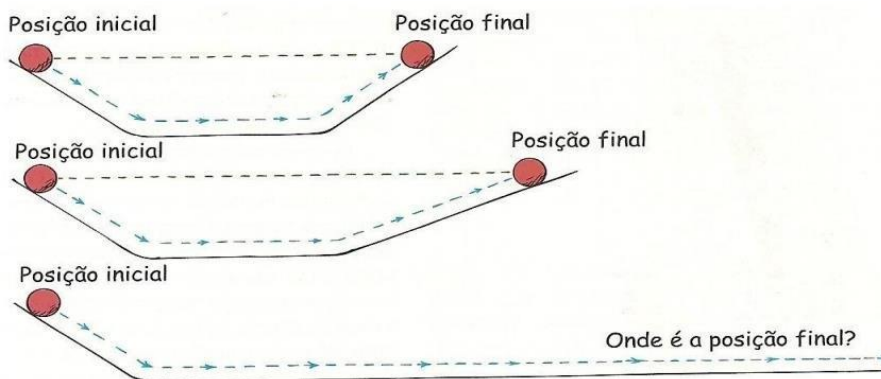


Fonte: Peduzzi (2015)

## 2.5 A Física Galileana

Galileu Galilei (1564 – 1642), é considerado o pai da ciência moderna e da astronomia telescópica. Seus experimentos em mecânica estabeleceram parte dos conceitos de inércia, conforme Peduzzi (2015, p. 157) Galileu não chegou ao princípio da inércia, na forma newtoniana, mas seus estudos nessa direção fizeram com que Newton lhe atribuísse o mérito dessa descoberta. Galileu admite que um corpo lançado sobre um plano horizontal e não sujeito a nenhum obstáculo se desloca indefinidamente em movimento uniforme. Ele testou sua hipótese fazendo experiências com o movimento de objetos em planos inclinados de diversos ângulos inclusive utilizando planos inclinados combinados. Segundo Hewitt (2011, p. 22) Galileu colocou dois de seus planos inclinados um de frente para o outro, ele observou que uma bola liberada do topo de um plano inclinado, a partir do repouso, rolava para baixo e então subia o outro plano até quase alcançar sua altura inicial. Raciocinou que apenas o atrito a impedia de subir até exatamente a mesma altura, pois, quanto mais liso era o plano mais próximo daquela altura inicial chegava a bola. Então ele reduziu o ângulo de inclinação do plano de subida, novamente a bola alcançava a mesma altura, mas deslocando-se uma distância maior. Ele então pôs a questão: “Se eu disponho de um plano horizontal longo, quão longe deve ir a bola para alcançar a mesma altura?” A resposta óbvia é: “Para sempre – Ela jamais alcançará sua altura inicial”.

Figura 5 - Planos inclinados de Galileu



Fonte: Hewitt (2011)

Na ausência de forças retardadoras a tendência da bola é mover-se eternamente sem tornar-se mais lenta. A propriedade de um objeto tender a manter-se em movimento numa linha reta foi chamada por ele de “Inércia”. (HEWITT, 2011, p. 22)

## 2.6 As leis de Newton

A relação entre uma força e a eventual variação do seu movimento foi descoberta por Isaac Newton (1642 – 1727), antes do autor formular sua mecânica, acreditava-se que uma “força” era necessária para manter um objeto em movimento com velocidade constante e que um corpo estava em seu estado “natural” quando encontrava-se em “repouso”. Para que um corpo se movesse com velocidade constante tinha que ser impulsionado de alguma forma, puxado ou empurrado, se não fosse assim pararia “naturalmente”. (HALLIDAY, 2009, p. 96). Essa ideia é consistente com a experiência cotidiana, pois qualquer objeto lançado sobre uma superfície acaba parando e necessitando de novo impulso para que inicie novo movimento. No entanto se o objeto for lançado sobre uma superfície de baixo coeficiente de atrito como o gelo percorrerá uma distância muito maior antes de parar.

Dessa forma podemos enunciar a primeira lei de Newton: “Se nenhuma força atua sobre um corpo, sua velocidade não pode mudar, ou seja, o corpo não pode sofrer uma aceleração”. (HALLIDAY, 2009, p. 97). Cabe ressaltar que em diversos casos existirão múltiplas forças atuando sobre um objeto, e podemos representá-las através de uma única força que possui o mesmo efeito dinâmico do somatório das demais, esta é a “força resultante”. Assim podemos definir novamente a primeira lei:

“Se nenhuma força *resultante* atua sobre um corpo, sua velocidade não pode mudar, ou seja, o corpo não pode sofrer uma aceleração”. (HALLIDAY, 2009, p. 98)

A experiência nos diz que uma determinada força resultante é capaz de produzir acelerações diferentes em corpos diferentes e que essa diferença dos efeitos de uma força é explicada por uma diferença de *massa*, tal conceito embora bastante utilizado no cotidiano apresenta uma definição física pouco coloquial. Podemos dizer que a massa de um corpo é a propriedade que relaciona uma força que age sobre o corpo à aceleração resultante (HALLIDAY, 2009, p. 99). Para Hewitt (2011, p. 54), é a medida da inércia ou a lentidão com que um objeto responde a qualquer esforço feito para movê-lo, pará-lo ou alterar de algum modo seu estado de movimento. Isto é, a definição mecânica de massa só pode ser compreendida se estiver atrelada aos conceitos de força resultante e aceleração.

Assim podemos enunciar a segunda lei de Newton: “A força resultante que age sobre um corpo é igual ao produto da massa do corpo pela sua aceleração.” Matematicamente temos:

$$F_R = m \cdot a \quad (2)$$

Entretanto nenhuma força é aplicada sozinha, cada força é parte de uma interação entre alguma coisa e outra, sejam forças de contato ou forças à distância, dessa forma podemos definir a terceira lei de Newton: “Quando dois corpos interagem, as forças que cada corpo exerce sobre o outro são sempre iguais em módulo e têm sentidos opostos”. (HALLIDAY, 2009, p. 107). Isto é, não é possível aplicar uma força sobre um corpo sem que o corpo aplique uma força “de volta”, assim surgem os conceitos de ação e reação.

### 3. REFERENCIAL DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Segundo Ausubel (1978, p.iv, apud Moreira, 2016) se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo.

A teoria Ausbeliana parte da premissa básica de que o fator mais importante no processo de ensino é aquilo que o aprendiz já sabe. A essa bagagem de conhecimentos já presentes na estrutura cognitiva do aluno Ausubel nomeia como subsunsores. O professor deve antes de tudo identificar esses subsunsores para, então, a partir deles basear seu material, suas explicações e suas analogias. Fica evidente, dessa forma, que a percepção de tais subsunsores norteará o trabalho do professor. No entanto, cabe ressaltar que embora tais subsunsores sejam peças chave no processo educativo devemos ter cuidado com os mesmos, pois em muitos momentos eles podem tornar-se obstáculos epistemológicos, dificultando ou impossibilitando a aprendizagem de novos conceitos, nesses casos a possibilidade de uma mudança conceitual torna-se necessária, mas com certeza muito mais difícil. (MOREIRA; OSTERMANN, 1999).

O processo de percepção e de reconhecimento de subsunsores é uma estratégia bastante eficaz no processo é a utilização dos chamados organizadores prévios, um organizador prévio pode consistir de uma situação prática uma questão problematizadora um fenômeno ou uma tecnologia capaz de despertar questões na estrutura cognitiva do aluno, isto é, capaz de prospectar do aluno as suas percepções ou seu conhecimento prévio do assunto que será trabalhado posteriormente. A estrutura cognitiva do aluno, sua bagagem cultural de conhecimentos será recrutada enquanto questões sobre o organizador prévio forem sendo aprofundadas no intuito de introduzir os conceitos que efetivamente serão trabalhados (MOREIRA; 2008). Nas palavras de Moreira (1978, p.41)

*A essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas, de maneira substantiva (não-litera) e não arbitrária, ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante (i .e., um subsunso) que pode ser, por exemplo, urna imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição já significativos.*

A aprendizagem significativa, objetivo final do processo educativo, ocorrerá somente se o conceito novo se ancorar no conceito subsunso, de forma que ambos, o conceito novo e o subsunso sejam modificados e unidos assumindo um novo sentido na estrutura cognitiva do aprendiz, isto é, tal subsunção não deverá ser literal nem arbitrária. Portanto uma das condições para que se consiga uma aprendizagem significativa é que o material exposto ao aluno seja potencialmente significativo, isto é, que possivelmente faça sentido para o aluno e que esteja logicamente de acordo com os conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva do aprendiz e com os conceitos que efetivamente devem ser ensinados.

O fator essencial no processo de aprendizagem significativa é a predisposição do aluno em aprender, pois o processo torna-se muito facilitado quando o próprio aluno esforça-se para ele próprio identificar os conceitos que traz consigo e que possam ser úteis na ancoragem dos novos conceitos a serem aprendidos. Quando o aluno consegue ele próprio estabelecer relações e combinar conceitos tornando ambos mais fortes, o processo de aprendizagem significativa fica encurtado. Quando essas conexões não são realizadas e os conceitos não são ressignificados na estrutura cognitiva dos alunos haverá o que Ausubel chamava de “aprendizagem mecânica”, existindo puramente uma memorização sem significado, a popular “decoreba” (MOREIRA; MASSONI, 2015).

Aprendizagem mecânica, aprendizagem significativa, intencionalidade do professor, predisposição a aprender do aluno, tudo isso são fatores que tornam a sala de aula um local extremamente dinâmico, o processo de aprendizagem não é contínuo, mas cheio de avanços e retrocessos, com rupturas e continuidades. As próprias ideias de aprendizagem mecânica e significativa não formam uma dicotomia, uma aprendizagem mecânica pode evoluir para uma significativa no momento em que são estabelecidas relações e que o aluno consegue resolver problemas variados em que precise lançar mão desses conhecimentos (MOREIRA; MASSONI, 2015).

A aprendizagem significativa pode ser diferenciada em três formas, subordinada, superordenada e combinatória. Na subordinada há uma simples ancoragem de um conhecimento novo a um subsunso relevante na estrutura cognitiva de forma que ambos os conhecimentos se modifiquem e sejam “fortalecidos” e tornados mais ricos, podemos caracterizar essa forma como a mais comum. Na superordenada um único conceito é capaz de subordinar vários outros, ou seja, um conceito muito amplo pode ser capaz de servir de ancoradouro para muitos outros novos conhecimentos

funcionando como uma “tenda” que agrupa todos os demais conceitos. Na combinatória ocorre o contrário da superordenada, pois um conceito pode integrar-se a todo um corpo de conhecimentos, isto é, para que ela ocorra na prática devemos compreender que alguns conceitos apenas são aprendidos se tivermos toda uma bagagem de outros conhecimentos para que ele faça sentido.

Em termos metodológicos duas ferramentas de grande importância são a “diferenciação progressiva” e a “reconciliação integradora”, ambos os processos são simultâneos ou concomitantes, pois temos mais facilidade de compreender as partes se temos uma ideia do todo, uma ideia geral no início dos conteúdos é uma alternativa que orienta os alunos em muitos aspectos, e a partir daí seguimos em uma diferenciação progressiva das partes, esmiuçando cada um dos conceitos envolvidos em detalhes. Evidentemente que uma diferenciação desagregada do todo também pode comprometer o processo de aprendizagem significativa, por isso sempre deverão ser feitas reconciliações integradoras que darão sentido maior a todo corpo de conhecimentos. Lembremos que a estrutura cognitiva não é estática, mas fluída, se reorganiza e se ressignifica, portanto ambos os processos se combinam de forma a organizá-la (MOREIRA; OSTERMANN, 1999).

#### 4. PROPOSTA E ASPECTOS METODOLÓGICOS

A proposta didática a seguir tem por base a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, dessa forma, fica evidente a tentativa de percepção dos conceitos subsunsores na estrutura cognitiva dos alunos, além de seguir uma lógica em que a visão geral precede questões mais particulares, isto é, o todo precede as partes. O intuito é ir diferenciando progressivamente o conceito de força até a interação gravitacional e em seguida reconciliar de forma integradora com uma atividade abrangente e rica em discussões acerca de tudo que foi trabalhado. Assim, o pano de fundo para a construção do conceito de força e sua relação com o movimento é o caráter histórico e a forma como as epistemologias de cada época interpretava tais relações. Isso torna-se ainda mais importante quando os alunos percebem a influência dessa interação com as próprias descrições e construções de modelos de Universo e a construção dos conceitos de força e movimento.

No quadro 1 apresentamos de forma compacta a sequência didática.

Quadro 1: visão panorâmica da sequência didática

	Atividade	Objetivos
Aula 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debate do grupo envolvendo questões sobre os temas da física, em especial, universo cosmologia e composição da matéria;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Despertar o interesse do aluno por questões da física;</li> <li>• Identificar subsunsores existentes na estrutura cognitiva dos alunos, referentes aos temas de cosmologia e estrutura da matéria;</li> <li>• Identificar se os alunos compreendem a abrangência da física nas descrições do universo;</li> </ul>



Aula 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aula expositiva dialogada, envolvendo unidades de medidas, escalas (dimensões cosmológicas e microscópicas) e composição do universo;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mostrar a abrangência da física como modelo explicativo do universo;</li> <li>• Apresentar as primeiras referências ao conceito de interações fundamentais mostrando que tais interações regem o funcionamento do universo;</li> <li>• Retomada do levantamento de concepções prévias sobre universo e cosmologia;</li> </ul>
Aula 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstrações com uma catapulta;</li> <li>• Aula expositiva-dialogada sobre a física Aristotélica;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mostrar a concepção do universo para Aristóteles e porquê ela é tão importante na construção do conhecimento;</li> <li>• Apresentar a relação entre força e movimento na concepção Aristotélica;</li> <li>• Discutir sobre movimentos “natural” e “violento” através de um experimento prático;</li> <li>• Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre força e movimento;</li> <li>• Apresentar a insuficiência do paradigma Aristotélico à luz do conhecimento medieval;</li> </ul>
Aula 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interação com trilhos de ar;</li> <li>• Aula expositiva-dialogada sobre a física medieval;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mostrar a revolução Galileana, isto é, sua ruptura com a visão Aristotélica e o nascimento da ciência moderna;</li> <li>• Reinterpretar os movimentos natural e violento com base na física Galileana;</li> <li>• Debater sobre o movimento neutro e introduzir o conceito de Inércia utilizando um experimento prático;</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar a evolução conceitual sobre força e movimento;</li> <li>• Reconhecer que os modelos científicos podem ser modificados, ao longo do tempo, em função de novas observações, novas descobertas ou novas interpretações sobre os fenômenos;</li> </ul>
Aula 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pequenas demonstrações sobre as Leis de Newton;</li> <li>• Aula expositiva sobre a física Newtoniana;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentar as Leis de Newton como uma evolução conceitual e não uma ruptura frente à visão Galileana;</li> <li>• Reinterpretar os movimentos natural e violento com base na teoria Newtoniana;</li> <li>• Identificar a evolução conceitual dos conceitos de força e sua relação com os movimentos;</li> <li>• Analisar situações reais de acordo com as Leis de Newton;</li> </ul>
Aula 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atividade prática “A terra como um grão de pimenta”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconciliação integradora de toda discussão acerca de força movimento, interação gravitacional e sistemas de mundo;</li> </ul>

## 5. IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA

A aplicação da proposta do produto ocorreu no Colégio Farroupilha, em Porto Alegre/RS, no primeiro trimestre de 2018 em todas as turmas de 9º ano da escola, isto é, em 5 turmas, totalizando 175 estudantes. As aulas têm 50 minutos de duração em dois períodos semanais. Foram utilizadas 12 horas/aula para o desenvolvimento do produto educacional.

O currículo da escola prevê que sejam trabalhados aspectos iniciais da física, com ênfase em conceitos que serão desenvolvidos ao longo do ensino médio, por exemplo: potências de base dez, unidades de medida e conversões de unidades de medidas, aliado a isso foi introduzido o conceito de força.

### 5.1 Encontro 1

*Plano de Aula 1*

*Data: 01/03/18 – 02/03/18*

Conteúdo:

- Questionamentos sobre a composição do universo;
- Introdução aos temas da física;

Objetivos de aprendizagem:

- Despertar o interesse do aluno por questões da física;
- Identificar subsunsores existentes na estrutura cognitiva dos alunos, referentes aos temas de cosmologia e estrutura da matéria;
- Mapear se os alunos compreendem a abrangência da física nas descrições do universo;

**Procedimento:**

Atividade Inicial:

A sala de aula deve ser organizada com “ilhas” de cinco classes, em cada uma dessas ilhas será colocada uma folha de papel A3 com um questionamento a ser respondido pelos alunos na forma de trabalho em grupos rotativos.

Desenvolvimento:

Cada grupo terá cinco minutos para responder o questionamento na folha de papel A3 e então deslocar-se para “ilha” seguinte com um novo questionamento.

Fechamento:

Após todos os alunos terem passado por todas as perguntas os pequenos grupos farão um resumo de tudo o que foi escrito nos painéis sobre as perguntas e ao término do tempo estipulado os mesmos farão uma apresentação sucinta sobre o que foi respondido

## Relato do Encontro 1:

A aula iniciou com o deslocamento dos alunos até o laboratório de química, nesse laboratório possuímos bancadas organizadas na forma de quatro ilhas, dessa forma já havíamos deixado organizadas as folhas de papel A3 com a indicação do número da questão que deveria ser respondida pelo grupo no tempo previsto (conforme explicitado na seção anterior). Essa atividade foi realizada em parceria com o professor de química, por isso as questões aparecem de forma bastante interdisciplinar, sendo elas:

Q1 - Em sua opinião, do que é composto o nosso corpo?

Q2 - O que há no universo e qual a explicação para a sua origem?

Q3 - Existe alguma relação entre a composição do universo e a composição do nosso corpo?

Q4 - Sabemos que no espaço as distâncias entre os corpos celestes são muito grandes. Será que existem distâncias tão grande quando pensamos em coisas muito pequenas?

Q5 - O universo apresenta-se em expansão, qual será esse limite? Qual o motivo dessa expansão?

No decorrer dos trabalhos ficou evidente que as terminologias próprias da linguagem da física permeiam o cotidiano dos alunos, isto é, vários conceitos, ainda que de forma rudimentar, estão presentes na estrutura cognitiva dos alunos. Temos como exemplo o material referente a questão 2 (Q2) da turma 9C:

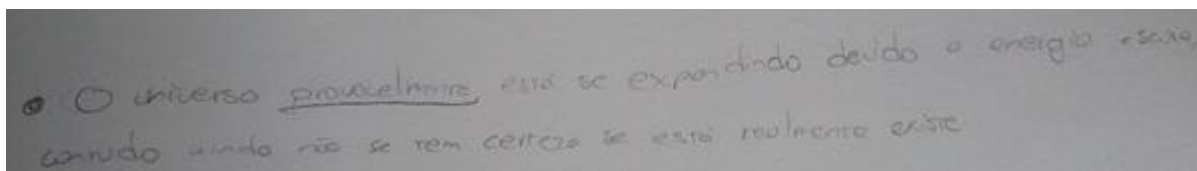
Figura 6 - Cartaz de respostas



Fonte: Foto registrada pelo autor (2018)

Nessa questão aparecem com muita frequência os conceitos de campo gravitacional, matéria, antimatéria e buracos negros, sendo o último aquele que desperta a maior curiosidade por parte dos alunos. Sobre a questão 5 (Q5), podemos identificar mais alguns conceitos subsunsores como “big-bang” e a influência da energia escura na expansão do universo:

Figura 7 - Resposta da questão 5



Fonte: Foto registrada pelo autor (2018)

Fica evidente nessa questão uma percepção, por parte do aluno, da constante mutação das teorias científicas no seu processo de desenvolvimento. Podemos especular que nessa questão o aluno deixa claro que não existem verdades científica, mas apenas processos contínuos de desenvolvimento.

## 5.2 Encontro 2

*Plano de Aula 2*

*Data: 07/03/18\_*

### Conteúdo:

- Unidades de medidas, escalas (dimensões cosmológicas e microscópicas)

### Objetivos de aprendizagem:

- Mostrar a abrangência da física como modelo explicativo do universo;
- Apresentar as primeiras referências ao conceito de interações fundamentais mostrando que tais interações regem o funcionamento do universo;
- Retomada do levantamento de concepções prévias sobre universo e cosmologia;

### **Procedimento:**

#### Atividade Inicial:

Aula expositiva-dialogada sobre “A escala do Universo”;

#### Desenvolvimento:

Mostrar a abrangência da física como modelo explicativo do universo;

Apresentar as primeiras referências ao conceito de interações fundamentais mostrando que elas regem o funcionamento do universo;

#### Fechamento:

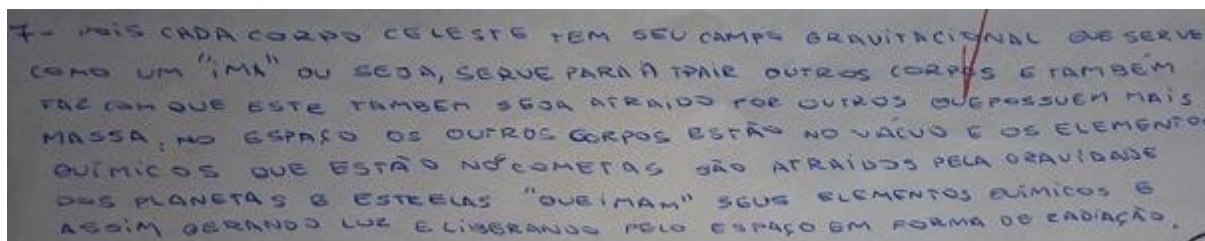
Entrega do “Questionário para identificação da evolução conceitual sobre universo e cosmologia”

Discussão sobre algumas das respostas apresentadas no questionário referentes às interações fundamentais;

## Relato do Encontro 2:

O segundo encontro se deu na forma de uma aula expositiva-dialogada onde o objetivo era fazer uma análise dimensional sobre o universo, mostrando que ao analisarmos diferentes escalas de comprimentos precisamos buscar como base diferentes ramos da física. Iniciamos analisando ordens de grandeza que se assemelham aquelas que estamos acostumados a interagir visualmente e, em seguida, ao nos afastarmos e aumentarmos a nossa escala para fora do Universo conseguimos abordar alguns conceitos relevantes às interações gravitacionais. Em geral a cosmologia é o assunto que mais desperta o interesse dos alunos pela física. Em seguida ao diminuirmos as escalas e viajarmos para “dentro” do átomo apresentamos outros tipos de interações que ocorrem entre partículas, isto é, essas interações são regidas por outras interações fundamentais. Nesse ponto ficou claro para os alunos a abrangência do estudo da física. Como demonstrado na questão que segue sobre atração:

Figura 8 - Resposta à questão sobre Atração Gravitacional



Fonte: Foto registrada pelo autor (2018)

Podemos inferir que o conceito de força atrativa está presente na estrutura cognitiva dos alunos, nessa resposta a força gravitacional é comparada à força gerada pelo campo magnético de um ímã, outro exemplo de força que atua à distância. A relação entre a intensidade da força gravitacional e quantidade de massa é apresentada também na resposta supracitada, isto é, quanto maior o produto das massas, mais intensa a atração gravitacional.

### 5.3 Encontro 3

#### Plano de Aula 3

Data: 12/03/18\_

#### Conteúdo:

- Concepções Aristotélicas sobre o Universo, força e movimento;

#### Objetivos de aprendizagem:

- Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre a relação entre força e movimento;
- Mostrar a concepção do universo para Aristóteles e porquê ela é tão importante na construção do conhecimento;
- Apresentar a relação entre força e movimento na concepção Aristotélica;
- Debater sobre movimentos “natural”, “violento” e “antiperistasis” através de um experimento prático;
- Mostrar a insuficiência do modelo Aristotélico para descrição dos movimentos;

#### **Procedimento:**

#### Atividade Inicial:

Interação com a “Catapulta de Colher” visando solucionar a questão problematizadora: *“O que mantém um projétil em movimento após a perda de seu contato com o lançador?”*

#### Desenvolvimento:

Aula expositiva apresentando as ideias Aristotélicas sobre força, movimento e cosmologia aristotélica;

Discussão sobre a insuficiência da teoria Aristotélica para a descrição dos movimentos baseado nas respostas dos alunos ao questionário;

#### Fechamento:

- Entrega do Questionário para identificação dos conceitos prévios sobre força e movimento;
- Promover uma discussão sobre a importância da experimentação na ciência;



### Relato do Encontro 3:

A aula foi iniciada no laboratório de física, neste espaço possuíamos duas grandes bancadas, uma em frente a outra, organizamos de forma que os alunos conseguissem trabalhar em quartetos. Cada quarteto dispunha de duas catapultas e duas esferas de borracha. Solicitamos que os alunos explorassem as montagens e fizessem lançamentos de uma bancada a outra. Imaginamos que durante essa atividade haveria muita bagunça, mas para nossa surpresa os lançamentos se deram de forma bastante organizada pois cada grupo queria observar cada um dos lançamentos em detalhes. Foi explicado aos alunos o que de fato é um projétil, ele consiste em um objeto que após ser lançado, mantém-se em movimento sem a necessidade de um propulsor. Foram exemplificados vários movimentos de projéteis, desde os balísticos até o de bolas de práticas esportivas e foram comparados os movimentos de queda com os lançamentos. Em seguida foi proposta a questão problematizadora: *“O que mantém um projétil em movimento após a perda de seu contato com o lançador?”*

A ideia de que a queda ocorre em função *“da terra puxar o objeto para baixo”* foi bastante frequente em todas as turmas, o que confirma nossa suposição inicial de que o conceito subsunso de *“atração gravitacional”* está presente na estrutura cognitiva dos alunos. Mas quanto a questão problematizadora notamos que a maioria dos alunos respondeu em linhas gerais que: *“a força que o lançador exerce no projétil permanece nele durante o seu movimento, isto é, da mesma forma que a gravidade “vai puxando” o objeto para baixo, a força do lançador “vai empurrando-o” para frente!”* Ainda que na aula anterior os alunos tenham citado as interações fundamentais, ainda não lhes parece claro o conceito de força de contato e força de campo e como se dão essas interações.

Após essas discussões foi apresentada uma aula expositiva-dialogada sobre o universo Aristotélico e os conceitos medievais de força e movimento. Foram enfatizados os movimentos naturais e violentos, a *“lei de força”* de Aristóteles e a *“antiperistasis”*. A reação mais comum entre todas as turmas foi a de perceber que a visão Aristotélica, nas palavras dos alunos: *“faz todo sentido”*. Foi apresentado aos alunos que essas visões são pré-científicas e que se aproximam muito do senso comum, além de terem a sua validade inquestionada por mais de 2000 anos.

Os alunos de maneira geral concordaram que quanto maior a “força” maior a “velocidade”, mas mostraram-se duvidosos quanto ao fato de o próprio ar manter o movimento do projétil, isto é, como pode o ar, dificultar e manter o movimento ao mesmo tempo? Nesse momento os alunos começaram a perceber que o modelo aristotélico se apresenta insuficiente na descrição do movimento violento.

Foi solicitado que os alunos respondessem as questões que seguem:

- 1) Por que os objetos caem? Confronte a sua explicação com a explicação Aristotélica.
- 2) Após lançarmos o projétil com a catapulta, o que mantém o mesmo em movimento? Confronte a sua explicação com a explicação Aristotélica.

Em sua grande maioria as respostas seguiam o raciocínio de que hoje sabemos que as quedas ocorrem em função da “gravidade”, mas que a descrição Aristotélica de movimento natural fazia mais “sentido” para época. Na segunda questão ficou evidente a discordância com a visão Aristotélica da “antiperistasis”, os alunos trazem consigo a crença de que o lançador aplica uma força no projétil enquanto está em contato com o mesmo e no momento que é perdido o contato a força “permanece” no objeto empurrando-o. Nesse caso observamos que há uma ideia que se há movimento, deve haver força mantendo esse movimento, afinal, enquanto o objeto cai, a gravidade permanece puxando-o.

## 5.4 Encontro 4

*Plano de Aula 4*

*Data: 14/03/18\_*

### Conteúdo:

- A inércia Galileana e o movimento neutro;

### Objetivos de aprendizagem:

- Mostrar a revolução Galileana, isto é, sua ruptura com a visão Aristotélica e o nascimento da ciência moderna;
- Reinterpretar os movimentos natural e violento com base na física Galileana;
- Debater sobre o movimento neutro e introduzir o conceito de Inércia utilizando um experimento prático;
- Identificar a evolução conceitual sobre força e movimento;
- Reconhecer que os modelos científicos podem ser modificados, ao longo do tempo, em função de novas observações, novas descobertas ou novas interpretações sobre os fenômenos;

### **Procedimento:**

#### Atividade Inicial:

Aula expositiva dialogada sobre a visão Galileana de força e movimento;

Retomada das questões da aula anterior;

#### Desenvolvimento:

Utilização do trilho de ar e disco sem atrito demonstrando um movimento com menor força de arrasto;

Retomar as discussões sobre a catapulta e a explicação Galileana para o movimento de projéteis;

#### Fechamento:

-Questões para identificar a evolução conceitual sobre movimento natural e violento;

#### Relato do Encontro 4:

A aula teve início com a retomada das questões da aula anterior, os alunos foram lembrados do movimento natural do movimento violento e da “antiperistasis”. Já havia sido identificado o pré-conceito de que a força “permanece” no projétil, na estrutura cognitiva dos alunos. Dessa forma foi mostrado a eles que essa concepção não é uma forma de pensamento exclusiva deles, mas que tal visão se refere ao que na época foi chamado de “força impressa”, isto é, em sua grande maioria os alunos têm concepções de força e movimento que se assemelham às visões medievais. Em seguida a questão levantada foi:

“Se lançarmos um objeto sobre uma superfície fazendo-o deslizar, por que ele para? ”

Imediatamente as respostas que surgiram se referiam à força de atrito, que ela era responsável pela desaceleração e parada do objeto. Nesse momento foi apresentado o conceito de *impetus*. No momento em que o corpo é arremessado, ele adquire um *impetus* a partir do movedor. Esse *impetus*, do qual o corpo fica impregnado, diminui com o tempo, devido à ação externa sobre o mesmo (contato do corpo com a superfície e com o ar). O corpo para quando o *impetus* se extingue por completo. Logo, se não houvesse nenhuma força opostora o objeto tenderia a mover-se indefinidamente com velocidade constante, e essa foi a interpretação Galileana do movimento, isto é, os corpos tendem a manterem-se no seu estado de movimento, caso não existam forças atuando sobre os mesmos. Essas colocações foram corroboradas ao ser mostrado para os alunos o trilho de ar, nele conseguimos simular situações em que um carrinho consegue deslizar sobre uma superfície metálica quase sem atrito. As questões propostas na sequência foram:

- 1) O que mantém o projétil em movimento após o seu lançamento?
- 3) Como o disco consegue mover-se com velocidade constante?
- 4) Como Aristóteles e Galileu explicariam o movimento do disco?

As respostas dadas para as questões acima apresentavam-se de acordo com as visões apresentadas durante a aula, ficou claro para os alunos que existia, para Galileu, um terceiro tipo de movimento que não era afetado por força alguma, o movimento neutro, e dessa forma a velocidade não poderia ser alterada devido ao fato de não haver um agente que alterasse a velocidade.

Uma questão que Aristóteles não havia imaginado, pois não havia registro de análise de movimentos em planos inclinados ou superfícies sem atrito, apenas em lançamentos de projéteis como os discutidos através das catapultas.

Fica claro que as respostas dos alunos dificilmente são redigidas com base em uma interpretação própria, quase sempre são literais em relação às frases e definições mencionadas pelo professor, o que nos levaria a supor uma aprendizagem puramente mecânica, daí a necessidade de outras formas de avaliação.

## **5.5 Encontro 5**

*Plano de Aula 5*

*Data: 19/03/18\_*

Conteúdo:

- Leis de Newton

Objetivos de aprendizagem:

- Apresentar as Leis de Newton como uma evolução conceitual e não uma ruptura frente à visão Galileana;
- Reinterpretar os movimentos natural e violento com base na teoria Newtoniana;
- Identificar a evolução conceitual dos conceitos de força e sua relação com os movimentos;
- Analisar situações reais de acordo com as Leis de Newton;

**Procedimento:**

Atividade Inicial:

Entrega do “Questionário sobre a identificação de concepções prévias sobre FORÇA”;

Desenvolvimento:

Aula expositiva-dialogada sobre as leis de Newton;

Fechamento:

Demonstrações sobre as Leis de Newton;

## Relato do Encontro 5:

A aula teve início, como sempre, com uma retomada das discussões da aula anterior sobre o “movimento neutro” e a necessidade da utilização do cinto de segurança. Em geral os alunos em sua linguagem cotidiana afirmam que nas frenagens os passageiros são “arremessados” para fora do veículo, conectamos essa ideia ao conceito de movimento neutro. O conceito supracitado é a gênese da ideia Newtoniana de Inércia, portanto não houve uma ruptura, mas uma evolução conceitual acerca desse tema. A maioria dos alunos mostrou-se bastante receptiva ao conceito de inércia, foram utilizados exemplos contundentes referentes a veículos em movimento, analisamos as sensações que temos quando os veículos são submetidos a acelerações, frenagens, arrancadas ou mudanças de direção. Foi solicitado que os alunos respondessem as questões que seguem:

- 1) Explique o que é força?
- 2) É possível haver força na ausência de movimento?
- 3) É possível haver movimento na ausência de força?

Sobre as questões, as respostas mais comuns davam conta de que força está relacionado a “puxar” ou “empurrar”, portanto é possível haver força e não haver movimento, pois, para os alunos, é possível que a força seja insuficiente para colocar um objeto em movimento. Na última questão apontaram que para que o movimento inicie deve haver força, mas que ele se mantém independente da presença de força. Em seguida foram apresentadas as Leis de Newton, isto é, primeiramente tenta-se fazer com que o aluno compreenda o conceito e depois apresentamos a linguagem científica que define tais leis. Durante a aulas expositiva os alunos não se manifestaram. Nota-se claramente que das três leis, a terceira (ação e reação) conceitualmente é a mais complexa de ser compreendida. Dessa forma foram feitas pequenas demonstrações sobre as três leis e ali foi possível deixar evidentes as relações entre força, massa e aceleração além de darmos uma melhor definição para o conceito de força e ação e reação.

## 5.6 Encontro 6

*Plano de Aula 6*

*Data: 21/03/18*

### Conteúdo:

- Sistema solar, força e atração gravitacional;
- Apresentar a Gravitação Universal como principal regente do funcionamento do universo;

### Objetivos de aprendizagem:

- Reconciliação integradora de toda discussão acerca de força movimento, interação gravitacional e sistemas de mundo;

### **Procedimento:**

#### Atividade Inicial:

Exposição inicial sobre a atração gravitacional e reconhecimento de seus fenômenos,

#### Desenvolvimento:

Resolução da tabela com as distâncias solicitadas e posterior colagem dos vegetais conforme o roteiro;

#### Fechamento:

Posicionamento dos vegetais na escala de distância solicitada e posterior discussão sobre a massa dos planetas, e a influência da distância na interação gravitacional.

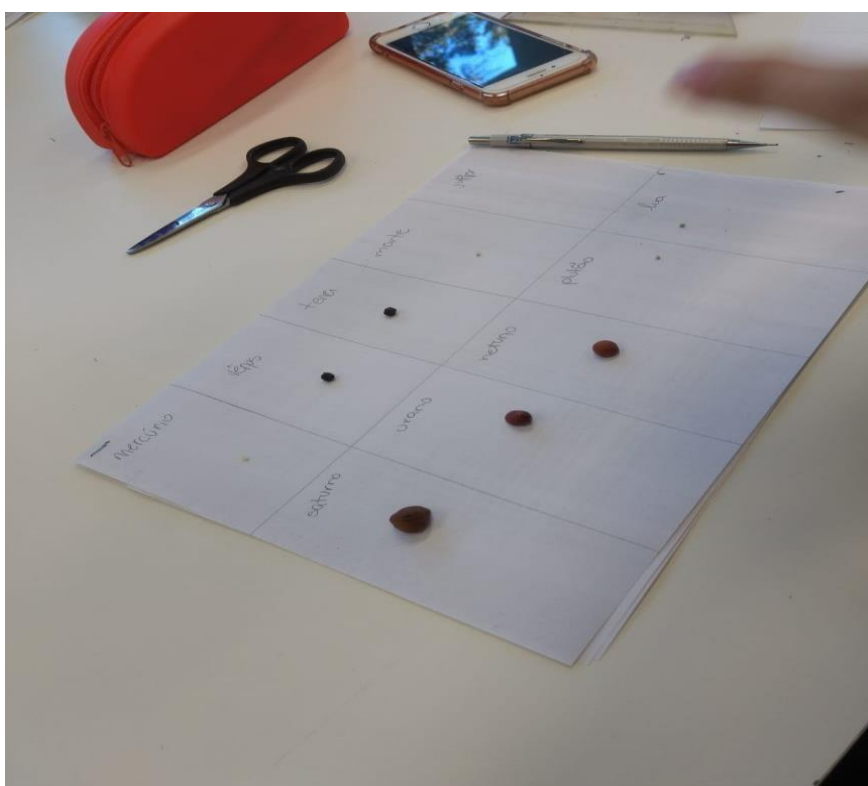
### Relato do Encontro 6:

A aula foi iniciada com uma breve leitura do roteiro da atividade e com uma pequena revisão sobre potências de base dez e notação científica, visto que ambos são conteúdos que os alunos apresentam grandes dificuldades durante todo o ensino médio. Em seguida os alunos iniciam os trabalhos de completar as tabelas convertendo os valores e escrevendo-os na forma de notação científica. Essa atividade é feita em conjunto com a professora de matemática que nos auxilia durante

o trabalho pois tais conteúdos são contemplados também em sua disciplina. Durante a atividade não surgem tantas dúvidas pois os alunos logo percebem que o processo se repete nas tabelas, consistindo apenas em deslocar a vírgula a quantidade de casas necessária.

Após a conclusão da primeira parte iniciamos a entrega das folhas de papel A4 e solicitamos a sua divisão em dez partes iguais, em cada retângulo deveria ser escrito o nome dos oito planetas e do planeta-anão Plutão além da Lua, satélite natural do planeta Terra. Com essa atividade concluída começamos então a efetuar a entrega das sementes dos vegetais que representariam os planetas:

Figura 9 - Colagem dos grãos para comparação de suas dimensões



Fonte: Foto registrada pelo autor (2018)

No momento da entrega das sementes chamava a atenção dos alunos o tamanho de Júpiter em relação aos demais planetas, eles haviam aberto a noz e colocado todas as sementes dentro da sua casca. Essa observação se tornou bastante comum, a maioria dos alunos não fazia ideia do tamanho de Júpiter em relação aos demais planetas. Essa diferença de tamanho faz com que os alunos deduzam que Júpiter atrai os planetas com maior força do que é atraído. Essa é uma confusão bastante comum entre os alunos, eles deixam de considerar a terceira lei de Newton que afirma que a cada ação existe uma reação de mesmo módulo e direção, mas de sentido contrário.



Embora as massas dos dois planetas sejam diferentes a atração gravitacional entre ambos tem o mesmo módulo. Prosseguimos a atividade no pátio da escola com a colocação das sementes na escala de distância do sistema solar, infelizmente não dispúnhamos de espaço suficiente para simularmos totalmente o sistema, conseguimos apenas posicionar as sementes até o planeta Marte.

Figura 10 - Objeto esférico representando o Sol sendo apoiado por uma aluna



Fonte: Foto registrada pelo autor (2018)

Um detalhe que chama atenção dos alunos é a diferença de tamanhos entre o Sol e os planetas do sistema solar e a sua distância, os alunos ficam bastante surpresos por imaginar que embora as distâncias sejam elevadas, a interação gravitacional mantém a estabilidade do sistema. Foi chamada atenção para o fato de que as órbitas planetárias não se encontram todas no mesmo plano, mas que, por exemplo, a órbita do planeta-anão Plutão é bastante desalinhada das demais.

Figura 11 - Alunos fazendo medidas entre dois “planetas”.



Fonte: Foto registrada pelo autor (2018)

Foi apresentada a posição da Lua em relação a Terra, esta, na escala em questão estava a 5 cm da Terra, discutimos que aquela era a maior distância em que algum humano já havia se afastado. Na verdade, em relação ao sistema solar essa distância era ínfima. O intuito da atividade era fazer com que os alunos percebessem as dimensões do Universo, que representamos uma parte muito insignificante, mas que as leis físicas modelam o comportamento dos objetos do espaço.

## 6. RESULTADOS

A aprendizagem significativa ocorre quando novos significados são adquiridos após um processo de subsunção ou ancoragem de novos conceitos a conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, quando essa ancoragem se dá de forma não literal e não arbitrária ambos os conceitos são modificados e fortalecidos. Quanto a forma de identificar evidências da aprendizagem significativa Moreira propõe:

[...] que ao se procurar evidências da compreensão significativa, a melhor maneira de evitar a “simulação da aprendizagem significativa” é formular questões e problemas de maneira nova e não familiar que requeiram máxima transformação do conhecimento adquirido. Testes de compreensão devem, no mínimo, ser escritos de maneira diferente e apresentados em um contexto, de certa forma, diferente daquele originalmente encontrado no material instrucional. (Moreira; Ostermann, 1999).

Dessa forma a identificação de evidências da aprendizagem significativa se deu em duas etapas diferentes, através de uma análise qualitativa que levou em conta as produções dos alunos durante a aplicação do produto e de uma forma quantitativa através de teste de compreensão para que pudesse ser percebido se os alunos compreenderam significativamente as ideias que foram capazes de verbalizar na primeira etapa. Durante o processo de aplicação do produto, o objetivo era introduzir ao aluno o conceito de força, fazendo com que o mesmo conseguisse compreender seus efeitos sobre os movimentos, partindo de interpretações superadas da ciência, mas bastante intuitivas, e a partir delas construir a visão atualmente aceita pela ciência.

Nesse processo o que se pôde observar é que os alunos são extremamente apegados às definições dadas pelo professor e em uma parte podemos observar que as principais perguntas que ocorriam após uma definição ser feita era: “*Como eu escrevo isso?*” Com muita frequência os alunos não encontravam em seu vocabulário formas de responder as questões, em outros casos não o faziam com clareza. Frequentemente apareciam questões como: “*Tu queres que eu responda o que tu ensinaste ou o que eu acho que é?*” Aliada a essas questões podemos perceber que embora os alunos sejam capazes de interpretar livros de literatura, às vezes encontram dificuldades em interpretar enunciados de exercícios de física, essa falha ocorre pois não trabalhamos a leitura de redações científicas ou artigos científicos, não há por parte dos alunos uma facilidade em compreender jargões próprios da física pois não são devidamente expostos a isso.

Independente desses problemas detectados durante a aplicação do produto, podemos inferir que na maioria das situações os alunos compreenderam que na ausência de uma força resultante os corpos tendem a permanecer em seu estado de movimento, nessas questões os subsunsores acionados referiam-se a viagens espaciais, pois os educandos logo perceberam-que esse tipo de movimento ocorre apenas em situações muito especiais. Outros subsunsores acionados se referem às suas experiências em automóveis, as suas sensações nas mudanças do vetor velocidade, sejam em módulo ou em orientação.

Na análise quantitativa partimos de ferramentas disponibilizadas pela escola, a parte objetiva das avaliações não são corrigidas pelo professor e sim de maneira digital, cada avaliação consiste de três documentos, a avaliação, o gabarito e o mapa da prova. O mapa da prova é formado por uma lista que contém todas as questões referenciadas por números, cada uma das questões representará um objetivo de aprendizagem e o seu nível:

Figura 12 - Mapa de prova

QUESTÃO	Objetivo de Aprendizagem	TIPO (Discursiva ou Objetiva)	NÍVEL DE OPERAÇÃO MENTAL (Básico ou Operacional ou Global)	NÍVEL DA QUESTÃO (Fácil ou Média ou Difícil)
8	HAV2. Conceituar as três Leis de Newton, aplicando esses conceitos em situações do cotidiano.	OBJETIVA	GLOBAL	FÁCIL
9		OBJETIVA	GLOBAL	MÉDIA
10		OBJETIVA	GLOBAL	MÉDIA
3	HAV4. Reconhecer situações reais de acordo com as três Leis de Newton.	OBJETIVA	GLOBAL	MÉDIA
4		OBJETIVA	OPERACIONAL	FÁCIL
5		OBJETIVA	GLOBAL	MÉDIA
6	HAV5. Reconhecer a grandeza física força, observando suas características e unidades de medida e como se dá a sua interação (forças de contato e de campo) em partículas, objetos ou corpos celestes.	OBJETIVA	OPERACIONAL	FÁCIL
7		OBJETIVA	OPERACIONAL	DIFÍCIL
1	HAV7. Reconhecer que os modelos científicos podem ser modificados, ao longo do tempo, em função de novas observações e novas descobertas.	OBJETIVA	GLOBAL	DIFÍCIL
2		OBJETIVA	GLOBAL	MÉDIA

Fonte: Captura de tela feita pelo autor

No cabeçalho da prova são evidenciados os objetivos de aprendizagem:

Figura 13 - Cabeçalho de prova

**A2 DE FÍSICA – 9º ANO – 1º TRIMESTRE – VALOR: 2,0**  
Essa prova contém 10 questões objetivas (valor 0,20 cada)

**Orientações:**

- Apresente a avaliação com os dados de identificação preenchidos de forma completa;
- Leia atentamente as questões, porque a leitura e o entendimento fazem parte da avaliação;
- A prova deve ser escrita com caneta azul ou preta;
- Só existe uma alternativa correta para cada questão objetiva;
- Questões rasuradas ou com mais de uma resposta marcada na grade de respostas serão anuladas.

**Advertências:**

- É proibido o uso de quaisquer materiais adicionais (livros, papéis, resumos...) ou outros meios fraudulentos na realização da prova. Caso o estudante seja flagrado utilizando recursos ilícitos na realização da prova, ela será anulada, e ele ficará com nota 0,0 (zero) na avaliação e estará sujeito à aplicação de medidas disciplinares, conforme o Código de Conduta e Convivência do Colégio Farroupilha.
- Também é proibido ao estudante portar o telefone celular durante a realização da prova. O aparelho deve ser desligado e guardado dentro da mochila, que deverá ser colocada na frente da sala. Se o estudante for flagrado portando o telefone celular durante a realização da prova, ela será anulada, o aluno ficará com nota 0,0 (zero) na avaliação e estará sujeito à aplicação de medidas disciplinares, conforme o Código de Convivência do Colégio Farroupilha.

**Objetivos de aprendizagem:**

HAV2. Conceituar as três Leis de Newton, aplicando esses conceitos em situações do cotidiano.  
 HAV4. Reconhecer situações reais de acordo com as três Leis de Newton.  
 HAV5. Reconhecer a grandeza física força, observando suas características e unidades de medida e como se dá a sua interação (forças de contato e de campo) em partículas, objetos ou corpos celestes.  
 HAV7. Reconhecer que os modelos científicos podem ser modificados, ao longo do tempo, em função de novas observações e novas descobertas.

Boa prova!

Fonte: Captura de tela feita pelo autor

Através dos dados dos mapas podem ser analisados estatisticamente os resultados dos alunos, suas respostas e os percentuais de acertos além de uma análise sobre quais objetivos de aprendizagem tiveram os melhores resultados, tal análise é feita por uma empresa terceirizada, seguem dois exemplos de análises obtidas:

Figura 14 - Análise estatística por aluno



Fonte: Captura de tela feita pelo autor

A análise utilizada para avaliação dos resultados da aplicação do produto foi o “Relatório de análise sintética por item” a partir dos objetivos de aprendizagem e das questões que seguem.

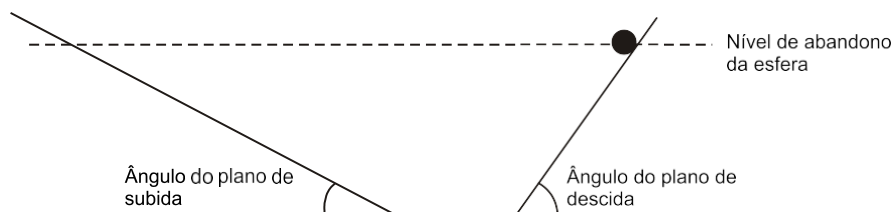
Objetivo de aprendizagem:

- Compreender o que ocorre com um movimento quando a força resultante que atua sobre o objeto é nula, conceituando a Inércia.

### QUESTÕES SELECIONADAS:

1) (ENEM – 2014 - ADAPTADO) - Para entender os movimentos dos corpos, Galileu discutiu o movimento de uma esfera de metal em dois planos inclinados **sem atritos** e com a possibilidade de se alterarem os ângulos de inclinação, conforme mostra a figura. Na descrição do experimento, quando a esfera de metal é abandonada para descer um plano inclinado de um determinado nível, ela sempre atinge, no plano ascendente, no máximo, um nível igual àquele em que foi abandonada.

Se o ângulo de inclinação do plano de subida for reduzido a zero, a esfera:



Galileu e o plano inclinado. Disponível em: [www.fisica.ufpb.br](http://www.fisica.ufpb.br). Acesso em: 21 ago. 2012 (adaptado).

- manterá sua velocidade constante, pois a força resultante sobre ela será nula.
- manterá sua velocidade constante, pois a força da descida continuará a empurrá-la.
- diminuirá gradativamente a sua velocidade, pois não haverá mais força para empurrá-la.
- diminuirá gradativamente a sua velocidade, pois a força resultante será contrária ao seu movimento.
- aumentará gradativamente a sua velocidade, pois não haverá nenhuma força contrária ao seu movimento.

2) (G1 – IFSUL – 2017 - ADAPTADO) - Leia com atenção o texto que segue.

“Galileu fez outra grande descoberta. Ele mostrou que Aristóteles estava também errado quando considerava que fosse necessário exercer forças sobre os objetos para mantê-los em movimento. Embora seja necessária uma força para dar início ao movimento, Galileu mostrou que, uma vez em movimento, nenhuma força é necessária para manter o movimento – exceto a força necessária para sobrepujar o atrito. Quando o atrito está ausente, um objeto em movimento mantém-se em movimento sem a necessidade de qualquer força.”

HEWITT, P. G. *Fundamentos de Física Conceitual*. 1ª ed. – Porto Alegre: Bookman, 2003. p. 50.

O texto refere-se a uma questão central no estudo do movimento dos corpos na Mecânica Newtoniana, que é a propriedade dos corpos manterem o seu estado de movimento.

Essa propriedade é conhecida como:

- a) força.
- b) massa.
- c) inércia.
- d) velocidade.
- e) nenhuma das alternativas.

3. (UFRGS - ADAPTADO) - Considere o movimento de um veículo, totalmente fechado, sobre uma estrada perfeitamente plana e horizontal. Nesse contexto, o solo constitui um sistema de referência inercial, e o campo gravitacional é considerado uniforme na região. Suponha que você se encontre sentado no interior desse veículo, sem poder observar nada do que acontece do lado de fora. Analise as seguintes afirmações relativas à situação descrita.

I. Se o movimento do veículo fosse retilíneo e uniforme, o resultado de qualquer experimento realizado no interior do veículo em movimento seria idêntico ao obtido no interior do veículo parado.

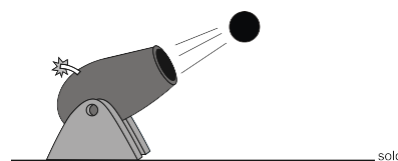
II. Se o movimento do veículo fosse acelerado para frente, você perceberia seu tronco se inclinando involuntariamente para trás.

III. Se o movimento do veículo fosse acelerado para a direita, você perceberia seu tronco se inclinando involuntariamente para a esquerda.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I.
- b) Apenas I e II.
- c) Apenas I e III.
- d) Apenas II e III.
- e) I, II e III.

6) (UERJ – 2014 - ADAPTADA) A imagem abaixo ilustra uma bola de ferro após ser disparada por um canhão antigo. Desprezando-se a resistência do ar, o esquema que melhor representa a(s) força(s) que atuam sobre a bola de ferro é:




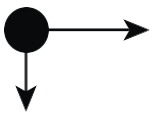
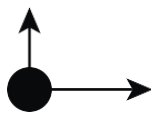

- a) 
- b) 
- c) 
- d) 
- e) nenhuma



Figura 15 - Análise sintética por item

Questoes1				Questoes2			
Resposta	Frequência	Porcentagem		Resposta	Frequência	Porcentagem	
* A	107	66,05		A	5	3,09	
B	26	16,05		B	2	1,23	
C	13	8,02		* C	148	91,36	
D	8	4,94		D	3	1,85	
E	5	3,09		E	1	0,62	
Sem Resposta	3	1,85		Sem Resposta	3	1,85	

### Relatório de Análise Sintética por Item

**Legenda:** Correto Incorreto Distratores selecionados com maior frequência Resposta Alterada: que a resposta correta:

Questoes3				Questoes6			
Resposta	Frequência	Porcentagem		Resposta	Frequência	Porcentagem	
A	5	3,09		* A	18	11,32	
B	4	2,47		B	47	29,56	
C	4	2,47		C	67	42,14	
D	45	27,78		D	12	7,55	
* E	100	61,73		E	13	8,18	
Sem Resposta	3	1,85		Sem Resposta	1	0,63	
Múltiplos	1	0,62		Múltiplos	1	0,63	

Fonte: Captura de tela feita pelo autor com as respostas mais frequentes

A questão 1 retoma o conceito de movimento neutro e refere-se aos experimentos de Galileu com planos inclinados. No item A) fica evidenciado que na ausência de forças opostas os objetos tendem a permanecer em seu estado de movimento, isto é, com força resultante nula. Podemos inferir que a grande maioria dos alunos apresenta uma compreensão do movimento retilíneo uniforme e do conceito de inércia. Surpreendentemente um número significativo de alunos traz consigo a ideia de força impressa, como fica evidenciado no item B), uma força impressa que não tem oposição por atrito, portanto, infinita.

A questão 2 não apresenta muitas dificuldades pois necessita apenas que os alunos identifiquem a inércia. A questão 3) explora as sensações dos alunos ao serem expostos a acelerações, isso é bastante cotidiano e foi bastante explorado em aula, o que chama atenção é a quantidade de alunos que não percebe que fisicamente uma situação de repouso é fisicamente idêntica a uma situação de movimento retilíneo uniforme. A questão 6) foi bastante curiosa, pois muitos confundiram-se na questão das representações vetoriais, após as discussões acerca do movimento de projéteis na catapulta, parecia ter ficado evidente a construção da visão de inércia no movimento de projéteis, mas na questão de múltipla escolha fica clara uma concepção de forças empurrando o objeto durante seu deslocamento.

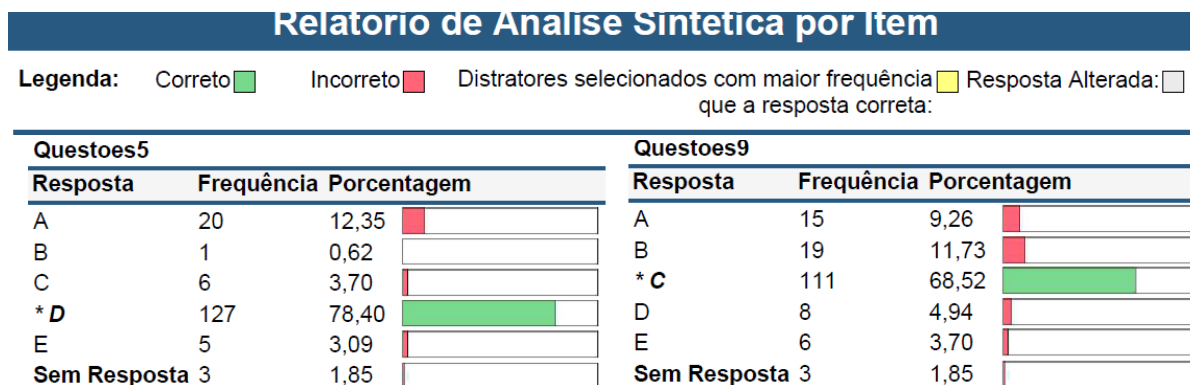
- *Compreender como se dá a interação entre pares de corpos através de forças;*

5) (Olimpíada Brasileira de Física - ADAPTADO) Um carro de cor preta e outro de cor branca colidem na interseção de duas ruas, como mostra a figura a seguir e, no momento da colisão apresentam velocidades de mesmo módulo. Sabendo que os dois carros são do mesmo modelo, qual das seguintes afirmações é verdadeira?



- O carro preto exerce uma força de maior intensidade sobre o carro branco do que o branco sobre o preto.
  - O carro branco exerce uma força de maior intensidade sobre o carro preto do que o preto sobre o branco.
  - O carro preto exerce força sobre o branco e este não exerce força sobre o preto.
  - O carro preto exerce força sobre o branco de mesma intensidade que o carro branco sobre o preto.
  - É impossível determinar a intensidade da força que eles exercem, pois, o choque é perpendicular.
- 9) (UECE - 2009) Uma motocicleta de 120 kg se choca de frente com um automóvel de 800 kg, em uma rua horizontal. Sobre a força sofrida pelos veículos, devido à colisão, assinale o correto.
- As forças sofridas pelos dois veículos são iguais em módulo.
  - A motocicleta sofre maior força.
  - O automóvel sofre maior força.
  - As forças sofridas pelos dois veículos vão depender de a colisão ser ou não elástica.
  - Nenhuma das alternativas.

Figura 16 - Análise sintética por item



Fonte: Captura de tela feita pelo autor com as respostas mais frequentes

Nas questões acima as respostas indicam uma compreensão sobre a terceira lei de Newton, embora, a quantidade de massa dos objetos confunda um pouco os alunos, a exemplo da atração Gravitacional. Comumente os alunos imaginam que os corpos mais massivos atraiam com mais força os menos massivos, dessa forma os mais massivos exercem forças maiores nos menos massivos. Felizmente o percentual de respostas corretas indica que podemos inferir uma compreensão da terceira lei de Newton.

Objetivo de aprendizagem:

- Reconhecer que os modelos científicos podem ser modificados, ao longo do tempo, em função de novas observações e novas descobertas.

15. (ENEM) Na linha de uma tradição antiga, o astrônomo grego Ptolomeu (100-170 d.C.) afirmou a tese do geocentrismo, segundo a qual a Terra seria o centro do universo, sendo que o Sol, a Lua e os planetas girariam em seu redor em órbitas circulares. A teoria de Ptolomeu resolvia de modo razoável os problemas astronômicos da sua época. Vários séculos mais tarde, o clérigo e astrônomo polonês Nicolau Copérnico (1473-1543), ao encontrar inexatidões na teoria de Ptolomeu, formulou a teoria do heliocentrismo, segundo a qual o Sol deveria ser considerado o centro do universo, com a Terra, a Lua e os planetas girando

circularmente em torno dele. Por fim, o astrônomo e matemático alemão Johannes Kepler (1571- 1630), depois de estudar o planeta Marte por cerca de trinta anos, verificou que a sua órbita é elíptica. Esse resultado generalizou-se para os demais planetas.

A respeito dos estudiosos citados no texto, é correto afirmar que:

- a) Ptolomeu apresentou as ideias mais valiosas, por serem mais antigas e tradicionais.
- b) Copérnico desenvolveu a teoria do heliocentrismo inspirado no contexto político do Rei Sol.
- c) Copérnico viveu em uma época em que a pesquisa científica era livre e amplamente incentivada pelas autoridades.
- d) Kepler estudou o planeta Marte para atender às necessidades de expansão econômica e científica da Alemanha.
- e) Kepler apresentou uma teoria científica que, graças aos métodos aplicados, pôde ser testada e generalizada.

Figura 17 - Questão 15

Questoes15			
Resposta	Frequência	Porcentagem	
A	1	0,63	<input type="text"/>
B	8	5,03	<input type="text"/>
C	0	0,00	<input type="text"/>
D	1	0,63	<input type="text"/>
* E	145	91,19	<input type="text"/>
Sem Resposta	3	1,89	<input type="text"/>
Múltiplos	1	0,63	<input type="text"/>

Fonte: Captura de tela feita pelo autor com as respostas mais frequentes

O processo científico aparentemente foi bem compreendido pelos alunos, as ideias de superação de paradigmas parecem bem claras na estrutura cognitiva dos alunos. O que indica que uma abordagem histórica possa ser utilizada como pano de fundo para a construção do conhecimento científico.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem histórica por mais que se apresente promissora, na prática traz uma questão problemática, a quantidade de conteúdos trabalhados no ensino médio é bastante extensa, se a contextualização histórica for contemplada a cada novo conteúdo não haverá condições de contemplarmos os conteúdos mínimos solicitados pelas escolas privadas de Porto Alegre. É necessária uma reformulação do currículo, uma alteração de abordagens e metodologias. O pensamento “maker” ao contrário apresenta-se como uma realidade nas escolas, o desenvolvimento de dispositivos e resolução de problemas efetivamente pode trazer resultados. A interação com os dispositivos e as demonstrações em que os alunos exploram os conceitos sensorialmente apresenta-se como ferramenta útil. Outro problema que surge na implementação de propostas diferenciadas é a questão do planejamento, em geral não dispomos de tempo hábil no desenvolvimento de atividades como a presente, além é claro de estarmos presos dentro de avaliações e calendários pré-definidos pelas próprias instituições. Mesmo assim pequenas intervenções como a presente devem ser imaginadas e aplicadas pela luta de sempre mantermos um nível alto de excelência no ensino de física.

## REFERÊNCIAS

HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J. **Fundamentos de física**, v.1, 8 ed, Rio de Janeiro: LTC, 2011.

HEWITT, P. G., **Física conceitual**. 11 ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

MARTINS, R. A. (2001). **Como Não Escrever Sobre História da Física – um Manifesto Historiográfico**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 23, n. 1, p. 113-129, Mar. 2001.

MATTHEWS, M. R. (1995). **História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação**. Caderno Catarinense de Ensino de Física (atualmente denominado Caderno Brasileiro de Ensino de Física) vol. 12, nº. 3, p. 164-214.

MASSONI, N. T. (2010). **A Epistemologia contemporânea e suas contribuições em diferentes níveis de Ensino de Física: a questão da mudança epistemológica**. Tese de Doutorado, IF-UFRGS.

MOREIRA, M. A. (2014). **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: E.P.U.

MOREIRA, M. A. & MASSONI, N. T. (2011). **Epistemologias do Século XX**. São Paulo: E.P.U.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. & OSTERMANN, F. (2007). "**História e epistemologia da física**" na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. Revista Brasileira de Ensino de Física, 29(1), 127-134.

MOREIRA, M. A. & OSTERMANN, F. (1999). **Teorias construtivistas**. Porto Alegre: Instituto de Física - UFRGS, 1999.56 p.: il. (Textos de apoio ao professor de Física; n.10)

OSTERMANN, F. (1996). **A epistemologia de Kuhn**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 13(3), 184-196.

OSTERMANN, F. & CAVALCANTI, C. J. H. (2011). **Epistemologia: implicações para o ensino de ciências**. Porto Alegre: Evangraf, UFRGS.

BRASIL. (2002). **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio) – PCN+**. Brasília: SEMT. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>.

BRASIL. (1997). **Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais (Educação Fundamental)** – PCN. Brasília : MEC/SEF. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro04.pdf>

PEDUZZI, L. (1996). **Física Aristotélica: por que não considerá-la no ensino da mecânica?** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 13(1), 48-63.

## APÊNDICE - PRODUTO EDUCACIONAL





**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



## **PRODUTO EDUCACIONAL**

### **PROPOSTA DIDÁTICA TEÓRICO-EXPERIMENTAL PARA UMA ABORDAGEM HISTÓRICA DOS CONCEITOS DE UNIVERSO, FORÇA E MOVIMENTO**

**Andersson Geraldo Bairros**

**Prof. Dr. Karen Cavalcanti Tauceda**  
**Orientador**

**Prof. Dr. Márcio Gabriel dos Santos**  
**Coorientador**

**Tramandaí**  
**03/2019**

## SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO .....	56
2. PLANEJAMENTO DAS AULAS .....	57
2.1 Plano de Aula: Aula 1 .....	57
2.2 Plano de aula: Aula 2.....	59
2.3 Plano de aula: Aula 3.....	61
2.4 Plano de aula: Aula 4.....	64
2.5 Plano de aula: Aula 5.....	67
2.6 Plano de aula - Aula 6 .....	70
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	76
REFERÊNCIAS .....	77

## 1. APRESENTAÇÃO

O exercício da docência em física tem se tornado um grande desafio, a desvalorização da profissão e a perda de sentido do ensino para os alunos apresentam-se como grandes obstáculos para uma aprendizagem significativa. Nesse contexto surge a necessidade do desenvolvimento de novas alternativas para a sala de aula. Tendo em vista as questões supracitadas podemos observar também que de uma maneira geral enfatizamos apenas a resposta correta dos alunos, mas não nos preocupamos com a origem da resposta “errada”, não partimos de uma análise dos subsunsores acionados no momento da resposta ou se a resposta indica alguma concepção incorreta mais profunda na sua estrutura cognitiva.

O presente produto educacional visa mostrar para o aluno que suas concepções incorretas sobre força e movimento não são apenas incorretas, na verdade são visões superadas pelo avanço científico. Essa demonstração faz com que os alunos percebam como funciona o processo científico e como as teorias vão sendo superadas. O pano de fundo desse trabalho são pequenas demonstrações e experimentações que podem fazer com que o aluno desperte sua motivação para aprender.

Esse produto foi aplicado em 12 horas/aula distribuídas em 6 encontros, a seguir será apresentada uma descrição detalhada dos planejamentos e das atividades previstas em cada encontro.

## 2. PLANEJAMENTO DAS AULAS

### 2.1 Plano de Aula: Aula 1

**Tempo previsto: 100 min**

Conteúdo:

Questionamentos sobre a composição do universo;  
Introdução aos temas da física;

Objetivos de aprendizagem:

- Despertar o interesse do aluno por questões da física;
- Identificar subsunsores existentes na estrutura cognitiva dos alunos, referentes aos temas de cosmologia e estrutura da matéria;
- Identificar se os alunos compreendem a abrangência da física nas descrições do universo;

Atividade:

**Sugestão ao professor:**

*A sala de aula deve ser organizada com “ilhas” de cinco classes, em cada uma dessas ilhas será colocada uma folha de papel A3 com um questionamento a ser respondido pelos alunos na forma de trabalho em grupos rotativos. Cada grupo terá cinco minutos para responder o questionamento na folha de papel A3 e então deslocar-se para “ilha” seguinte com um novo questionamento. Após todos os alunos terem passado por todas as perguntas os pequenos grupos farão um resumo de tudo o que foi escrito nos painéis sobre as perguntas e ao término do tempo estipulado os mesmos farão uma apresentação sucinta sobre o que foi respondido.*

Identificação das concepções prévias sobre universo e cosmologia:

**1° - Em sua opinião o que compõe o nosso corpo?**

*(Desejamos identificar se os alunos têm ideia da existência dos átomos e qual o seu papel na formação dos corpos)*

**2° - O que há no universo e qual a explicação para sua origem?**

*(Extrapolamos aqui a questão anterior, desejamos identificar qual a concepção que o aluno traz consigo sobre a formação do universo)*

**3° - Explique se há alguma relação entre a composição do universo e a composição do corpo humano?**

*(A origem dos elementos da tabela periódica tem relação com a evolução estelar e os mesmos elementos compõem o nosso corpo)*

**4° - Sabemos que no espaço as distâncias entre corpos celestes são muito grandes. Será que existem distâncias tão grandes quando pensamos em coisas muito pequenas? (As dimensões cosmológicas são muito grandes, mas dimensões infinitesimais são igualmente inconcebíveis, como é possível haver uma distância tão grande entre objetos tão pequenos como átomos?)**

**5°- O universo apresenta-se em expansão, em sua opinião, qual será esse limite? E qual seria o motivo do universo estar se expandindo?**

*(Primeiro levantamento de um conhecimento prévio de força e interação.)*

**Detalhes:**

Neste momento não será dada nenhuma explicação sobre nenhum conceito, o objetivo da atividade é identificar os conhecimentos prévio dos alunos sobre universo e interações

## 2.2 Plano de aula: Aula 2

**Tempo previsto: 100 min**

Conteúdo:

Unidades de medidas, escalas (dimensões cosmológicas e microscópicas)

Objetivos:

- Mostrar a abrangência da física como modelo explicativo do universo;
- Apresentar as primeiras referências ao conceito de interações fundamentais mostrando que tais interações regem o funcionamento do universo;
- Retomada do levantamento de concepções prévias sobre universo e cosmologia;

Atividade:

Retomada do levantamento de concepções prévias sobre universo e cosmologia;

Aula expositiva- dialogada “A escala do Universo”

Entrega do questionário – Mensuração e identificação da evolução conceitual sobre universo e cosmologia

### **DO UNIVERSO AO ÁTOMO**

**Instruções para a atividade: Responda as questões abaixo, preste atenção ao longo de todo o “aulão”. Tente associar as perguntas com os temas abordados e discutidos na aula de anterior.**

Questionário para identificação da evolução conceitual sobre universo e cosmologia:

1) A medida em que olhamos mais longe, vemos um número de estrelas que cresce, em razão disso, podemos imaginar que sempre deveríamos encontrar uma estrela, não importando a direção em que olhássemos. Uma analogia simples de se fazer é com uma floresta: se estou no meio da floresta, a meu redor vejo as árvores bem espaçadas entre si, mas quanto mais longe olho, mais o espaçamento entre as árvores diminui a ponto de, no limite de minha linha de visão, as árvores estarem todas juntas e nada poder ver além delas. Portanto o céu deveria ser tão brilhante quanto a superfície de uma estrela, pois estaria completamente coberto delas. Mas obviamente não é isso que vemos. Por quê?

- 2) Por que, ao observarmos uma estrela, podemos dizer que estamos olhando para o passado?
- 3) Como surgem as substâncias encontradas na tabela periódica, qual sua relação com a astronomia?
- 4) Sobre a matéria e o universo podemos dizer que existem interações fundamentais que determinam o seu comportamento sua estrutura e sua evolução. Quais são essas quatro forças ou interações fundamentais?
- 5) Qual objeto criado pelo homem que se encontra mais distante no universo? Com qual objetivo foi construído? Como ele permanece em movimento?
- 6) O que é um ano luz? Qual a sua relação com o nosso sistema solar e com a nossa galáxia?
- 7) Podemos encontrar elementos químicos nos mais diversos locais, como por exemplo, concentrados em planetas, nos asteroides, nos cometas, nas estrelas. Porém, eles não são encontrados entre dois corpos celestes. Por quê?

### 2.3 Plano de aula: Aula 3

**Tempo previsto: 100 min**

Conteúdo:

Concepções Aristotélicas sobre o Universo, força e movimento;

Objetivos:

- Mostrar a concepção do universo para Aristóteles e porquê ela é tão importante na construção do conhecimento;
- Apresentar a relação entre força e movimento na concepção Aristotélica;
- Discutir sobre movimentos “natural” e “violento” através de um experimento prático;
- Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre força e movimento;
- Apresentar a insuficiência do paradigma Aristotélico à luz do conhecimento medieval;

Atividade 1: Interação com a catapulta de colher

**Questão problematizadora:** O que mantém o projétil em movimento após a sua perda de contato com o lançador?

Roteiro de Montagem:

[https://www.youtube.com/watch?v=\\_mKVucUPep8](https://www.youtube.com/watch?v=_mKVucUPep8)

Atividade 2: Aula expositiva-dialogada sobre a visão Aristotélica de força e movimento e sua concepção sobre o Universo;



## Slides utilizados em aula:

### Aristóteles de Estagira ( 384 – 322 a.C.)

- É apontado como uma das mentes mais brilhantes de todos os tempos.

"A física de Aristóteles não é um amontoado de incoerências mas, pelo contrário, é uma teoria científica, altamente elaborada e perfeitamente coerente, que não só possui uma base filosófica muito profunda como está de acordo muito mais do que as de Galileu com o senso comum e a experiência cotidiana." (Koyré, 1892-1964)

- Sua visão de mundo perdurou por 2.000 anos!
- As primeiras universidades (século XIII) foram organizadas segundo seus preceitos.

### O cosmos Aristotélico:

- Mundo terrestre: imperfeito, corruptível, sujeito a contínuas e profundas mudanças.
- Mundo celeste: perfeito, harmonioso e igual para sempre. Os corpos celestes são compostos pela quinta essência (**ÉTER**).
- **TERRA MÓVEL NO CENTRO DO UNIVERSO**
- **EXPLICAÇÕES TELEOLÓGICAS**
- **NÃO EXISTE VÁCUO**



### Aristóteles e os movimentos naturais:

- Dentro dessa concepção de lugar natural e da constituição da matéria pode-se, então, entender porque uma pedra cai quando solta de uma certa altura. *Por ser uma pedra constituída basicamente do elemento terra, ela cai porque deve retornar ao centro do universo, seu lugar natural.*
- *Se duas pedras, uma pesada e outra leve, são soltas de uma mesma altura, a pedra mais pesada atinge o solo primeiro. Isso acontece porque a pedra mais pesada possui mais "terra" do que a pedra mais leve. Assim, a pedra mais pesada tem uma tendência maior para alcançar mais depressa a sua posição natural.*

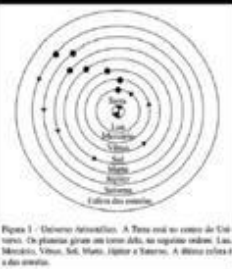


Figura 1 - Sistema Aristotélico. A Terra está no centro do Universo. Os planetas giram em torno dela, no sentido retrógrado. Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter e Saturno. A última esfera é a das estrelas.

A esfera das estrelas é movida uniformemente por um motor divino. Por abstrito, o movimento dessa esfera se transmite às outras, o que mantém a Lua, o Sol e as planetas em movimento... O abito gerado pelo movimento relativo das esferas aquece os corpos celestes, o que explica tanto o seu brilho como o calor que irradiam.

### Os 4 elementos:

- As diferentes substâncias e objetos do mundo terrestre se originam de distintas combinações dos elementos terra, água, ar e fogo.
- Cada uma das substâncias possui o seu "lugar natural".



### Aristóteles e os movimentos naturais:

- O lugar natural da terra e da água (por serem "pesados") é embaixo. Assim, eles tendem a se mover para baixo. Por ser mais leve (menos densa) que a terra, o lugar natural da água é sobre a terra.
- O lugar natural do fogo e do ar (por serem "leves") é em cima. Por isso eles tendem a se mover para cima. Por ser mais leve que o ar, o fogo procura o seu lugar natural, que é acima do ar.

• *Um corpo será mais leve ou mais pesado de acordo com a porcentagem em que nele figuram cada um dos quatro elementos.*

### A "lei de força" de Aristóteles:

- Movimentos, como o de uma caixa que é empurrada ou o de um projétil que é lançado, são denominados de movimentos violentos ou forçados (por não serem naturais).

$$v = F / R;$$

- sendo a resistência constante, sob a influência de uma força constante um objeto se movimenta com velocidade constante;
- a magnitude da velocidade é proporcional à intensidade da força aplicada;
- para uma resistência constante, um objeto apresenta variação de velocidade quando sobre ele age uma força variável;
- uma força aplicada a um objeto produz movimento (se  $F$  é maior que  $R$ );
- é necessária a presença de um meio para que haja movimento. Não existe o vácuo.

**“Força” e resistência no movimento natural:**

• No caso da pedra que cai no ar, “nos instantes sucessivos da queda a pedra ocupa posições em que se encontrava o ar, e esse ar estava no seu lugar natural. Ora, ao ar repugna ser desalojado do seu lugar próprio e a gravidade da pedra deve constantemente vencer esta repugnância”.

•  $V = P/d$ ;  $P$  é peso (da pedra) e  $d$  é a densidade do meio.

**O movimento violento de um projétil**  
(Antiperistasis)

• A discussão desse tipo de movimento é particularmente importante porque a situação pós-arremesso parece evidenciar a persistência de um movimento sem uma causa aparente, isto é, a continuidade de um movimento sem uma força motora responsável pelo mesmo.

• As explicações de Aristóteles para o movimento violento dos projéteis foram objeto de muita polêmica, por vários séculos, devido ao duplo caráter que ele atribuiu ao meio: o de sustentar o movimento e o de também opor uma resistência a ele.

**Antiperistasis:**





**Antiperistasis:**



*Atividade 3: Questionário para identificação dos conceitos prévios sobre movimento natural e violento;*

- 1) Por que os objetos caem? Confronte a sua explicação com a explicação Aristotélica.
- 2) Após lançarmos o projétil com a catapulta, o que mantém o mesmo em movimento? Confronte a sua explicação com a explicação Aristotélica.

## **2.4 Plano de aula: Aula 4**

**Tempo previsto: 100 min**

### Conteúdo:

Concepções medievais sobre força e movimento;

### Objetivos:

- Mostrar a revolução Galileana, isto é, sua ruptura com a visão Aristotélica e o nascimento da ciência moderna;
- Reinterpretar os movimentos natural e violento com base na física Galileana;
- Debater sobre o movimento neutro e introduzir o conceito de Inércia utilizando um experimento prático;
- Identificar a evolução conceitual sobre força e movimento;
- Reconhecer que os modelos científicos podem ser modificados, ao longo do tempo, em função de novas observações, novas descobertas ou novas interpretações sobre os fenômenos;

### Atividade 1:

Aula expositiva sobre a visão medieval de força e movimento;

### Slides utilizados em aula:

### Avicena (980-1037): *Força Impressa*

- A força que um projétil adquire ao ser arremessado é, para ele, uma qualidade análoga ao calor dado à água pelo fogo;
- Considera que a *força impressa* a um projétil só pode ser consumida caso o corpo se movimente através de algum meio;
- Inicialmente, o projétil move-se em linha reta, na direção em que foi lançado; ele continua o seu movimento horizontal até que a força (horizontal) que lhe foi impressa seja totalmente gasta. Quando isso acontece, o projétil pára, momentaneamente, e logo movimento-se para baixo sob o ação do seu "peso natural".



### Jean Buridan (1300-1358): *Impetus*

- No momento em que o corpo é arremessado, ele adquire um *impetus* a partir do movedor. Esse *impetus*, do qual o corpo fica impregnado, diminui com o tempo, devido à ação externa sobre o mesmo (contato do corpo com a superfície e com o ar). O corpo para quando o *impetus* se extingue por completo.



- O Impetus de Buridan:**
- Tem uma natureza permanente. Ele só pode ser dissipado por influências externas, como a da ação da gravidade (entendida como a tendência de um projétil em se dirigir para o seu lugar natural) e a da resistência de um meio.

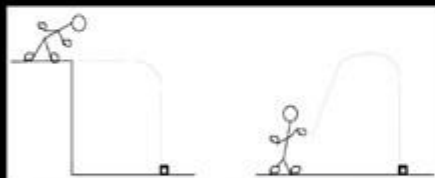
### Galileu Galilei (1564 -1642):

- 1589, com a nomeação de Galileu como professor de matemática na Universidade de Pisa e se estender até o advento da telescópio, em 1609;
- a publicação do "Diálogo dos dois novos mundos" em 1632, ali inclui o primeiro estudo sobre a queda livre e o movimento dos corpos, culminando com a publicação de "Discursos e demonstrações matemáticas sobre dois novos ciências", em 1638. Inicialmente, Galileu é acusado de heresia, pelo Santo Ofício;
- a condenação de Galileu, em 1633, desautorando e retirando de seus trabalhos sobre a existência dos movimentos e o movimento dos corpos, culminando com a publicação do "Tratado e demonstrações matemáticas sobre duas novas ciências", em 1638, sua última grande obra;
- Em Janeiro de 1642 Galileu morre em Arcetri, com 78 anos de idade.



### Lançamentos verticais:

- "Quando um projétil é arremessado verticalmente para cima ele sobe porque a força (*IMPETUS*) que lhe foi impressa é maior do que o seu peso natural. À medida que o projétil continua subindo, essa força vai diminuindo, gradativamente, até chegar a um ponto da trajetória em que ela não pode mais sobrepujar a tendência natural do projétil. A partir daí, inicia-se a sua queda."



- Inicialmente, o projétil move-se em linha reta, na direção em que foi lançado, porque o *impetus* que lhe foi impressado pelo projetor sobrepuja amplamente o seu peso natural;
- com a continuidade do movimento, o *impetus* começa a ser gradativamente dissipado, tanto pela resistência do meio como pela ação da gravidade. Por esse motivo, o projétil se desvia da direção em que foi lançado e a sua trajetória se encurva;
- após ser totalmente consumido o *impetus* proveniente do movimento violento, o projétil se desloca verticalmente para baixo.

### O movimento neutro e a lei da inércia de Galileu

- Em uma época em que os movimentos ainda eram considerados como naturais ou violentos, Galileu notou que um corpo poderia se movimentar de uma terceira maneira, isto é, sem exibir movimento violento e sem estar, necessariamente, aproximando-se ou se afastando do centro da Terra.

Em um plano inclinado, como não pode ser movimento, através de um impulso inicial, de quantos metros ele se movimenta quando não estiver mais sob o efeito do impulso?

Resposta: não se trata de qualquer objeto que seja arremessado, ele deslocar-se-á na direção em que foi projetado, até onde a superfície se estender, pois não estará mais acelerado (que é o que ocorre quando desce um plano inclinado) nem desacelerado (que é o que acontece quando ele é projetado para cima em um plano inclinado).

Onde é a posição final?

Assim, para uma superfície horizontal tão extensa quanto se queira, o objeto deslocar-se-á permanentemente com velocidade igual à que foi originalmente lançada!!!

Atividade 3:

**Questão problematizadora:** “Se lançarmos um objeto sobre uma superfície fazendo-o deslizar, por que ele para?”

Atividade 4: *Questões para identificar a evolução conceitual sobre a Inércia*

- 1) O que mantém o projétil em movimento após o seu lançamento?
- 3) Como o disco consegue mover-se com velocidade constante?
- 4) Como um Aristóteles e Galileu explicariam o movimento do disco?

## 2.5 Plano de aula: Aula 5

Tempo previsto: 100 min

### Conteúdo:

Leis de Newton, força peso e gravitação universal;

### Objetivos:

- Apresentar as Leis de Newton como uma evolução conceitual e não uma ruptura frente à visão Galileana;
- Reinterpretar os movimentos natural e violento com base na teoria Newtoniana;
- Identificar a evolução conceitual dos conceitos de força e sua relação com os movimentos;
- Analisar situações reais de acordo com as Leis de Newton;

Atividade 1: Questionário sobre a identificação de concepções prévias sobre FORÇA;

- 1) Explique o que é força?
- 2) É possível haver movimento na ausência de força?
- 3) É possível haver força na ausência de movimento?

Atividade 2: Aula expositiva-dialogada sobre as Leis de Newton;

### Slides usados em aula:

Força???

- De forma intuitiva:
- O esforço muscular envolvido em um empurrão ou um puxão,
- Devemos exercer uma "grande força" para empurrar um automóvel, mas essa mesma "grande força" aplicada a um caminhão não provoca movimento nenhum,

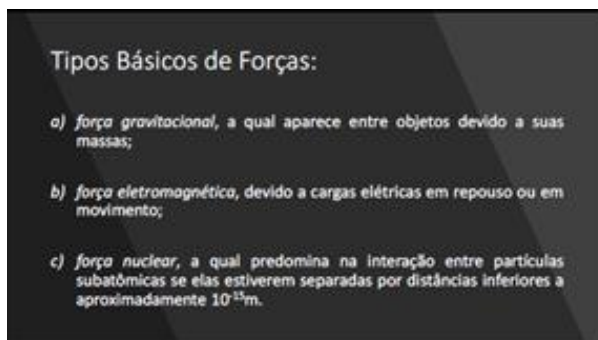
Leis de Newton:

- Se a força resultante sobre um objeto é nula, então a aceleração do objeto é zero e este se move com velocidade constante.
- O movimento acelerado de um corpo somente pode ser produzido pela aplicação de uma força nesse corpo. A aceleração assim adquirida é proporcional à força aplicada e a constante de proporcionalidade é a inércia ou massa do corpo.

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

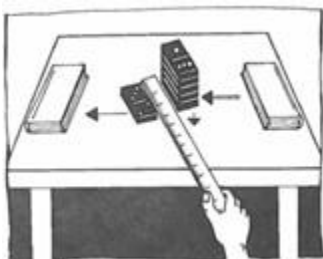
- Se um objeto 1 exerce uma força em um objeto 2 então o objeto 2 exerce em 1 uma força de mesma intensidade e direção porém de sentido oposto.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$



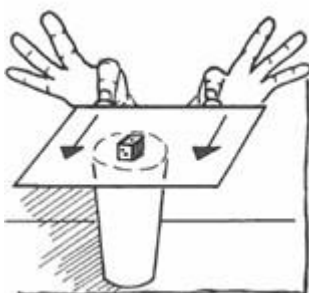
Atividade 3: Pequenas demonstrações sobre força, movimento e inércia;

1) Pilha de dominós:



a) Golpeando rapidamente o último dominó da pilha, porque os demais permanecem em repouso? Explique.

1.2) Cartolina e dado:



a) Golpeando rapidamente a cartolina o que acontece com o dado? Explique.

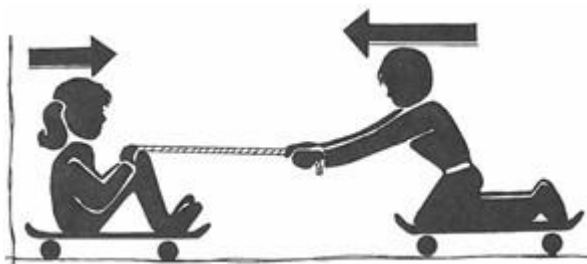
2.1) Alunos nos skates:



a) Duas de crianças com aproximadamente as mesmas massas estão em dois skates, se uma delas empurrar a outra, ambas se movem ou apenas uma delas e o quanto se movimentará cada uma, depende das

suas massas? Explique.

2.2) Alunos nos skates:



a) Duas de crianças com aproximadamente as mesmas massas estão em dois skates, se uma delas puxar a outra, ambas se movem ou apenas uma delas? Explique.



## 2.6 Plano de aula - Aula 6

**Tempo Previsto: 100min**

### Conteúdo:

Unidades de medidas, conversões de unidades de medidas, astronomia, gravitação universal;

### Objetivos:

- Reconciliação integradora de toda discussão acerca de força movimento, interação gravitacional e sistemas de mundo;
- Percepção das distâncias astronômicas do sistema solar;
- Discussão sobre a força Gravitacional e sua influência no sistema solar;

Atividade 1: Evolução conceitual: do Sistema Aristotélico para o modelo atual;

### ***Roteiro: A Terra como um grão de pimenta.***

Nesta atividade nós iremos construir, em escala, uma representação do sistema solar. Trabalhando aspectos da matemática e da física relacionadas as medidas de alguns objetos do sistema solar, tais como, distância e tamanho. Para isto usaremos os conceitos de notação científica, potências de base dez, unidades de medida, conversão de unidades, regras de três e escalas.

***Atividade 1 :*** Trabalhando a notação científica: Na tabela 1. Há informações sobre o tamanho e distância do sistema solar, somente uma coluna está preenchida com a informação em metros. Calcule e preencha as outras três colunas expressando esta distância em metros, quilômetros e milímetros, usando notação científica.

Tabela 1

	quilômetros	m e t r o s	milímetros	Dimensões em metros
diâmetro do Sol				1 400 000 000
distância do Sol a Mercúrio				58 000 000 000
diâmetro de Mercúrio				5 000 000
distância da órbita de Mercúrio a Vênus				50 000 000 000
diâmetro de Vênus				12 000 000
distância da órbita de Vênus à Terra				41 000 000 000
diâmetro da Terra				13 000 000
distância da órbita da Terra a Marte				78 000 000 000
diâmetro de Marte				7 000 000
distância da órbita de Marte a Júpiter				550 000 000 000
diâmetro de Júpiter				143 000 000
distância da órbita de Júpiter a Saturno				649 000 000 000
diâmetro de Saturno				120 000 000
distância da órbita de Saturno a Urano				1 443 000 000 000
diâmetro de Urano				51 000 000
distância da órbita de Urano a Netuno				1 627 000 000 000
diâmetro de Netuno				49 000 000
distância da órbita de Netuno a Plutão				1 404 000 000 000
diâmetro de Plutão				2 300 000
<b>Total das distâncias do sistema planetário</b>				<b>5 900 000 000 000</b>
distância da Terra à Lua				384 000 000
diâmetro da Lua				3 500 000
distância da Nuvem de Oort – 1 ano-luz				9 460 000 000 000 000

distância da estrela mais próxima – 4,22 anos-luz				39 900 000 000 000 000
---	--	--	--	------------------------

**Atividade 2:** Trabalhando escala: Não use a notação científica e escreva os valores com uma casa decimal. Não se esqueça de fazer os arredondamentos de maneira correta para a casa decimal. Na tabela 2 há a indicação de qual o valor da escala que iremos trabalhar.

2a Calcule e preencha os retângulos com a informação de diâmetro dos objetos em milímetros, de acordo com a escala.

2b Calcule e preencha os retângulos com a informação da distância dos objetos em metros, de acordo com a escala.

Escala 1mm=6000 km	km	m	mm	Representação
diâmetro do Sol	1 400 000			Bola de basquete
distância do Sol a Mercúrio	58 000 000			
diâmetro de Mercúrio	5 000			Semente de mostarda
distância da órbita de Mercúrio a Vênus	50 000 000			
diâmetro de Vênus	12 000			grão de pimenta
distância da órbita de Vênus à Terra	41 000 000			
diâmetro da Terra	13 000			grão de pimenta
distância da órbita da Terra a Marte	78 000 000			
diâmetro de Marte	7 000			grão de gergelim
distância da órbita de Marte a Júpiter	550 000 000			
diâmetro de Júpiter	143 000			noz

distância da órbita de Júpiter a Saturno	649 000 000			
diâmetro de Saturno	120 000			avelã
distância da órbita de Saturno a Urano	1 443 000 000			
diâmetro de Urano	51 000			amendoim
distância da órbita de Urano a Netuno	1 627 000 000			
diâmetro de Netuno	49 000			amendoim
distância da órbita de Netuno a Plutão	1 404 000 000			
diâmetro de Plutão	2 300			Semente de mostarda
<b>Total das distâncias do sistema planetário</b>	<b>5 900 000 000</b>			
distância da Terra à Lua	384 000			
diâmetro da Lua	3 500			Semente de mostarda
distância da Nuvem de Oort	1 ano-luz			
distância da estrela mais próxima	4,22 anos-luz			

**Atividade 3:** Construindo uma representação do sistema solar em escala de tamanho. Utilizando uma folha de papel A4 e sementes com tamanho apropriado iremos construir uma representação do sistema solar em escala aproximada de tamanho.

Utilizando uma régua e a folha de papel A4 faça dez retângulos de mesmo tamanho. Em cada retângulo escreva o nome dos oito planetas e do planeta-anão Plutão de nosso sistema solar e do satélite natural do planeta Terra. Após escrever os nomes cole em cada um dos retângulos os vegetais que representam estes objetos astronômicos.

**Atividade 4:** Construindo uma representação o sistema solar em escala de distância.

Material a ser utilizado: - Trena de fibra. – Trena metálica. - Folha de papel A4 com os vegetais já colados

Procedimentos: Em área externa faremos as medidas das distâncias em escala de alguns objetos do sistema solar.

### **Sugestão ao professor:**

1) A colocação dos planetas em escala de distância dificilmente poderá ser feita até o planeta-anão Plutão, pois devemos considerar limitações do espaço físico oferecido pelas escolas. Recomenda-se o posicionamento dos objetos até o planeta Marte.

2) Uma sugestão de discussão e possível teste de validade da escala é posicionar-se junto à “Marte” e comparar o tamanho do Sol (representado pela bola de basquete) e o tamanho real do Sol visto da Terra, isto é, se conseguirmos tapar a bola com a ponta do dedo indicador provaremos que do nosso ponto de vista tanto a bola de basquete quanto o Sol ocupam um ângulo de  $0,5^\circ$ , o que valida a nossa escala.

3) Cabe ressaltar que nessa escala, a Lua (semente de mostarda) encontra-se a 5 cm da Terra (grão de pimenta), e que esse é o ponto mais distante em que o homem já chegou.

4) É interessante abrir a noz (representação de Júpiter) e colocar todas as sementes dentro dela, mostrando que todos os planetas do sistema solar cabem “dentro” desse planeta.

5) Deve ficar claro para o aluno que as distâncias dos objetos ao Sol representam o raio orbital dos mesmos;

Questionário para identificação conceitual das descrições do sistema solar e gravitação

- 1) Que tipo de força é responsável pela manutenção da estabilidade no comportamento dos objetos do sistema solar?”
- 2) Por que os objetos não são atraídos para o Sol de forma que colidam com ele?
- 3) Os objetos do sistema solar estão alinhados como no nosso modelo de sementes?”
- 4) Dos objetos representados no nosso modelo, quais são visíveis da Terra a olho nu?

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho resulta da percepção de uma necessidade de reformulação das abordagens referentes ao ensino de física. O principal diferencial da proposta é não apenas mostrar para o aluno que determinadas visões de mundo que eles trazem consigo estão incorretas, mas que apenas, foram superadas. As visões antigas muitas vezes são mais intuitivas que os modelos modernos e é natural que os alunos possuam tais concepções, ao estabelecermos quais delas são problemáticas e formos na origem de tais concepções de forma histórica construiremos com o aluno uma nova percepção de mundo.

Não devemos apenas indicar o erro, mas sim tentar compreender a sua origem, devemos averiguar quais subsunsores os educandos possuem em sua estrutura cognitiva e como eles se relacionam com os novos conhecimentos. Dessa forma podemos mapear as possíveis fontes de confusões epistemológicas dando mais atenção e cuidado aos conceitos mais problemáticos.

Os professores em sua experiência cotidiana devem ser capazes de detectar as principais dificuldades dos alunos em determinados conceitos e para tentar saná-las se faz necessária uma análise criteriosa a respeito delas. O presente trabalho procurou discutir as concepções alternativas sobre força e movimento como forma de, a partir delas, fazer com que os alunos percebam a sua insuficiência na descrição dos fenômenos. É necessária uma análise das visões superadas para que o aluno seja capaz de construir seu conhecimento percebendo a plausibilidade das visões de mundo mais atuais.

## REFERÊNCIAS

PEDUZZI, LUIZ O. Q. **Evolução dos Conceitos da Física** / Luiz O. Q. Peduzzi. — Florianópolis : UFSC/EAD/CED/CFM, 2011.

HEWITT, P. G. (2011). **Física Conceitual**, 11 ed., Porto Alegre: Bookman.

MATTHEWS, M. R. (1995). **História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação**. Caderno Catarinense de Ensino de Física (atualmente denominado Caderno Brasileiro de Ensino de Física) vol. 12, nº. 3, p. 164-214.

MOREIRA, M. A. (2014). **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: E.P.U.

MOREIRA, M. A. & MASSONI, N. T. (2011). **Epistemologias do Século XX**. São Paulo: E.P.U.

PEDUZZI, L. (1996). **Física Aristotélica: por que não considerá-la no ensino da mecânica?** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 13(1), 48-63.

SILVEIRA, F.; MOREIRA, M. A. E AXT, R. (1992). **Estrutura interna de testes de conhecimento em Física: um exemplo em Mecânica**. *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (2), 187-194.

### Sites da Internet Consultados:

IF – UFRGS (setembro 2018) - <http://astro.if.ufrgs.br/escala/escala.htm>

Youtube (setembro 2018) - [https://www.youtube.com/watch?v=\\_mKVucUPep8](https://www.youtube.com/watch?v=_mKVucUPep8)

Youtube (setembro 2018) - <https://www.youtube.com/watch?v=XHrqrLdVenU>

Ponto ciência - <http://pontociencia.org.br/experimentos/visualizar/discos-flutuantes/333>