



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 58

José Geraldo da Costa Filho

**UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A APRENDIZAGEM DAS LEIS DE
NEWTON BASEADA NOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS**

Recife

2023

José Geraldo da Costa Filho

**UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A APRENDIZAGEM DAS LEIS DE
NEWTON BASEADA NOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS**

Dissertação apresentada ao Polo 58 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva
Miranda

Coorientadora: Profa. Dra. Ana Paula Teixeira
Bruno Silva

Recife

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C838p

Costa Filho, José Geraldo da Costa Filho

UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A APRENDIZAGEM DAS LEIS DE NEWTON BASEADA NOS
TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS // José Geraldo da Costa Filho Costa Filho. - 2023.
92 f.

Orientador: Antonio Carlos da Silva Miranda.
Coorientadora: Ana Paula Teixeira Bruno Silva.
Inclui referências e apêndice(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS), Recife, 2023.

1. Ensino de Física. 2. Abordagem 3MP. 3. Leis de Newton. I. Miranda, Antonio Carlos da Silva, orient. II. Silva, Ana Paula Teixeira Bruno, coorient. III. Título

CDD 530

José Geraldo da Costa Filho

**UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A APRENDIZAGEM DAS LEIS DE
NEWTON BASEADA NOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS**

Dissertação apresentada ao Polo 58 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 27 de abril de 2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva Miranda
UFRPE- Presidente

Prof. Dr. Ernande Barbosa da Costa
UFRPE – Membro Titular Externo

Prof. Dr. Michael Lee Sundheimer
UFRPE – Membro Titular Interno

Dedico esta dissertação a minha irmã Maristela Costa.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e à Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela oferta, em conjunto, do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, possibilitando a capacitação em nível de mestrado, em pleno exercício da profissão de professores atuantes no ensino da Física na educação básica. Em especial, ao meu orientador, Antonio Carlos da Silva Miranda e a minha coorientadora, Ana Paula Teixeira Bruno Silva, por toda disponibilidade e ajuda do início ao fim deste projeto.

Aos alunos que participaram deste trabalho, em especial, aos que responderam aos questionários.

Aos meus colegas de turma do Mestrado, Aduino, Manoel, João, Marcos Felipe, Vinícius, Guilherme, Magdiel e Felipe Batista pelas conversas ao longo do curso e por terem me ajudado a superar muitos obstáculos.

Aos membros da banca examinadora pelo aceite do convite e leitura deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

Esta dissertação apresenta uma proposta metodológica baseada nos Três Momentos Pedagógicos (3MP), que visa ser um material auxiliar para o processo de ensino e aprendizagem das leis de Newton, com vistas a auxiliar o professor na construção de uma aprendizagem significativa, fazendo com que o aluno deixe o estado de passividade, e torne-se agente construtor de seu conhecimento. A finalidade da proposta, como produto educacional, é contribuir para o ensino de Física, utilizando a análise e discussão de situações do cotidiano para a compreensão de conceitos, leis e relações da Física com o mundo cada vez mais moderno. A dinâmica dos 3MP foi inicialmente apresentada por Delizoicov, vinculada a uma temática central, estruturada em termos da Problematização inicial; Organização do conhecimento e Aplicação do conhecimento. O principal objetivo deste estudo foi analisar as contribuições da abordagem 3MP durante o processo de ensino e aprendizagem das leis de Newton, com alunos do ensino médio. Buscamos também identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre as leis de Newton aplicadas às situações do dia a dia. Para alcançar os objetivos pretendidos, teve como referencial teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, que indica a relevância de uma correlação cognitiva entre conhecimentos novos e conhecimentos prévios, e a vontade de aprender pelo aprendiz. A metodologia embasada nos 3MP foi aplicada numa turma de alunos do ensino médio, de uma escola pública, localizada no município de Barreiros/PE. Os 3MP foram estruturados, contemplando na Problematização inicial: apresentação de tirinhas de Física e imagens com arguições orais de situações problematizadoras; Organização do conhecimento: intervenção didática do professor com a abordagem das leis de Newton e de situações do dia a dia, e na Aplicação do conhecimento: sistematização do conhecimento a partir de atividades práticas, e discussão das atividades vivenciadas. Nos 3MP houve a aplicação de questionários. Os resultados mostraram que a metodologia dos 3MP pode ser uma excelente ferramenta para o processo de ensino e aprendizagem, oportunizando uma aprendizagem significativa.

Palavras-chave: Ensino de Física; Abordagem 3MP; Leis de Newton.

ABSTRACT

This dissertation presents a methodological proposal based on the Three Pedagogical Moments (3PM), which aims to be an auxiliary material for the teaching and learning process of Newton's laws, with a view to helping the teacher in the construction of a meaningful learning, making the student leave the state of passivity, and become a building agent of his knowledge. The purpose of the proposal, as an educational product, is to contribute to the teaching of Physics, using the analysis and discussion of everyday situations for the understanding of concepts, laws and relations of Physics with the increasingly modern world. The dynamics of the 3PM was initially presented by Delizoicov, linked to a central theme, structured in terms of the initial Problematization; Organization of knowledge and Application of knowledge. The main objective of this study was to analyze the contributions of the 3PM approach during the teaching and learning process of Newton's laws, with high school students. We also sought to identify students' prior knowledge of Newton's laws applied to everyday situations. To achieve the intended objectives, David Ausubel's Theory of Meaningful Learning was used as a theoretical framework, which indicates the relevance of a cognitive correlation between new knowledge and prior knowledge, and the learner's willingness to learn. The methodology based on the 3PM was applied in a group of high school students, from a public school, located in the city of Barreiros/PE. The 3PM were structured, contemplating in the initial Problematization: presentation of Physics strips and images with oral arguments of problematizing situations; Organization of knowledge: didactic intervention by the teacher with the approach of Newton's laws and everyday situations, and in the Application of knowledge: systematization of knowledge from practical activities, and discussion of the activities experienced. In the 3PM, questionnaires were applied. The results showed that the 3PM methodology can be an excellent tool for the teaching-learning process, providing opportunities for meaningful learning.

Key-words: Physics Teaching; 3PM approach; Newton's laws.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa conceitual das leis de Newton.....	21
Figura 2 - Ilustração do exemplo 1, aplicação da 1ª lei de Newton.....	27
Figura 3 - Ilustrações dos exemplos 2 e 3, aplicação da 1ª lei de Newton.....	28
Figura 4 - Ilustração da aplicação da 2ª lei de Newton.....	30
Figura 5 - Ilustração da aplicação da 3ª lei de Newton.....	31
Figura 6 - Mapa conceitual da aprendizagem significativa.....	33
Figura 7 - Mapa conceitual dos três momentos pedagógicos.....	36
Figura 8 - Ilustração da lei da Inércia ou primeira lei de Newton.....	43
Figura 9 - Ilustração do princípio fundamental da Dinâmica ou segunda lei de Newton	44
Figura 10 - Situação 3.1 (Cabo de guerra 1).....	44
Figura 11 - Situação 3.2 (Cabo de guerra 2).....	45
Figura 12 - Situação 3.3 (Cabo de guerra 3).....	45
Figura 13 - Situação 3.4 (Cabo de guerra 4).....	45
Figura 14 - Cabo de guerra (a).....	48
Figura 15 - Cabo de guerra/diminuindo o atrito (b).....	48
Figura 16 - Brincando com <i>skate</i>	49
Figura 17 - Discussão sobre a lei da inércia.....	49
Figura 18 - Discussão de situações sobre as três leis de Newton.....	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Periódicos pesquisados.....	16
Quadro 2 - Organização das atividades propostas nos 3MP.....	41
Quadro 3 - Diagnosticando os conhecimentos prévios.....	53
Quadro 4 - Questionário após a intervenção didática.....	55
Quadro 5 - Questionário final.....	57

LISTA DE SIGLAS

BNCC-EM	Base Nacional Comum Curricular – Ensino Médio
ETE	Escola Técnica Estadual
HQ	Histórias em Quadrinhos
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
PNE	Plano Nacional de Educação
3MP	Três Momentos Pedagógicos
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 AS LEIS DE NEWTON: CONEXÕES DIALÓGICAS ENTRE TEORIA E PRÁTICA.....	16
2.1 UM OLHAR EM PESQUISAS SOBRE AS LEIS DE NEWTON.....	16
2.2 IDEIAS SOBRE MOVIMENTO.....	20
2.3 PRIMEIRA LEI DE NEWTON OU PRINCÍPIO DA INÉRCIA.....	22
2.3.1 Discutindo a primeira lei de Newton.....	24
2.4 SEGUNDA LEI DE NEWTON OU PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA.....	28
2.5 TERCEIRA LEI DE NEWTON OU LEI DA AÇÃO E REAÇÃO.....	30
3 PERSPECTIVAS TEÓRICAS SOBRE APRENDIZAGEM.....	32
3.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: ALGUNS CONCEITOS.....	32
3.2 OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS.....	36
3.3 PRODUTO EDUCACIONAL: BNCC E ENSINO DE FÍSICA.....	38
4 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	41
4.1 PERFIL DOS ESTUDANTES.....	41
4.2 ESTRUTURAÇÃO DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS.....	41
4.2.1 Primeiro momento pedagógico: Problematização inicial.....	43
4.2.2 Segundo momento pedagógico: Organização do conhecimento.....	46
4.2.3 Terceiro momento pedagógico: Aplicação do conhecimento.....	47
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
REFERÊNCIAS.....	60
APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO: 1º MOMENTO PEDAGÓGICO.....	62
APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO: 2º MOMENTO PEDAGÓGICO.....	63
APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO: 3º MOMENTO PEDAGÓGICO.....	64
APÊNDICE D - PRODUTO EDUCACIONAL.....	66

1 INTRODUÇÃO

Sabemos que o professor precisa saber o conteúdo que vai ensinar aos alunos, mas é muito importante também, como vai ensiná-lo para que os alunos aprendam. Ou seja, os levemos a construir ele próprio a estrutura do pensamento. Por isso, é necessário que o professor conheça não apenas os conteúdos da Física neste caso, mas também os conteúdos da didática e da pedagogia, como as teorias de aprendizagens, metodologias e sequências didáticas, que levem o aluno a aprender.

Contrariamente, na nossa atividade profissional como professor de Física, temos observado que o ensino deste componente curricular, no ensino médio, pouco tem despertado a atenção dos alunos, pois muitas vezes, as aulas se limitam a um repertório de metodologias que não proporcionam a autonomia dos alunos, apenas valorizam a memorização de informações, no qual o centro do processo de ensino e aprendizagem é o professor. Percebemos também que quando o protagonista é o professor, baseando-se nas suas narrativas, os alunos pouco aprendem os conceitos científicos e pouco conseguem fazer conexões com situações da vida, reproduzindo-as sem qualquer contextualização, o que caracteriza uma aprendizagem mecânica.

Os alunos se sentem desmotivados, muitas vezes, por não entenderem bem os conceitos que estão sendo repassados. Apresentar os conceitos de forma contextualizada, por meio de uma sequência didática, de forma que eles entendam sua aplicabilidade, leva, a nosso ver, a uma motivação para a construção do conhecimento de fenômenos naturais e sua aplicação em situações do cotidiano.

Estratégias para a facilitação da aprendizagem não é tarefa fácil. Por isso, o professor deve ter clareza de seus objetivos e uma profunda compreensão do conhecimento que deseja que seus alunos se apropriem.

Este material visa a construir um referencial que se distancie da aprendizagem mecânica, que possa contribuir para aprender os conceitos de Física, especificamente os relacionados às aplicações das leis de Newton. Para isso, escolhemos como produto educacional, uma proposta metodológica baseada nos Três Momentos Pedagógicos (3MP), de Delizoicov (1991) e Delizoicov e Angotti (1991), juntamente com a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

A metodologia 3MP enfoca a abordagem com base em temas, com indicações de três momentos pedagógicos: *Problematização inicial*, primeiro momento, voltado para a

apresentação do tema e sondagem do conhecimento do estudante; *Organização do conhecimento*, segundo momento, que contempla a sistematização do conhecimento científico, sob a orientação do professor e a *Aplicação do conhecimento*, terceiro momento, que se destina a sistematização do conhecimento pelo aluno para a análise e interpretação de novas situações e/ou situações colocadas no início.

A abordagem 3MP propõe a articulação entre a abordagem temática freiriana e o ensino de Ciências por investigação, forma alternativa e inovadora de ensino, no qual o professor pode seguir as orientações e instruções propostas, porém sem deixar de introduzir elementos relacionados às condições locais e regionais, do local em que esteja atuando (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1991; MUENCHEN; DELIZOICOV, 2014).

A Teoria de Aprendizagem Significativa caracteriza-se pela interação entre conhecimentos prévios (conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende) e conhecimentos novos, que ocorre de maneira não-litera e não-arbitrária. A aprendizagem de novos conhecimentos acontece com significado a partir de algum conhecimento que já sabemos (MOREIRA, 2011, 2017).

Com base nessas ideias, buscamos responder a seguinte questão: *Como organizar uma proposta metodológica baseada nos três momentos pedagógicos para a aprendizagem das leis de Newton?*

Com a finalidade de favorecer a aprendizagem dos alunos e de responder à questão anterior, construímos os seguintes objetivos:

Objetivo geral: Analisar as contribuições da abordagem 3MP durante o processo de ensino e aprendizagem das leis de Newton, com alunos do ensino médio.

Objetivos específicos:

- ✓ Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre as leis de Newton aplicadas às situações do dia a dia;
- ✓ Categorizar as concepções dos alunos durante a vivência dos momentos pedagógicos;
- ✓ Elaborar um roteiro da proposta metodológica, produto educacional, para servir de suporte para professores, no ensino de Física, em especial no estudo das leis de Newton.

Para efeito de investigação, dividimos a presente dissertação em seis capítulos. No primeiro, apresentamos a introdução. Abordamos, no segundo capítulo, as Leis de Newton. Tratamos no terceiro capítulo sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa e os Três

Momentos Pedagógicos. No quarto capítulo, destacamos a aplicação do produto educacional. Os resultados e discussão foram divulgados no quinto capítulo. Finalmente, no sexto e último capítulo, as considerações finais.

2 AS LEIS DE NEWTON: CONEXÕES DIALÓGICAS ENTRE TEORIA E PRÁTICA

Abordamos neste capítulo temas envolvendo o ensino de Física e os conceitos científicos sobre as leis de Newton, apresentando o estudo de artigos científicos, ideias sobre movimento e as três leis de Newton: *lei da Inércia*, *princípio fundamental da Dinâmica* e *lei da Ação e Reação*.

2.1 UM OLHAR EM PESQUISAS SOBRE AS LEIS DE NEWTON

Na revisão bibliográfica sobre a pesquisa no ensino de Física, especialmente na abordagem sobre as leis de Newton, realizamos um levantamento em três periódicos da área, através do link de busca dos sites das revistas. Procuramos pelos artigos que abordassem no título as “Leis de Newton”. Dentre os artigos encontrados, destacamos três, no Quadro 1.

Quadro 1 - Periódicos pesquisados

Periódicos	Ano de publicação	Número de artigos Leis de Newton	Referência do(s) artigo(s)
Revista de Ciência Elementar	2013	01	ARAÚJO, M. <i>Leis da dinâmica de Newton</i> , v. 1, n.1, out. a dez. 2013.
Revista do Professor de Física	2019	01	NEVES, U. M. <i>Verificação da segunda lei de Newton usando molas</i> , v. 3, n. 3, p. 25-33, 2019.
Caderno Catarinense de Ensino de Física (1984-2001) / Caderno Brasileiro de Ensino de Física (2002-atual)	1988	01	PEDUZZI, S. S.; PEDUZZI, L.O. Q. <i>Leis de Newton: uma forma de ensiná-las</i> , v.5, n.3, p. 142-161, dez. 1988.

Fonte: Próprio autor

Propostas de ensino que contemplam as leis de Newton são recorrentes em trabalhos da pós-graduação em Física. Como podemos ver no Quadro 1, encontramos um artigo na Revista de Ciência Elementar, intitulado “Leis da Dinâmica de Newton” (ARAÚJO, 2013), no qual a autora investiga o estudo das leis de Newton, afirmando que:

As leis de Newton são um conjunto de três leis que relacionam as forças exercidas sobre um corpo com o seu movimento, e são suficientes para descrever completamente e de forma determinista a dinâmica de qualquer sistema clássico, conhecidas as forças que sobre ele atuam, e as posições e velocidades de cada partícula num instante t_0 (ARAÚJO, 2013, p. 41).

O interessante nesse trabalho, é ressaltado que a Segunda Lei de Newton é formulada em termos da taxa de variação temporal da quantidade de movimento, e na Terceira Lei de Newton destaca que:

[...] a terceira lei de newton, na formulação aqui apresentada, implica que a perturbação que origina as forças se propagou a uma velocidade infinita. Uma formulação mais geral e correta não impõe a simetria das forças. No entanto, na generalidade dos casos clássicos (excetuando a eletrodinâmica), esta lei pode ser assim utilizada, uma vez que as velocidades dos corpos envolvidos são muito inferiores à velocidade de propagação da interação, podendo-se desprezar o intervalo de tempo de propagação e considerar, para todos os efeitos práticos, como instantânea (ARAÚJO, 2013, p. 42).

Considerando os estudos de Isaac Newton, a autora apresenta o enunciado das três leis:

- Primeira Lei ou lei da inércia

Um corpo em repouso ou em movimento retilíneo uniforme permanecerá nesse estado, se a resultante das forças que nele atuam for nula. Esta lei é utilizada na definição de um referencial inercial. Apesar de poder aparentar ser um corolário da segunda lei, na verdade ela define os referenciais em que a segunda lei é válida (ARAÚJO, 2013, p. 42).

- Segunda Lei

A taxa de variação temporal da quantidade de movimento de um corpo é igual à força resultante nele exercida, e tem a direção dessa força. Em notação vetorial, sendo que a força resultante é a soma vetorial de todas as forças que atuam no corpo (ARAÚJO, 2013, p. 42):

$$\sum_{i=1}^N \vec{F}_i = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} + \vec{v} \frac{dm}{dt}$$

Nos casos em que a massa do corpo não varia, esta lei toma a forma mais conhecida:

$$\sum_{i=1}^N \vec{F}_i = m\vec{a}$$

Traduz também a conservação do momento linear do corpo no caso da resultante das forças ser nula, 1ª condição de equilíbrio:

$$\sum_{i=1}^N \vec{F}_i = 0 = \frac{d\vec{p}}{dt} \Rightarrow m\vec{v} = \text{constante}$$

- **Terceira Lei (Lei da ação-reação):** “Para cada ação existe uma reação igual e oposta; i. e., as forças resultantes da interação entre dois corpos são iguais e simétricas, cada uma delas aplicada a um dos corpos” (ARAÚJO, 2013, p. 42).

“Os sistemas físicos governados por estas leis são usualmente chamados sistemas clássicos. Estas leis, na sua formulação original, falham no limite quântico, e situações de altas velocidades e de altas energias, em que é necessário aplicar a Mecânica Quântica e Relatividade Geral” (ARAÚJO, 2013, p. 42).

Na Revista do Professor de Física encontramos um artigo, intitulado “Verificação da segunda lei de Newton usando molas” (NEVES, 2019), que utiliza:

[...] um experimento didático e de baixo custo visando a verificação prática da segunda lei de Newton. Para isso, foram medidas as constantes elásticas de duas molas utilizando dois métodos distintos: estático e dinâmico. A concordância entre os resultados assegura a verificação desta importante lei da Física (NEVES, 2019, p. 26).

Na introdução, o autor destaca as ideias de Aristóteles, declarando que:

Aristóteles pensava que, para um corpo manter movimento com determinada velocidade, seria necessário a atuação contínua de uma força sobre o mesmo. Isso concorda com nossa experiência diária (NEVES, 2019, p. 26).

Ainda de acordo com Neves (2019), que apresenta um exemplo comum na experiência diária:

[...] para manter uma cadeira em movimento, deve-se aplicar continuamente uma força sobre a mesma. Ao cessar a força, observa-se que a cadeira atinge rapidamente o repouso. Galileu conseguiu perceber que a natureza não opera desse modo e percebeu que um corpo pode mover-se com velocidade fixa, mesmo se não houver força atuando sobre o mesmo. Descobriu que os corpos apresentam uma inércia frente às variações de sua velocidade (NEVES, 2019, p. 26).

Na Segunda Lei Newton, Neves (2019, p. 26) evidencia que “Newton definiu precisamente a relação entre massa e força em Física. A forma matemática dessa lei é a seguinte:”

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

\vec{F}_r é a força resultante;

m a massa que atua sobre o corpo e \vec{a} a aceleração.

É importante destacar que as grandezas “força e aceleração” são vetoriais.

“Notar que a massa representa uma medida da inércia que um corpo apresenta à variação do seu estado de movimento. Quanto maior a massa, menor será a aceleração de um corpo sujeito a uma dada força” (NEVES, 2019, p. 26).

Importante também é a análise que o autor faz do ensino da mecânica de Newton, no Ensino Médio, ressaltando que:

No Ensino Médio, os estudantes são introduzidos às ciências naturais pela mecânica de Newton. Os mesmos são levados a desenvolver habilidades como analisar um problema: separar forças e corpos onde as forças atuam, fazer simplificações, abstrações, aplicações de leis da física, etc. No entanto, as mesmas variáveis intervenientes que esconderam da humanidade, durante muito tempo, a forma da segunda lei, dificultam que a mesma seja verificada na prática pelos estudantes (NEVES, 2019, p. 26).

As dificuldades apontadas por Neves (2019), referem-se as forças resistivas ao movimento, como o atrito, que na prática precisa de equipamentos para demonstração. Por exemplo, o trilho de ar, onde o atrito é minimizado, através do fluxo contínuo do ar. Esse tipo de equipamento não é comum nas escolas, sendo mais um obstáculo para o desenvolvimento de atividades práticas.

No Caderno Catarinense de Ensino de Física/Caderno Brasileiro de Ensino de Física, encontramos um artigo, intitulado “Leis de Newton: uma forma de ensiná-las” (PEDUZZI; PEDUZZI, 1988), os autores afirmam que as ideias que os alunos trazem para a sala de aula constituem-se em sua maioria de ideias intuitivas, que interferem no aprendizado de Física.

Com base nesses conhecimentos, os autores destacam algumas concepções, conceitos e ideias de outros estudos (VIENNOT, 1979; DRIVER, 1980; SOLIS, 1984 apud PEDUZZI; PEDUZZI, 1988, p. 142):

- “a) são encontradas em um grande número de estudantes, em qualquer nível de escolaridade;
- b) constituem um esquema conceitual coerente, com amplo poder explicativo;
- c) diferem das ideias expressas através dos conceitos, leis e teorias que os alunos têm que aprender;
- d) são muito persistentes e resistem ao ensino de conceitos que conflitam com elas;

- e) interferem no aprendizado da Física, sendo responsáveis, em parte, pelas dificuldades que os alunos encontram em disciplinas desta matéria, acarretando nessas um baixo rendimento quando comparado com disciplinas de outras áreas;
- f) apresentam semelhanças com esquemas de pensamento historicamente superados.”

Os autores evidenciam também que para haver um ensino efetivo, na visão de Villani *et al.* (1982 apud PEDUZZI; PEDUZZI, 1988, p. 142), “não é produtivo ignorar a bagagem cultural do aluno e todo o conjunto de noções espontâneas que ele carrega ao se deparar com o ensino formal na escola”, cabendo ao professor uma difícil tarefa de promover as mudanças nas ideias espontâneas dos alunos para o aceito pela ciência.

Nessa linha de ideias, Peduzzi e Peduzzi (1988, p. 144) destacam que:

O fracasso do enfoque usual dado às leis de Newton justifica, por si só, a introdução de estratégias alternativas de ensino neste tópico que levem em consideração as concepções dos alunos em relação a este tema e as sugestões apontadas nos diversos estudos efetuados nesta área, os quais têm se concentrado, principalmente, na identificação e na classificação das concepções encontradas.

Por outro lado, sugerem aos professores uma série de ações que podem ser desenvolvidas em sala de aula no ensino das leis de Newton, como a apresentação de “aspectos históricos da relação entre força e movimento, o uso de exemplos e contra-exemplos, a demonstração de experiências qualitativas e a análise e discussão de conceitos intuitivos”, visando a promoção de um ensino mais efetivo (PEDUZZI; PEDUZZI, 1988, p. 144).

Nas discussões apresentadas nos três artigos, observamos a relevância do ensino das Leis de Newton, desde a abordagem teórica, juntamente com o desenvolvimento de estratégias de forma a favorecer a mudança conceitual dos alunos, apontando sugestões de atividades desde o levantamento das concepções espontâneas, discussão de aspectos da História da Ciência, realização de experiências em sala de aula ou laboratório, apresentação de exemplo e contraexemplo, resolução de problemas e a contextualização com situações práticas do dia a dia.

2.2 IDEIAS SOBRE MOVIMENTO

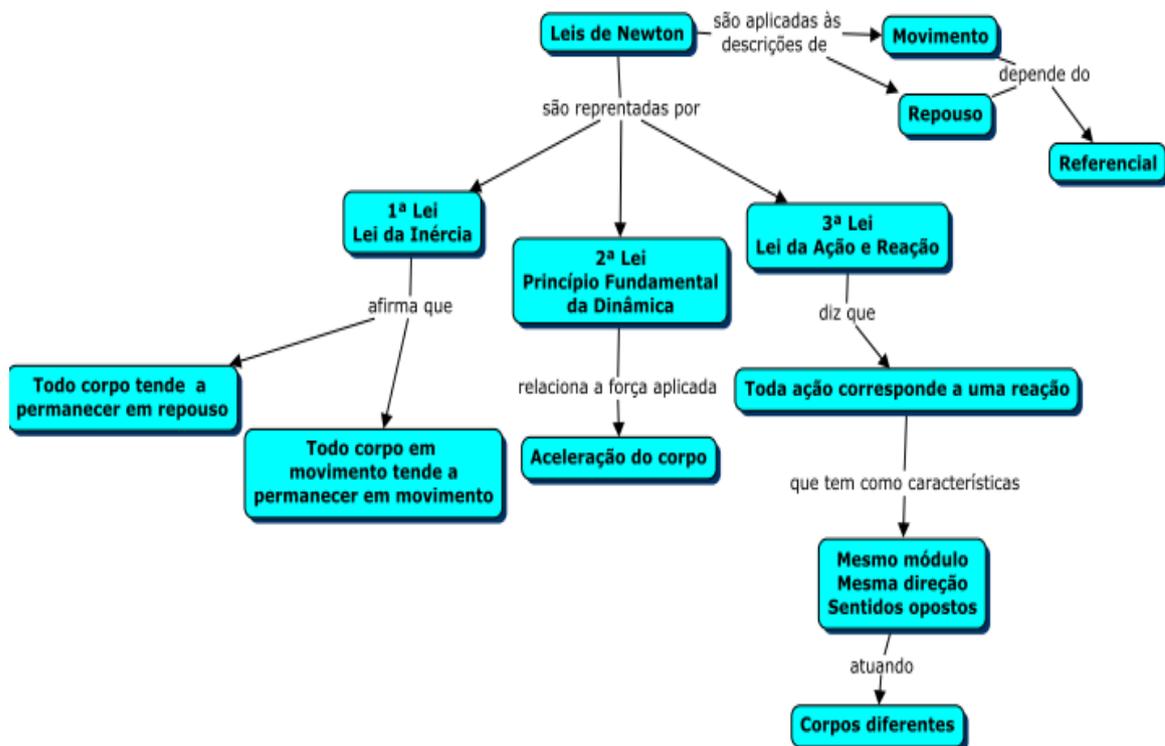
Galileu Galilei (1564-1642), um dos grandes estudiosos da ciência e do método experimental, descobriu o princípio de como se dar o movimento dos corpos.

A descoberta de Galileu foi um grande avanço para a ciência ao entender o movimento dos corpos, chegando ao *princípio da inércia* “se um objeto é deixado sozinho e não é perturbado, ele continua a se mover com uma velocidade constante em uma linha reta se originalmente ele estava se movendo assim, ou continua parado se ele estava parado.” (FEYNMAN; LEIGHTON; SANDS, 2008, p. 9-1).

O inglês Isaac Newton (1643-1727), com base nas ideias de Galileu formalizou anos depois o *princípio da inércia*, e as três leis: *primeira lei de Newton ou lei da Inércia*, *segunda lei de Newton ou princípio fundamental da Dinâmica* e *terceira lei de Newton ou lei da Ação e Reação*.

Considerando o estudo sobre as leis de Newton para o desenvolvimento do produto educacional, criamos um mapa conceitual, através de um software livre, *Cmap Tools*¹, que é utilizado para autoria de mapas conceituais, apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Mapa conceitual das leis de Newton



Fonte: Próprio autor (2022)

¹ *Cmap Tools* – software livre utilizado para autoria de mapas conceituais, desenvolvido pelo Institute for Human Machine Cognition, sob a supervisão do Dr. Alberto J. Cañas, da Universidade de West Florida. A ferramenta permite ao usuário a elaboração e criação de mapas conceituais (CEDITEC/SEED-PR, 2010).

O mapa conceitual, Figura 1, expressa as ideias do autor deste trabalho, com as inter-relações e conexões dialógicas sobre as três leis de Newton, intituladas: 1ª lei (Lei da Inércia); 2ª lei (Princípio Fundamental da Dinâmica) e 3ª lei (Lei da Ação e Reação).

As leis de Newton envolvem o estudo do movimento, com enfoque nas causas, abrangendo o estudo da mecânica, com base no seguinte:

A mecânica newtoniana não pode ser aplicada a todas as situações. Se as velocidades dos corpos envolvidos são muito elevadas, comparáveis à velocidade da luz, a mecânica newtoniana de ser substituída pela teoria da relatividade restrita de Einstein, que é válida para qualquer velocidade. Se os corpos envolvidos muito pequenos, de dimensões atômicas ou subatômicas (como, por exemplo, os elétrons de um átomo), a mecânica newtoniana deve ser substituída pela mecânica quântica (HALLIDAY; RESNICK; WALKE, 2016, p. 95).

No contexto atual, os físicos consideram a mecânica de Newton “um caso especial dessas duas teorias mais abrangentes. Ainda assim, trata-se de um caso especial muito importante, já que pode ser aplicado ao estudo do movimento dos mais diversos objetos, desde corpos muito pequenos (quase dimensões atômicas) até corpos muito grande (galáxias e aglomerados de galáxias)” (HALLIDAY; RESNICK; WALKE, 2016, p. 95).

Nas seções seguintes, focaremos nas leis do movimento de Newton, com contextos da história da ciência.

2.3 PRIMEIRA LEI DE NEWTON OU PRINCÍPIO DA INÉRCIA

No livro “Diálogo Sobre os Dois Principais Sistemas do Mundo”, de autoria de Galileu, publicado em 1632, é apresentado as ideias entre duas visões de dois sistemas de mundo, o Ptolomaico e o Copernicano, através de um diálogo entre personagens, que expõem suas posições.

Observemos no texto, as ideias de Galileu na sua obra “Diálogos Sobre os Dois Principais Sistemas do Mundo”, que retrata o diálogo entre os personagens, Salviati, Simplicio e Sagredo, com argumentos que levam ao *princípio da inércia*.

Essas ideias estão descritas a seguir (NUSSENZVEIG, 2013, p. 91-93):

“SALVIATI: ...Diga-me agora: Suponhamos que se tenha uma superfície plana lisa como um espelho e feita de um material duro como o aço. Ela não está horizontal, mas inclinada, e sobre

ela foi colocada uma bola perfeitamente esférica, de algum material duro e pesado, como o bronze. A seu ver, o que acontecerá quando a soltarmos?

SIMPLÍCIO: Não acredito que permaneceria em repouso; pelo contrário, estou certo de que rolaria espontaneamente para baixo...

SALVIATI: ...E por quanto tempo a bola continuaria a rolar, e quão rapidamente? Lembre-se de que eu falei de uma bola perfeitamente redonda e de uma superfície altamente polida, afim de remover todos os impedimentos externos e acidentais. Analogamente, não leve em consideração qualquer impedimento do ar causado por sua resistência à penetração, nem qualquer outro obstáculo acidental, se houver.

SIMPLÍCIO: Compreendo perfeitamente, e em resposta a sua pergunta digo que a bola continuaria a mover-se de modo indefinido, enquanto permanecesse sobre a superfície inclinada, e com um movimento continuamente acelerado...

SALVIATI: Mas se quiséssemos que a bola se movesse para cima sobre a mesma superfície, acha que ela subiria?

SIMPLÍCIO: Não espontaneamente; mas ela o faria se fosse puxada ou lançada para cima.

SALVIATI: E se fosse lançada com um certo impulso, qual seria seu movimento, e de que amplitude?

SIMPLÍCIO: O movimento seria constantemente freado e retardado, sendo contrário à tendência natural, e duraria mais ou menos tempo conforme o impulso e a inclinação do plano fossem maiores ou menores.

SALVIATI: Muito bem, até aqui você me explicou o movimento sobre dois planos diferentes. Num plano inclinado para baixo, o corpo móvel desce espontaneamente e continua acelerando, e é preciso empregar uma força para mantê-lo em repouso. Num plano inclinado para cima, é preciso uma força para lançar o corpo ou mesmo mantê-lo parado, e o movimento impresso no corpo diminui de modo contínuo até cessar de todo. Você diria ainda que, nos dois casos, surgem diferenças conforme a inclinação do plano seja maior ou menor, de forma que um declive mais acentuado implica maior velocidade, ao passo que, num aclave, um corpo lançado com uma dada força se move tanto mais longe quanto menor o aclave.

Diga-me agora o que aconteceria ao mesmo corpo móvel colocado sobre uma superfície sem nenhum aclave nem declive.

SIMPLÍCIO: Aqui preciso pensar um instante sobre a resposta. Não havendo declive, não pode haver tendência natural ao movimento; e, não havendo aclave, não pode haver resistência ao movimento. Parece-me, portanto, que o corpo deveria naturalmente permanecer em repouso.

Mas eu me esqueci; faz pouco tempo que Sagredo me deu a entender que isto é o que aconteceria.

SALVIATI: Acredito que aconteceria se colocássemos a bola firmemente num lugar. Mas que sucederia se lhe déssemos um impulso em alguma direção?

SIMPLÍCIO: Ela teria que se mover nessa direção.

SALVIATI: Mas com que tipo de movimento? Seria continuamente acelerado, como no declive, ou continuamente retardado, como no aclave?

SIMPLÍCIO: Não posso ver nenhuma causa de aceleração, uma vez que não há aclave nem declive.

SALVIATI: Exatamente. Mas se não há razão para que o movimento da bola se retarde, ainda menos há razão para que ele pare; por conseguinte, por quanto tempo você acha que a bola continuaria se movendo?

SIMPLÍCIO: Tão longe quanto a superfície se estendesse sem subir nem descer.

SALVIATI: Então, se este espaço fosse ilimitado, o movimento sobre ele seria também ilimitado? Ou seja, perpétuo?

SIMPLÍCIO: Parece-me que sim, desde que o corpo móvel fosse feito de material durável”.

O diálogo revela as ideias de Galileu sobre a lei da Inércia, sendo um excelente material didático para ser utilizado em sala de aula pelos professores, em especial de Física, com foco na história da Ciência, contribuindo para a compreensão de conceitos, leis e princípios.

2.3.1 Discutindo a primeira lei de Newton

As relações entre força e movimento foram estabelecidas por Isaac Newton, um dos maiores físicos de todos os tempos da nossa história. A *primeira lei de Newton* ou *princípio da Inércia* afirma que:

[...] que na ausência de força aplicada, um corpo permanece em repouso ou se move em movimento retilíneo uniforme. Segue-se que uma vez colocado em movimento, não é necessário exercer uma força para mantê-lo nesse estado (SEARS, ZEMANSKY, 1978, p. 15).

No livro, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica (Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural)*, obra de Isaac Newton, a 1ª Lei é enunciada da seguinte forma:

LEI I: Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele (NEWTON, 2008, p. 53).

Nas aplicações diárias, a referida lei parece contradizer essa afirmação, quando por exemplo:

Exerçamos uma força com a mão para empurrar um livro ao longo de uma mesa. Quando o livro abandona a mão e paramos, portanto, de exercer a força, ele não se move indefinidamente, mas vai parando até ficar em repouso. Para mantê-lo em movimento uniforme devemos continuar a exercer alguma força por causa da força de atrito que age no corpo quando este desliza em cima da mesa, em sentido oposto ao do movimento. Quanto mais polidas forem as superfícies de contato, menores serão as forças de atrito e também a força necessária para manter o movimento (SEARS, ZEMANSKY, 1978, p. 15).

Dando continuidade a explicação do exemplo:

A primeira lei assegura que se a força de atrito pudesse ser eliminada, nenhuma força seria necessária para manter o livro em movimento, uma vez iniciado. Ainda mais, se a resultante for nula, caso em que a força aplicada é contrabalançada pela de atrito, o livro também continuará a se mover uniformemente. Em outras palavras, *uma força resultante nula é equivalente à inexistência de forças* (SEARS; ZEMANSKY, 1978, p. 15).

Com base na lei, a ausência do atrito de um corpo em movimento retilíneo, tende por inércia, a mantê-lo em movimento, a menos que uma força haja sobre ele.

Outro aspecto relevante, no estudo da primeira lei de Newton, é o sistema de referência chamado de *referenciais inerciais*. “Um sistema de referência inercial é aquele no qual a primeira lei do movimento de Newton é válida” (SERWAY; JEWETT JR., 2007, p. 111). Ou seja, o movimento de um corpo só pode ser especificado relativamente em relação a um outro corpo.

Tomemos como exemplo prático:

[...] um passageiro de um avião que corre na pista para decolar está em repouso relativo ao avião, mas se move cada vez mais depressa em relação à Terra. [...] Consideremos um sistema de referência significa um conjunto de eixos coordenados ligados a um corpo (ou corpos) isto é, movendo-se com ele. Consideremos um sistema de referência ligado ao avião acima referido. Durante a decolagem, enquanto o avião corre cada vez mais rápido, o passageiro sente o encosto da poltrona empurrá-lo para a frente, embora permaneça em repouso em relação ao avião. Logo, a primeira Lei de Newton não descreve corretamente a situação; uma força para frente age sobre o passageiro que permanece, entretanto, em repouso (relativo ao avião) (SEARS, 1978, p. 15).

Vejamos uma outra situação no avião:

[...] suponhamos que o passageiro do avião esteja de pé sobre patins. Quando começar a decolagem ele se moverá para trás, embora nenhuma força atue sobre ele. Novamente a primeira lei de Newton não descreve corretamente os fatos. (SEARS; ZEMANSKY, 1978, p. 15).

Nessa direção, Sears e Zemansky (1978) ressaltam que no exemplo acima referido, o avião durante a decolagem, não é um sistema inercial, declarando que:

Para muitos propósitos, um sistema de referência ligado à Terra pode ser considerado inercial, embora não seja exatamente correto, por causa da rotação e de outros movimentos da Terra. O próprio Newton acreditava que seria possível conceber um sistema de referência em um estado de “repouso absoluto”, parado de alguma maneira no espaço vazio. Quando se referia a um de repouso ou movimento uniforme ele usava tal sistema de referência. Os princípios da relatividade levaram-nos a acreditar que os conceitos de “repouso absoluto” e de “movimento absoluto” não tem significado físico. A solução é escolher um sistema de referência em repouso relativo às estrelas fixas, que estão tão distantes que seus movimentos relativos não podem ser detectados. A primeira lei de Newton descreve corretamente os movimentos relativos às estrelas fixas que, assim, podem ser considerados um sistema inercial (SEARS; ZEMANSKY, 1978, p. 15).

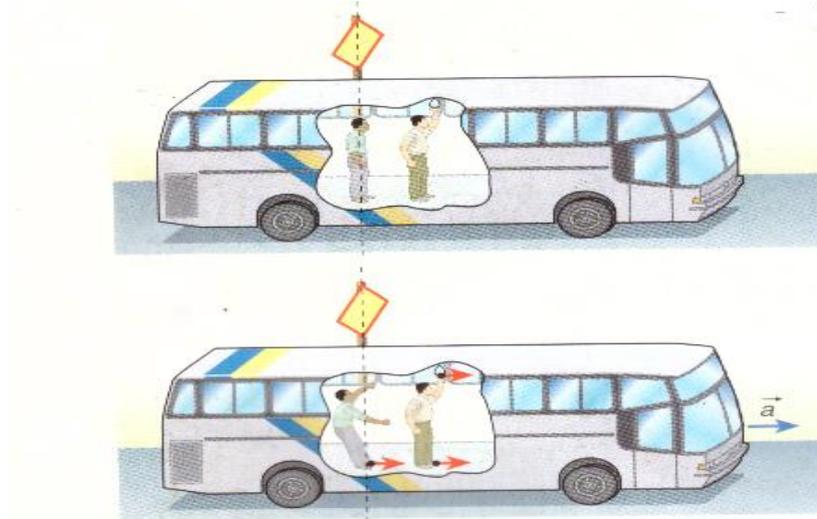
Os exemplos, a seguir, apresentam situações do dia a dia, que aparecem na maioria de livros de Física, do ensino médio:

Exemplo 1:

Consideremos uma pessoa (passageiro) em pé, em um ônibus em repouso em relação ao solo, e que não esteja se segurando em lugar algum. Se o ônibus entrar em movimento, acelerando rapidamente, a pessoa é projetada para trás, podendo até cair. A pessoa foi empurrada para trás ou ônibus foi empurrado para frente? Tomemos como referencial o solo. Para entrar em movimento, as rodas do ônibus interagem com o solo por meio do atrito. As forças de atrito impedem que as rodas fiquem “patinando”, empurrando o ônibus para a frente. Se não existisse, as rodas ficariam “patinando”, e o ônibus não sairia do lugar. A pessoa (passageiro), por sua vez, precisa de alguma interação que faça o mesmo com ela. Se ela estiver sentada, o encosto do assento vai empurrá-lo para frente, juntamente com o ônibus. Da mesma maneira, se ela segurar em alguma peça fixa no ônibus, também será puxada com o conjunto. Portanto, se a pessoa não providenciar alguma interação na direção em que o ônibus acelera, ela terá naturalmente a tendência de permanecer no mesmo lugar em relação ao solo. Essa é uma propriedade natural dos corpos em repouso: por inércia, eles tendem a permanecer em repouso (CARRON; GUIMARÃES, 2002, p. 120).

A Figura 2, a seguir, ilustra o exemplo 1:

Figura 2 - Aplicação da 1ª lei de Newton



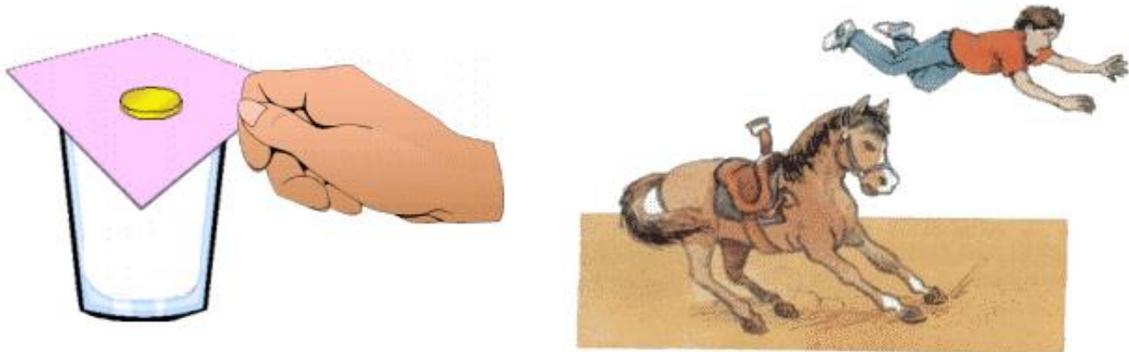
“O poste fixo no solo serve como referência para identificar as posições dos passageiros antes e depois de o ônibus entrar em movimento. Os pés do passageiro da esquerda, devido ao atrito, acompanham o movimento do ônibus, mas o resto do corpo, por inércia, fica para trás. O mesmo não acontece com o passageiro da direita, que se encontra ligado rigidamente ao ônibus” (CARRON; GUIMARÃES, 2002, p. 120).

Fonte: Adaptado de Carron e Guimarães (2002)

Exemplos 2 e 3, na Figura 3:

Um cartão sobre um copo, sendo puxado bruscamente na horizontal, a moeda cai dentro do copo (exemplo 2), e um homem andando a cavalo e o cavalo pára subitamente, então ele tem a impressão de uma força o empurrando para frente. Sabe-se que essa força não existe, o que acontece é que ele estava em movimento em relação ao nosso maior referencial inercial que é a Terra, pois, se ele estava em movimento, a tendência era permanecer em movimento (exemplo 3).

Figura 3 - Ilustrações dos exemplos 2 e 3, aplicação da 1ª lei de Newton



Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/49671/> Acesso em: 16 ago. 2022.

Retomando a afirmação da primeira lei de Newton, quanto à ação de uma força, que pode mudar o estado de movimento do corpo, medida pela aceleração (SERWAY; JEWETT JR., 2007, p. 111), contempla a base para a segunda lei de Newton.

2.4 SEGUNDA LEI DE NEWTON OU PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA

A segunda lei de Newton responde à questão quando uma força age sobre o corpo. Feynman, Leighton e Sands (2008, p. 9-1) declaram que a segunda lei de Newton “forneceu uma maneira específica de determinar como a velocidade muda sobre as diferentes influências chamadas de *forças*”. Ainda de acordo com os autores, “*a taxa-de-mudança-temporal de uma quantidade chamada momento é proporcional à força*”.

No livro *Principia*, a 2ª Lei é apresentada da seguinte forma:

LEI II: A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida (NEWTON, 2008, p. 54).

Para ilustrar uma situação do cotidiano sobre essa relação, Carron e Guimarães (2002) apresentam um exemplo de dois carros, que se encontram numa pista horizontal inicialmente em repouso, e depois são postos em movimento. Ao analisar a situação, destacam:

- Se os dois possuem massas iguais e se são acelerados durante o mesmo tempo, adquire maior velocidade o carro sobre o qual tiver sido aplicada a maior força, ou seja, **força e variação de velocidade são diretamente proporcionais**;

- Se os carros possuem massas diferentes, para fazê-lo adquirir a mesma velocidade, no mesmo intervalo de tempo, é preciso que o carro de maior massa sofra a ação de uma maior força, ou seja, **força e massa são diretamente proporcionais**;
- Se os carros possuem a mesma massa e desejamos que adquiram a mesma velocidade, verificamos que aquele que sofre a ação da maior força atinge a velocidade desejada no menor intervalo de tempo, ou seja, **força e intervalo de tempo são inversamente proporcionais** (CARRON; GUIMARÃES, 2002, p. 123-124).

Essas conclusões, com base na segunda lei de Newton, relacionam força, massa, variação da velocidade e intervalo de tempo, sendo expressa de forma matemática, em livros do ensino médio, como (CARRON; GUIMARÃES, 2002):

$$\vec{F} = m\Delta\vec{v}/\Delta t \quad (1.1)$$

$$\vec{a} = \Delta\vec{v}/\Delta t \quad (1.2)$$

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (\text{Segunda lei de Newton}) \quad (1.3)$$

Na expressão que representa a segunda lei de Newton, \vec{F} deve ser a força resultante (\vec{R}):

$$\vec{R} = m\vec{a} \quad (1.4)$$

Em que, \vec{R} e \vec{a} são grandezas vetoriais, e possuem mesma direção e sentido.

No Sistema Internacional (SI), utilizamos as seguintes unidades: *quilograma* (kg) para massa, *metro por segundo, por segundo ao quadrado* (m/s^2) para aceleração; e *newton* (N) para força. A unidade newton pode ser expressa, $1 \text{ N} = 1 \text{ kg.m/s}^2$, em relação a expressão da segunda lei de Newton.

Nos livros de ensino superior, mostram a verdadeira equação, que é a derivada do momento linear, também conhecida como quantidade de movimento \vec{p} , em que é expresso pelo produto entre a massa e a velocidade:

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (1.5)$$

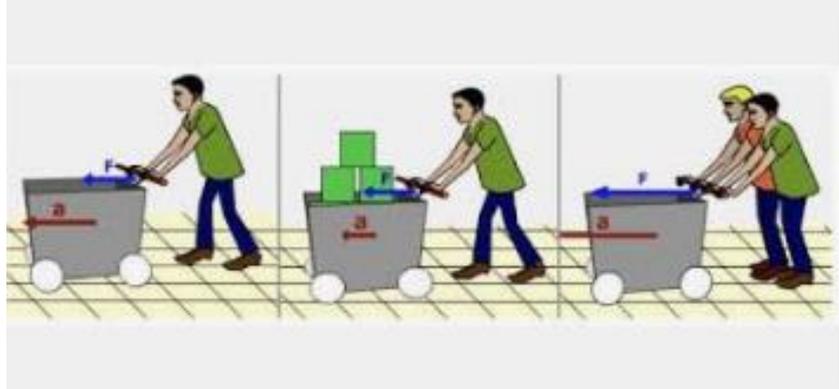
Derivando o momento em função do tempo e considerando a massa constante, temos:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{m d\vec{v}}{dt} = m\vec{a} = \vec{F} \quad (1.6)$$

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (1.7)$$

A Figura 4 demonstra uma aplicação da segunda lei de Newton, no cotidiano.

Figura 4 - Ilustração da aplicação da 2ª lei de Newton



Fonte: <https://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/leis-de-conservacao/leis-de-newton/> Acesso em: 16 ago. 2022.

No exemplo da Figura 4, à medida que o homem empurra o carrinho, surge uma aceleração “a”, que diminui se aumentarmos a massa do carrinho, e aumentando a força (duas pessoas empurrando), ela provocará uma maior aceleração do mesmo.

2.5 TERCEIRA LEI DE NEWTON OU LEI DA AÇÃO E REAÇÃO

A terceira lei de Newton, também conhecida como *lei da Ação e Reação*, indica que na natureza as forças ocorrem aos pares, em que uma força de ação sempre corresponderá a uma força de reação, de mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos.

A 3ª Lei, no *Principia* é exposta da seguinte forma:

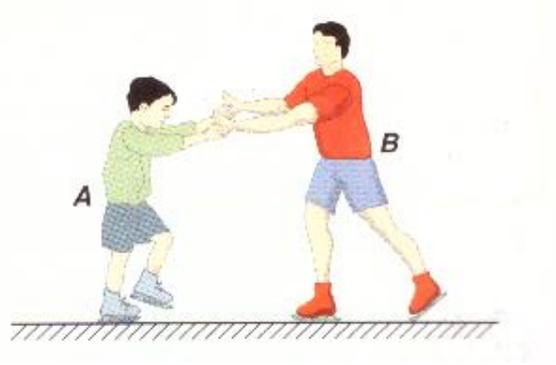
LEI III: A toda ação há sempre oposta uma reação igual ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas (NEWTON, 2008, p. 54).

Para exemplificar a terceira lei de Newton, Carron e Guimarães (2002) apresentam uma situação entre dois meninos com patins, a seguir:

[...] os dois meninos estão com patins, o que torna o atrito praticamente desprezível. Se o menino A empurrar o menino B, qual deles entra em movimento? Certamente os dois. O fato de o menino A empurrar o menino B estabelece entre eles uma interação que age simultaneamente nos dois. O menino B, recebendo um empurrão, entra em movimento para a direita e, reciprocamente, o menino A recebe o mesmo empurrão, entrando em movimento em sentido contrário ao movimento de B, ou seja, para a esquerda (CARRON; GUIMARÃES, 2002, p.126).

A Figura 5 ilustra a situação dos dois meninos com patins:

Figura 5 - Ilustração da aplicação da 3ª lei de Newton



Fonte: Carron e Guimarães (2006, p. 119)

O exemplo supracitado, Figura 5, caracteriza a lei da *Ação e Reação*, em que um par de forças de mesma intensidade, de mesma direção e de sentidos opostos, atua sobre os dois corpos que interagem. Nessa direção, Carron e Guimarães (2002) afirmam a importância de observar que a causa (força) é a mesma nos dois corpos, mas os efeitos (aceleração) podem ser diferentes, caso as massas sejam diferentes.

Considerando essas ideias, em relação às forças de ação e reação, Carron e Guimarães (2002, p. 126) ressaltam:

- não existe força de ação sem a correspondente força de reação, ou seja, é impossível um corpo agir sobre outro e não sofrer a consequente reação;
- forças de ação-e-reação são simultâneas, ou seja, não existe a possibilidade de ocorrer uma ação e depois uma reação - elas ocorrem no mesmo instante;
- elas podem apresentar efeitos diferentes - quando uma bola bate numa vidraça, embora o vidro e a bola sejam submetidos a forças de mesma intensidade, o vidro se quebra ou permanece imóvel, mas a bola não;
- é indiferente saber qual das forças é ação e qual é a reação;
- elas não se anulam, pois são aplicadas a corpos diferentes;
- possuem sempre a mesma intensidade, a mesma linha de ação (direção), mas sentidos contrários;
- as forças de ação-e-reação são de mesma natureza - se a interação é de contato, o par ação-reação é constituído por duas forças de contato, se a interação é de campo (ação à distância), o par ação-reação é constituído por duas forças de campo.

É fundamental no ensino de Física, que esses aspectos sejam abordados pelos professores, e que haja a construção do conhecimento científico pelos alunos.

3 PERSPECTIVAS TEÓRICAS SOBRE APRENDIZAGEM

Para ampliarmos as discussões sobre nossa proposta metodológica para a aprendizagem das leis de Newton, adotamos como referencial teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa e os Três Momentos Pedagógicos (3MP), que nortearam o desenvolvimento deste trabalho. Nas seções seguintes, abordaremos os aspectos básicos da teoria e a metodologia dos 3MP.

3.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: ALGUNS CONCEITOS

A Teoria da Aprendizagem Significativa foi proposta por David Ausubel (1918-2008), em 1963, intitulada *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. Essa é uma teoria cognitivista, que está relacionada com os processos de assimilação, transformação, organização e armazenamento da informação, envolvidos na estrutura cognitiva do indivíduo.

Na Teoria da Aprendizagem Significativa uma nova informação é assimilada de forma não arbitrária e não literal pelo subsunçor, que é o conhecimento específico relevante que o sujeito que aprende possui na sua estrutura cognitiva. Isso ocorre, devido a ênfase que “Ausubel dava aos conceitos estruturantes de cada disciplina que deveriam ser identificados e ensinados aos alunos e que, uma vez aprendidos significativamente”, serviriam de ancoragem para novas aprendizagens significativas (MOREIRA, 2010, p. 9-10).

Conforme afirma Ausubel:

A essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante (isto é, um subsunçor) que pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição já significativa (AUSUBEL, 1978 apud MOREIRA, 2006, p. 19).

Nessa perspectiva, a ideia central da aprendizagem significativa é a interação cognitiva entre conhecimentos novos e prévios, de modo que o novo conhecimento deve se relacionar com aquilo que o aprendiz já sabe, contribuindo para a construção de novos significados.

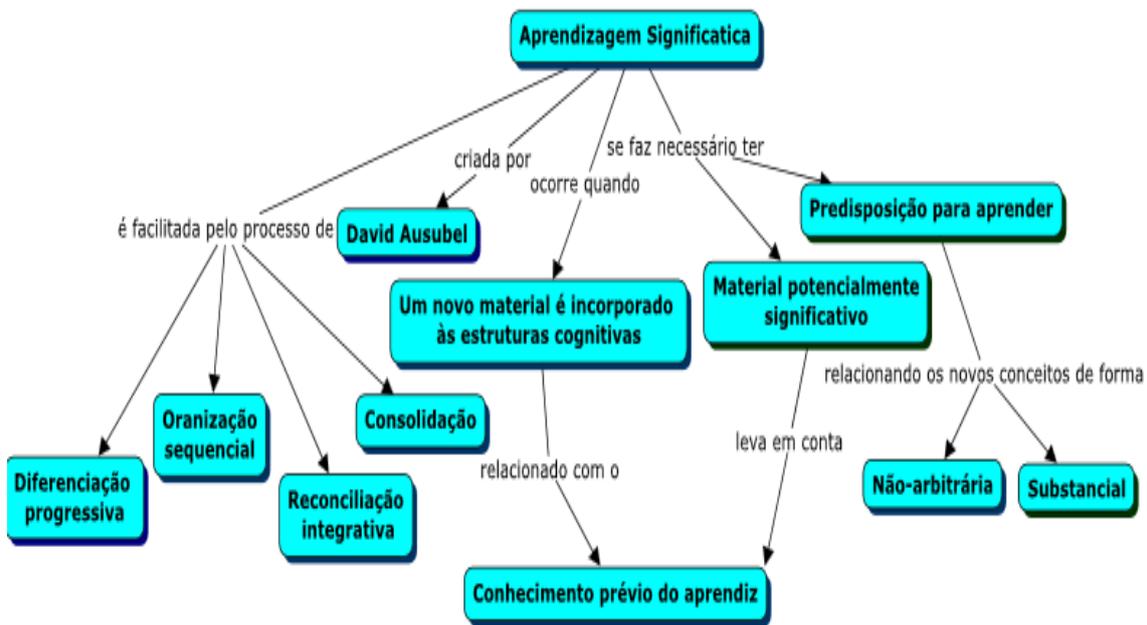
Moreira (2011, p. 13) destaca que a aprendizagem significativa:

é aquela que em que as ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-litera, não ao pé da letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com

qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

Considerando essas ideias, e a relevância da teoria de Ausubel para o desenvolvimento do produto educacional, elaboramos também um mapa conceitual da aprendizagem significativa, no software *Cmap Tools*, representado na Figura 6:

Figura 6 - Mapa conceitual da aprendizagem significativa



Fonte: Próprio autor (2022)

Para a construção do mapa conceitual, partimos da premissa que a Teoria da Aprendizagem Significativa diferencia dois tipos de aprendizagem, a que Ausubel chamou de *mecânica*, e a que ele definiu como *significativa*.

A aprendizagem mecânica é um processo, em que a nova informação tem pouca ou nenhuma interação com conceitos existentes na estrutura cognitiva do estudante, sendo armazenada de maneira arbitrária sem ligar-se aos subsunçores. Não há interação entre a nova informação e aquela já armazenada (MOREIRA, 2006, 2017).

A aprendizagem significativa é um processo, em que uma nova informação interage com conhecimentos já preexistentes na estrutura cognitiva do aluno, chamados subsunçores (MOREIRA, 2006).

Sobre o conceito de subsunçor, Moreira (2011) afirma que:

O subsunçor é, portanto, um conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva do sujeito que aprende e que permite, por interação, dar significado a outros conhecimentos. Não é conveniente “coisificá-lo, “materializá-lo” como um conceito, por exemplo. O subsunçor pode ser também uma concepção, um construto, uma proposição, uma representação, um modelo, enfim, um conhecimento prévio especificamente relevante para a aprendizagem significativa de determinados novos conhecimentos (MOREIRA, 2011, p.18).

Ausubel defendeu a aprendizagem com base no conhecimento prévio com veemência, chegando a descrevê-la como um princípio, como se observa:

Se eu tivesse de reduzir toda a psicologia educacional a tão somente um princípio, diria isto: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe; verifique isso e ensine-o de acordo (AUSUBEL,1978 apud MOREIRA, 2006, 13).

As condições para que ocorra a aprendizagem significativa, segundo Moreira (2011), é que o material de aprendizagem seja potencialmente significativo, e que o aprendiz apresente uma predisposição para aprender.

Ainda de acordo com Moreira (2011, p. 25), “é importante enfatizar aqui que o material só pode ser *potencialmente significativo*; não *significativo*: não existe livro significativo, nem aula significativa, nem problema significativo, pois o significado está nas pessoas, não nos materiais”. Para ele, “é o aluno que atribui significados aos materiais de aprendizagem e os significados atribuídos podem não ser aqueles aceitos no contexto da matéria de ensino”.

Nessa direção, Moreira (2011) ressalta que no ensino, o que se pretende é que o aluno construa novos significados, veiculados por materiais de aprendizagem, com base nos conhecimentos científicos da matéria de ensino. Mas, salienta que isso irá depender de um intercâmbio ou negociação, de significados, que poderá ser muito demorada.

E ainda, declara que:

Predisposição para aprender e aprendizagem significa guardam entre si uma relação praticamente circular: a aprendizagem significativa requer predisposição para aprender e, ao mesmo tempo, gera esse tipo de experiência afetiva [...]. (MOREIRA, 2011, p. 36).

Por conseguinte, para que ocorra aprendizagem significativa é necessário que o material a ser aprendido seja potencialmente significativo e que o aluno possua predisposição para aprender, segundo Moreira (1999), uma das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa, é:

[...] que o material a ser aprendido seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal. Um material com essas características é dito potencialmente significativo. Esta condição implica não só que o material seja suficientemente não arbitrário em si, de modo que possa ser aprendido, mas também que o aprendiz tenha disponível em sua estrutura cognitiva os subsunçores adequados. A outra condição é que o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar de maneira substantiva e não arbitrária o novo material, potencialmente significativo, a sua estrutura cognitiva (MOREIRA, 1999, p. 156).

Sob esta perspectiva, no que diz respeito às condições apontadas, por Moreira (2011, p. 25), um aspecto relevante da teoria da aprendizagem significativa são os materiais utilizados durante processo de ensino e aprendizagem, de modo que venham a contribuir na construção de significados, por meio de um processo de interação e ancoragem da nova informação.

Em contrapartida, como se pode perceber, é importante ressaltar que Ausubel não ignora a aprendizagem mecânica, ele a considera necessária quando o indivíduo está aprendendo algo novo, conforme Moreira e Masini (2006) afirmam:

Uma resposta plausível é que a aprendizagem mecânica é sempre necessária quando um indivíduo adquire informações em uma área de conhecimento completamente nova para ele. Isto é, a aprendizagem mecânica ocorre até que alguns elementos de conhecimento, relevantes a novas informações na mesma área, existam na estrutura cognitiva e possam servir de subsunções, ainda que poucos elaborados. (MOREIRA; MASINI, 2006, p.19).

Ausubel criou, assim, o conceito de organizadores prévios em sua Teoria da Aprendizagem Significativa. Para ele, tais organizadores prévios servem de âncoras para nova informação de modo que possam funcionar como suporte para desenvolver novos subsunçores que servirão para a retenção de conhecimentos futuros.

Segundo Moreira (1999, p. 155):

Os organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si.

Esses organizadores podem servir de ideias-âncora relevantes para a aprendizagem do novo material quando estabelecem relações entre ideias proposições e conceitos já existentes na estrutura cognitiva e aqueles contidos no material de aprendizagem, isto é, relaciona aquele conhecimento que o aluno tem, com o novo, sem que ele perceba essa relação.

Com base nas ideias apresentadas, propomos na metodologia atividades para os estudantes que contribuíssem como organizadores prévios e promovessem a mudança conceitual e facilitassem a aprendizagem significativa.

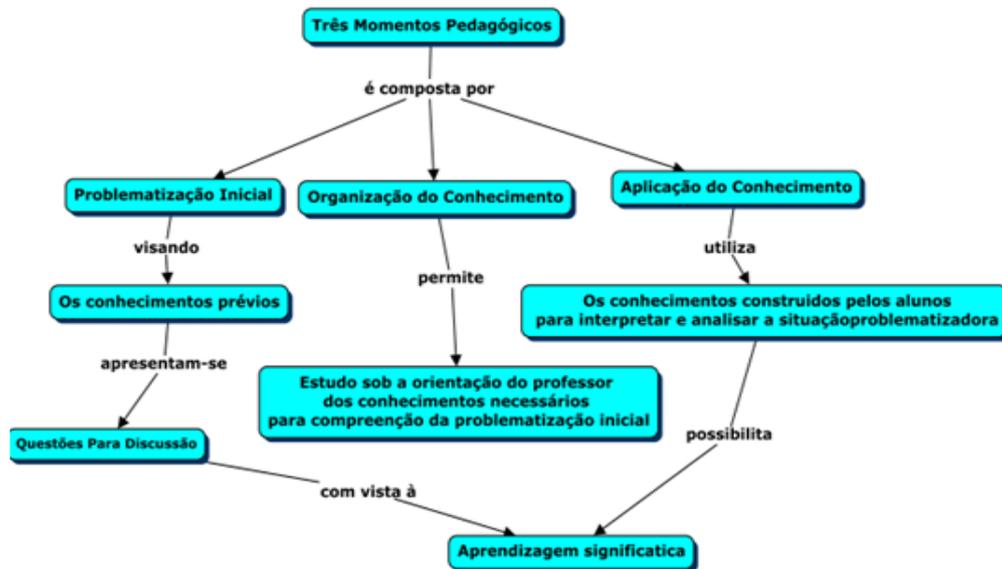
3.2 OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Os Três Momentos Pedagógicos (3MP) buscam ser um meio facilitador para o crescimento do conhecimento do aluno. Nessa perspectiva, Delizoicov e Angotti (1990) caracterizam a abordagem dos 3MP em três etapas: *Problematização inicial*, *Organização do conhecimento* e *Aplicação do conhecimento*. Essa dinâmica dos três momentos tem como referência os trabalhos de Paulo Freire, com enfoque na educação problematizadora de temas geradores, articulados a situações reais do indivíduo, contribuindo para a sua transformação social, cultural e científica.

Studart (2019, p. 2) lembra que Paulo Freire “enfatizava que não existe ensino se não houver aprendizagem e sempre entendeu o processo de ensino e aprendizagem como um processo dialógico em que o professor aprende com o aluno e vice-versa, numa troca constante”.

No estudo realizado para a articulação da Teoria da Aprendizagem Significativa e os Três Momentos Pedagógicos, construímos também um mapa conceitual da dinâmica dos 3MP, no software *Cmap Tools*, apresentado na Figura 7, a seguir:

Figura 7 - Mapa conceitual dos três momentos pedagógicos



Fonte: Próprio autor (2022)

O mapa conceitual, acima, mostra a estrutura da metodologia dos 3MP, com uma convergência com a aprendizagem significativa.

1º momento: Problematização inicial

A problematização inicial visa a ligação dos conteúdos às situações do cotidiano do aluno. Segundo Delizoicov e Angotti (1991, p. 29):

A problematização inicial visa à ligação desse conteúdo com situações reais que os alunos conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar completa ou corretamente porque, provavelmente não dispõem de conhecimentos científicos suficientes.

Nessa perspectiva, Oliveira Filho (2022) enfatiza que:

A partir da problematização inicial proposta por Delizoicov, podemos identificar em nossos alunos os conhecimentos prévios necessários à ancoragem dos novos conteúdos, e a forma como estão postos na análise existencial das suas relações com o mundo, postas como obstáculos a serem superados (OLIVEIRA FILHO, 2022, p. 32).

Corroborando com essas ideias, verificamos na prática diária de sala de aula, que as concepções iniciais presentes em nossos alunos poderão estar ou não de acordo com os conhecimentos científicos. Assim, as discussões problematizadoras podem contribuir com o professor para a percepção de concepções alternativas dos alunos. Como também contribuir para que o professor, no segundo momento, busque estratégias didáticas para superar os obstáculos.

2º momento: Organização do conhecimento

Partindo dos conhecimentos levantados, na problematização inicial, o professor os relaciona com o tema a ser ensinado, sistematizando-os de modo que contribua para a compreensão dos conceitos pelos alunos. Esse segundo momento, de acordo com Delizoicov e Angotti (1991), os alunos devem ser orientados pelo professor.

Os autores ainda acrescentam para o desenvolvimento desse 2º momento, sugestões de diversas atividades, como: exposição, pelo professor; formulação de questões; textos; trabalho extraclasse; revisão e atividades experimentais.

3º momento: Aplicação do conhecimento

Esse momento é voltado para a sistematização do conhecimento que vem sendo construído pelo aluno durante a dinâmica dos três momentos. Nesse sentido, Delizoicov e Angotti (1991, p. 31) declaram que a aplicação do conhecimento:

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento.

Nessa direção, os autores ressaltam que, pretende-se, de forma dinâmica e evolutiva, que “o aluno perceba que o conhecimento, além de ser uma construção historicamente determinada desde que apreendido, é acessível a qualquer cidadão, que dele pode fazer uso.” (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1991, p. 31).

Como sugestão metodológica desse 3º momento, Delizoicov e Angotti (1991) indicam que o procedimento deve ser o mesmo do 2º momento, com atividades que possam articular situações iniciais com outras, que não tenham relação com as iniciais, numa perspectiva científica. Com isso, deve-se evitar a excessiva dicotomia entre “processo e produto, física de ‘quadro-negro’, física da ‘vida’, ‘cientista e não cientista’.”

Nessa linha de ideias, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002 apud STUART, 2019, p. 19) declaram que a abordagem dos 3MP é fundamentada em temas relacionados aos conteúdos de ensino das disciplinas. Os autores ainda acrescentam que, “a conceituação científica da programação é subordinada ao tema com contraposição ao paradigma curricular tradicional que se estrutura pelos conceitos científicos, com base nos quais se selecionam os conteúdos de ensino.”

Tendo em vista essa abordagem, é de fundamental relevância que o conhecimento da Ciência deva ser explorado ao longo dos três momentos, de modo que possa ser compreendido pelo aluno, e que possa utilizá-lo em situações de sua vida. Este percurso como parte de um processo de construção, visa promover a alfabetização científica.

3.3 PRODUTO EDUCACIONAL: BNCC E ENSINO DE FÍSICA

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), define um conjunto de competências, habilidades e aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo da

educação básica, de modo que seja assegurado seus direitos, de acordo com Plano Nacional de Educação (PNE) (BRASIL, 2018).

Nessa direção, a competência é definida na Base Nacional Comum Curricular - Ensino Médio (BNCC-EM), como:

a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho (BRASIL, 2018, p. 8).

Para isso, os alunos precisam mobilizar saberes ao longo da educação básica, articulando e integrando conhecimentos, habilidades, atitudes e valores, que compreendem seu processo formativo.

Considerando a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologia, integrada por Biologia, Física e Química, a BNCC-EM destaca para a construção de uma base de conhecimentos contextualizados, preparando o aluno para fazer julgamentos, elaborar e tomar iniciativas, bem como apresentar proposições alternativas. Ainda assim, destaca que a referida área deve possibilitar a interpretação de fenômenos naturais e processos tecnológicos, proporcionando aos alunos a construção de conceitos, procedimentos e teorias de diferentes campos das Ciências da Natureza, de modo que possam fazer conexões com o mundo onde vivem (BRASIL, 2018).

Para o desenvolvimento do nosso produto educacional, focamos nas seguintes competências específicas e habilidades da BNCC-EM:

Competência específica 2:

Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis (BRASIL, 2018, p. 542).

Habilidade:

Elaborar explicações e previsões a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais (BRASIL, 2018, p. 543).

Visando contribuir para o ensino de Física e o desenvolvimento de habilidades e competências propostas pela BNCC-EM, elaboramos a proposta metodológica, nosso produto educacional, referente às leis de Newton, com situações do cotidiano vivenciadas pelos alunos.

4 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A proposta metodológica foi estruturada nos Três Momentos Pedagógicos (3MP), visando responder à questão: *Como organizar uma proposta metodológica baseada nos três momentos pedagógicos para a aprendizagem das leis de Newton?* Para isso, elaboramos atividades para cada momento, buscando promover a dinâmica dos 3MP, com a *Problematização inicial*, a *Organização do conhecimento* e a *Aplicação do conhecimento*.

4.1 PERFIL DOS ESTUDANTES

A aplicação do produto educacional foi realizada em uma turma de 16 alunos, com idade média de 17 anos, do 3º ano do ensino médio, de uma Escola Técnica Estadual (ETE), localizada no município de Barreiros/PE.

4.2 ESTRUTURAÇÃO DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

A metodologia dos 3MP iniciou com o convite à turma para a participação no trabalho. A dinâmica dos 3MP foi vivenciada em quatro dias distintos, conforme apresentado no Quadro 2, sendo um dia para a *Problematização inicial*, um outro dia para a *Organização do Conhecimento*, e dois outros para a *Aplicação do Conhecimento*.

Quadro 2 - Organização das atividades propostas nos 3MP

Data	Tempo Pedagógico	Momentos Pedagógicos	Atividades
01/07/2022	2 aulas	<p><i>1º Momento - Problematização inicial</i></p> <p>Problematização inicial e análise das informações: Criar/propor situações que levem o aluno a externalizar seu conhecimento prévio. Análise desses conhecimentos prévios (base para o planejamento).</p>	<p>- Apresentação das situações-problema em nível introdutório: Observações de: <i>Tirinha de Física (Histórias em Quadrinhos (HQ))</i>; imagens com a aplicação de forças em corpos de “mesma massa” e de “massas diferentes”, disputas de “<i>Cabo de guerra</i>”; Aplicação de questionário para</p>

			levantamento dos conhecimentos prévios.
04/07/2022	2 aulas	<i>2º Momento – Organização do conhecimento</i> Intervenção didática pelo professor: As três leis de Newton	- A partir do levantamento do material, explicar a relação das situações cotidianas com as leis de Newton, de forma que aconteça uma diferenciação progressiva. - Uma vez trabalhadas as situações iniciais, aprofundar o conhecimento.
06/07/2022	2 aulas	<i>3º Momento – Aplicação do conhecimento</i> Vivências de atividades práticas	- No pátio da escola: Diversão esportiva, “batida de pênalti”. - No auditório da escola: Brincando com “cabo de guerra”; Brincando com “skate”. - Discussões e análises das situações vivenciadas.
11/07/2022	2 aulas	<i>3º Momento – Aplicação do conhecimento</i> Aplicação de questionário e debate.	- Aplicação de questionário final e discussões de situações.

Fonte: Próprio autor

As atividades propostas, no Quadro 2, apresentam o caminho metodológico da nossa proposta.

O primeiro e segundo momentos pedagógicos contaram com a participação de 16 alunos. O terceiro momento pedagógico, que foi realizado em dois dias, contou com 16 alunos, em um dia, e com 9 alunos, no outro. O quantitativo de alunos que participaram de cada encontro, correspondeu aos que frequentaram a escola naqueles dias.

4.2.1 Primeiro momento pedagógico: Problematização inicial

Na problematização inicial, foram apresentadas situações do dia a dia para os alunos, através de imagens projetadas na lousa, no auditório da escola, indicadas nas Figuras 8, 9, 10, 11, 12 e 13, referente às situações relacionadas às Leis de Newton. Em seguida, ocorreu a aplicação de um questionário.

As atividades propostas tiveram o objetivo de identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre as Leis de Newton aplicadas às situações do cotidiano. Buscamos nesse momento, o diálogo entre a Teoria da Aprendizagem Significativa e a dinâmica dos 3MP, no levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos.

A Figura 8, representando a situação 1, apresenta uma *Tirinha de Física (História em Quadrinhos (HQ))*, que visa discutir a lei da Inércia ou primeira lei de Newton.

Figura 8 - Ilustração da lei da Inércia ou primeira lei de Newton

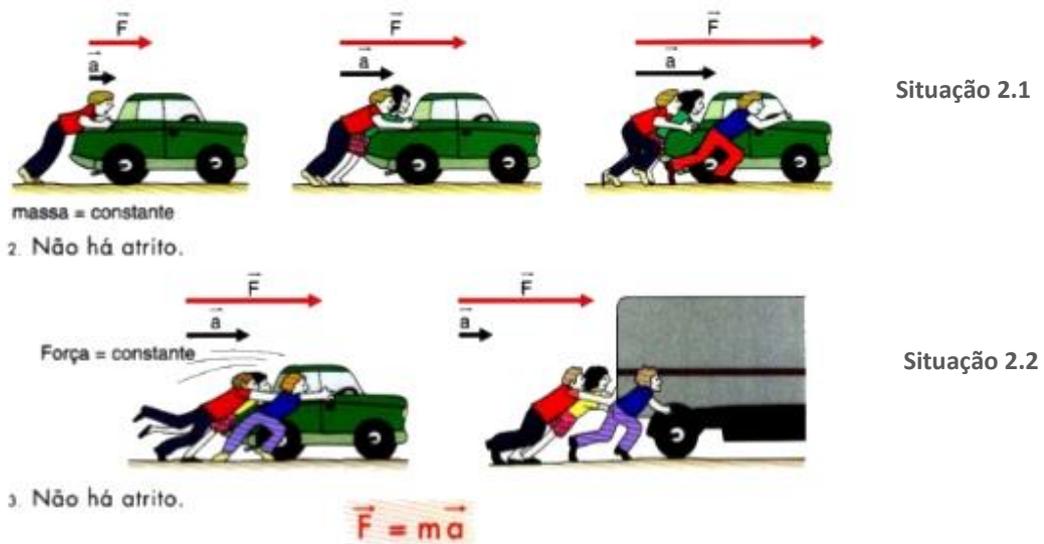


Tirinha: “Ilustração da lei da inércia, na sua versão que diz que um corpo em movimento tende a permanecer em movimento. L. Daou & F. Caruso, Tirinhas de Física, vol. 2, agosto de 2000” (CARUSO *et al.*, 2021, p. 32).

Fonte: <http://www.recursosdefisica.com.br/tirinhas-de-fisica.html>. Acesso em: 10 jun. 2022

É mostrada na Figura 9, a situação 2, com indicações 2.1 e 2.2, referente à aplicação de diferentes forças sobre a “mesma massa” ou “massa diferente”, numa superfície sem atrito entre “carro e solo” e “caminhão e solo”, devido às rodas, com o intuito de levantar discussões com os alunos sobre o *princípio fundamental da Dinâmica* ou *segunda lei de Newton*.

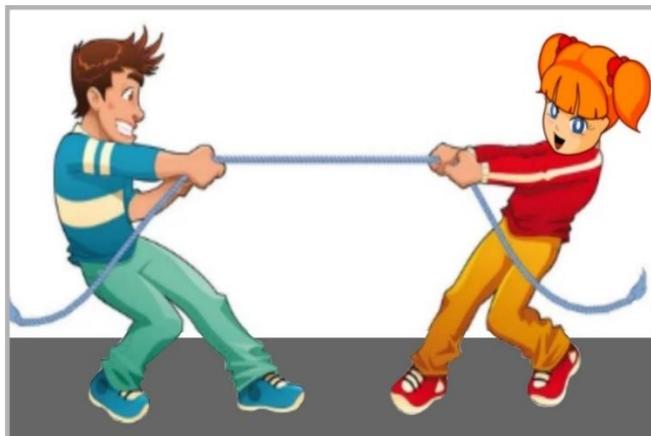
Figura 9 – Ilustração do princípio fundamental da Dinâmica ou segunda lei de Newton



Fonte: https://grupestevolucao.com.br/livro/CFB_revisao/as_leis_de_newton.html Acesso em: 10 jun. 2022

As Figuras 10, 11, 12 e 13, representam a situação 3, o *cabo de guerra* entre duas pessoas, um menino e uma menina, com diferentes variações, com as seguintes indicações: 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4. As imagens foram apresentadas para reflexões e discussões sobre a lei da Ação e Reação ou terceira lei de Newton, especificadas a seguir:

Figura 10 - Situação 3.1 (Cabo de guerra 1)



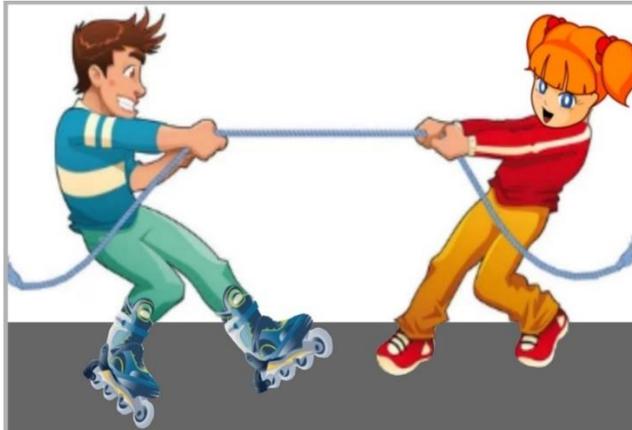
Fonte: Idealizado pelo autor/Design: Jafles Gileno

Figura 11 - Situação 3.2 (Cabo de guerra 2)



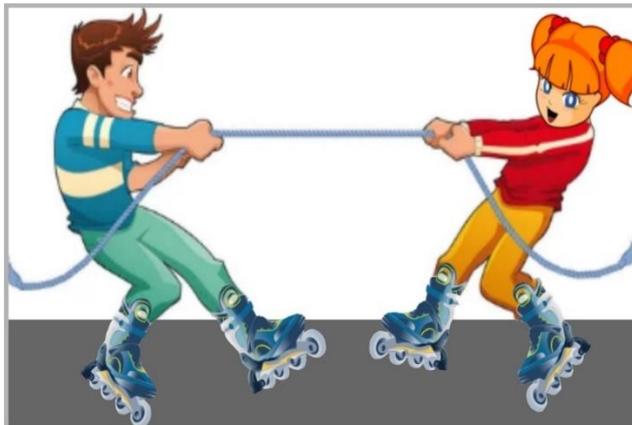
Fonte: Idealizado pelo autor/Design: Jafles Gileno

Figura 12 - Situação 3.3 (Cabo de guerra 3)



Fonte: Idealizado pelo autor/Design: Jafles Gileno

Figura 13 - Situação 3.4 (Cabo de guerra 4)



Fonte: Idealizado pelo autor/Design: Jafles Gileno

Após a apresentação das situações supracitadas aos alunos, realizamos a aplicação do primeiro questionário, intitulado *Diagnosticando os conhecimentos prévios*. As imagens foram projetadas na lousa, com as seguintes questões:

1. Por que na situação 1 (figura 8), o skate parou na pedra e o menino continuou seu movimento?
2. Que conclusões podemos tirar, observando o que está acontecendo na situação 2 (figura 9)?
3. Na situação 3.1 (figura 10), entre o menino e a menina, quem vence?
4. Na situação 3.2 (figura 11), entre o menino e a menina, quem vence?
5. Na situação 3.3 (figura 12), entre o menino e a menina, quem vence?
6. Na situação 3.4 (figura 13), entre menino e a menina, quem vence?

Para a aplicação dos questionários elaborados para os Três Momentos Pedagógicos, solicitamos aos alunos que formassem grupo de quatro membros, de modo que fossem respondidos de forma colaborativa entre eles.

4.2.2 Segundo momento pedagógico: Organização do conhecimento

No segundo momento, ocorreu a intervenção didática pelo professor, com a abordagem das três leis de Newton e a aplicação de um segundo questionário.

A partir do levantamento do questionário aplicado no primeiro momento pedagógico, *Problematização inicial*, e arguição oral das situações, explicamos as três leis de Newton e suas relações com as situações, de modo que acontecesse uma diferenciação progressiva.

A diferenciação progressiva, segundo Moreira (2011, p. 20) é:

O processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor (um conceito ou uma proposição, por exemplo) resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos. [...] Através de sucessivas interações, um dado subsunçor vai, de forma progressiva, adquirindo novos significados, vai ficando mais rico, mais refinado, mais diferenciado, e mais capaz de servir de ancoradouro para novas aprendizagens significativas.

Uma vez trabalhadas as situações iniciais, aprofundamos o conhecimento, levando em conta a diferenciação progressiva, começando com aspectos mais gerais. Em seguida, após a

intervenção didática, aplicamos o segundo questionário, intitulado *Questionário após Intervenção Didática*, com as seguintes questões:

1. O que é inércia?
2. A expressão, “as forças de ação e reação têm intensidade iguais e atuam no mesmo corpo”, está errada. Escreva-a de forma correta.
3. As estatísticas indicam que o uso do cinto de segurança deve ser obrigatório para prevenir lesões mais graves em motoristas e passageiros no caso de acidentes. À qual Lei Física, a função do cinto está relacionada? Justifique sua resposta, baseando-se na referida lei.²
4. Um aluno do ensino médio, depois de estudar a 3ª lei de Newton, colocou para o professor a seguinte questão: “*Se a toda força corresponde uma outra igual e oposta, elas se anulam e todos os corpos deveriam permanecer em equilíbrio. Como isso não ocorre, Newton estava errado*”. Você concorda com o aluno? Explique sua posição.³
5. (Webfísica.com - adaptada) Num cabo-de-guerra, um garoto e uma garota puxam a corda para a direita. A força que cada um faz é: 70 N, 30 N. Do outro lado, outros dois puxam a corda para a esquerda, com as forças: 80 N, 45 N. Qual o valor, a direção e o sentido da força resultante?⁴

4.2.3 Terceiro momento pedagógico: Aplicação do conhecimento

Dando continuidade à aplicação do nosso produto, nesse terceiro momento pedagógico, realizado em dois dias, conforme destacado anteriormente, desenvolvemos atividades práticas, reflexões e discussões sobre as situações vivenciadas, e de outras situações. Por exemplo, a *batida de pênalti*, realizada no pátio da escola, com a participação de alguns alunos, e os outros observando.

Outro exemplo prático ocorreu no auditório da escola, com a atividade do “*cabo de guerra*”, em diferentes variações. Dentre elas: a) a disputa entre dois alunos, de tamanhos e massas diferentes, cada um em uma das extremidades da corda, ilustrado na foto, da Figura 14; b) a disputa entre dois alunos, de tamanhos e massas diferentes, um com *skate*, e o outro sem o

² Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/544669873/Lista-de-Exercicios-3-Leis-Newton#>. Acesso em: 10 jun. 2022.

³ Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/544669873/Lista-de-Exercicios-3-Leis-Newton#>. Acesso em: 10 jun. 2022.

⁴ Webfísica.com. Exercício resolvido. Disponível em: <https://webfísica.com/física/curso-de-física-básica/exercício/num-cabo-de-guerra-um-garoto-e-duas-garotas-puxam-a-corda-para-a-direita>. Acesso em: 10 jun. 2022.

skate, apresentada na foto, da Figura 15 e c) a disputa entre grupos de alunos nas extremidades da corda.

Figura 14 - Cabo de guerra (a)



Fonte: Registro do autor

Figura 15 - Cabo de guerra/diminuindo o atrito (b)



Fonte: Registro do autor

Um outro exemplo, foi a atividade de andar de *skate*, realizada por um dos alunos, no auditório, e os outros observando, indicada na foto, da Figura 16.

Figura 16 - Brincando com *skate*



Fonte: Registro do autor

No decorrer das atividades, após a vivência das atividades práticas, momento bastante enriquecedor, prosseguiram as discussões e intervenção didática do professor, ilustrado nas fotos, das Figuras 17 e 18.

Figura 17 - Discussão sobre a lei da Inércia



Fonte: Registro do autor

Figura 18 - Discussão de situações sobre as três leis de Newton

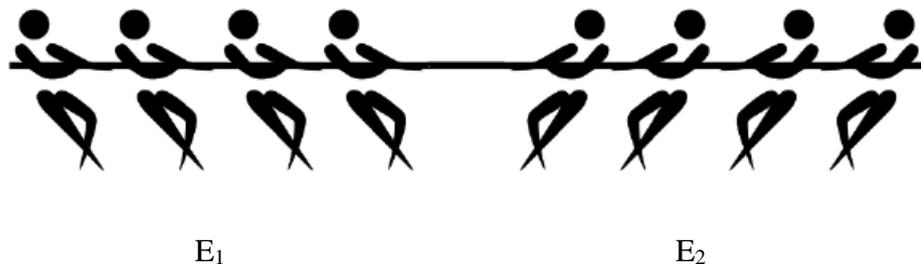


Fonte: Registro do autor

No segundo dia do terceiro momento pedagógico, *Aplicação do conhecimento*, foi aplicado um questionário, intitulado *Questionário final*, com um aprofundamento de situações, em relação aos outros questionários aplicados nos 1º e 2º momentos, para serem analisadas pelos alunos.

Esse questionário foi elaborado com três questões, sendo uma semiaberta e duas abertas, apresentadas a seguir:

1. (UFRGS 2018 - adaptada) Duas equipes, E_1 e E_2 , puxam uma corda pelas extremidades opostas, conforme podemos ver na figura abaixo:⁵



Considere que a corda é puxada pela equipe E_1 com uma força horizontal de módulo 680N e pela equipe E_2 com uma força horizontal de módulo 620N. Em dado instante, a

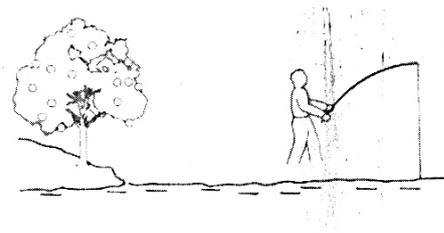
⁵ UFRGS – Vestibular 2018. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/coperse/wp-content/uploads/2022/04/1o-DIA-FIS-LIT-ING.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

corda arrebenta. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

A força resultante sobre a corda, no instante imediatamente anterior ao rompimento, tem módulo 60N e aponta para a _____. Os módulos das acelerações das equipes A e B, no instante imediatamente posterior ao rompimento da corda, são respectivamente, _____, supondo que cada equipe tem massa de 300 kg.

- a) esquerda - $2,26 \text{ m/s}^2$ e $2,26 \text{ m/s}^2$
- b) esquerda - $2,26 \text{ m/s}^2$ e $2,06 \text{ m/s}^2$
- c) esquerda - $2,06 \text{ m/s}^2$ e $2,26 \text{ m/s}^2$
- d) direita - $2,6 \text{ m/s}^2$ e $2,4 \text{ m/s}^2$
- e) direita - $2,4 \text{ m/s}^2$ e $2,6 \text{ m/s}^2$

1. (UNICAMP - adaptada) Um pescador estaciona seu barco leve à margem de uma lagoa calma, em frente a uma árvore carregada de deliciosos frutos. Esse barco pode mover-se livremente sobre a água, uma vez que o atrito entre ambos pode ser considerado muito pequeno. Após algum tempo de inútil pescaria, o pescador sente vontade de comer alguns frutos, coloca cuidadosamente sua vara de pescar no chão do barco e dirige-se, andando sobre ele, em direção a árvore, conseguirá o pescador alcançar a árvore? Por quê?⁶



2. No caso de um corpo em queda livre, podemos afirmar que ele está sujeito à força de atração da Terra e à força de reação, de modo que a resultante fornece aceleração g ? Justifique⁷.

⁶ UNICAMP/Pré-UFSC Joinville. Disponível em: <https://preufsc.paginas.ufsc.br/files/2019/11/fisica-aula-6.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

⁷ BRASIL ESCOLA. Disponível em: <https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-pares-forca-acao-reacao.htm#questao-4>. Acesso em: 10 jun. 2022.

O terceiro momento pedagógico foi concluído com a discussão das respostas dos questionários. Desse modo, foi possível abordar de forma sistemática os conceitos envolvidos nas situações iniciais (problematização inicial), bem como das situações práticas vivenciadas e de outras discutidas durante o estudo.

Nos três momentos pedagógicos vivenciados, os conceitos científicos estudados foram articulados as concepções iniciais, de modo que as ideias iniciais, o subsunção, permitisse dar significado aos novos conhecimentos, oportunizando uma aprendizagem significativa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, apresentamos os dados coletados durante a aplicação do produto educacional, proposta metodológica, com base nos objetivos preestabelecidos, bem como no desenvolvimento da aplicação.

Os questionários aplicados nos Três Momentos Pedagógicos (3MP) foram analisados na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa, com o intuito de verificar as ideias iniciais dos alunos, assim como após as atividades vivenciadas durante o processo de ensino e aprendizagem sobre as leis de Newton.

Com base nos dados obtidos, os quadros 3, 4 e 5 apresentam as respostas dadas pelos grupos de alunos, a cada questão, dos questionários aplicados nos 3MP, assim como, as categorias e as médias percentuais.

Quadro 3 - Diagnosticando os conhecimentos prévios

1º MP - Problematização inicial	
Grupos	Categorias de respostas
<i>1. Por que na situação 1, o skate parou na pedra e menino continuou seu movimento?</i>	
Grupo 1	<i>Inércia</i>
Grupo 2	<i>O movimento continua</i>
Grupo 3	<i>Inércia</i>
Grupo 4	<i>Inércia</i>
<i>2. Que conclusões podemos tirar, observando o que está acontecendo na figura 2</i>	
Grupo 1	<i>Força e movimento</i>
Grupo 2	<i>Força e movimento</i>
Grupo 3	<i>Força e velocidade</i>
Grupo 4	<i>Força e aceleração</i>
<i>3. Na situação 3, figura 3.1, entre o menino e a menina, quem vence?</i>	
Grupo 1	<i>O menino</i>
Grupo 2	<i>O menino</i>
Grupo 3	<i>O menino</i>
Grupo 4	<i>O menino</i>
<i>4. Na situação 3, figura 3.2, entre o menino e a menina, quem vence?</i>	
Grupo 1	<i>O menino</i>
Grupo 2	<i>A menina</i>
Grupo 3	<i>A menina</i>
Grupo 4	<i>A menina</i>
<i>5. Na situação 3, figura 3.3, entre o menino e a menina, quem vence?</i>	
Grupo 1	<i>O menino</i>
Grupo 2	<i>O menino</i>
Grupo 3	<i>O menino</i>

Grupo 4	<i>O menino</i>
6. Na situação 3, figura 3.4, entre o menino e a menina, quem vence?	
Grupo 1	<i>A menina</i>
Grupo 2	<i>O menino</i>
Grupo 3	<i>A menina</i>
Grupo 4	<i>O menino</i>
Categorias finais e médias percentuais	
Respostas de acordo com os conceitos descritos	41,66%
Respostas não condizentes com os conceitos descritos ou sem respostas	58,34%

Fonte: Próprio autor

Analisando as respostas dos grupos, cada um com 4 alunos, indicadas no Quadro 3, observamos as concepções iniciais a partir das diferentes situações propostas, realizando um levantamento de conhecimentos prévios dos alunos. Conforme a Teoria da Aprendizagem Significativa e os Três Momentos Pedagógicos.

Nas situações apresentadas, percebemos que a *Tirinha de Física (História em Quadrinhos (HQ))*, de Caruso *et al.* (2021), que aborda o princípio da Inércia ou primeira lei de Newton foi um recurso didático que chamou bastante a atenção dos alunos, especialmente pelas imagens e informações nos balões das tirinhas, contribuindo para a exposição das concepções iniciais.

As imagens de aplicação de forças no “*carro e caminhão*”, referente a situação 2, e nas disputas do “*cabo de guerra*”, com as variações, oportunizaram várias reflexões e interpretações, vinculadas às concepções espontâneas e ideias com base na Física.

É interessante notar que, nas questões da situação 3, nenhum grupo acrescentou outras informações além de informar quem venceria o “*cabo de guerra*”, uma vez que as imagens apresentavam variações e diferentes aspectos poderiam influenciar no resultado final, de “ganhar” ou “perder”. No levantamento dos dados, que percebemos que deveríamos ter solicitado para justificar a resposta. Ou seja, o aluno deveria indicar o vencedor, e informar o porquê ganharia o “*cabo de guerra*”, com base nas análises das imagens.

Na categorização de respostas, considerando os acertos e erros, verificamos que 41,66% das respostas estavam de acordo com os conceitos físicos, e 58,34% não condizem com esses conceitos.

Quadro 4 - Questionário após a intervenção didática

2º MP - Organização do conhecimento			
Grupos	Categorias de respostas		
<i>1. O que é inércia?</i>			
Grupo 1	<i>Todo corpo em movimento tende a continuar em movimento</i>		
Grupo 2	<i>Todo corpo em movimento tende a continuar em movimento</i>		
Grupo 3	<i>Todo corpo em movimento tende a continuar em movimento</i>		
Grupo 4	<i>É uma propriedade da matéria</i>		
<i>2. A expressão “As forças de ação e reação têm intensidade iguais e atuam no mesmo corpo” está errada. Escreva-a de forma correta.</i>			
Grupo 1	<i>As forças de ação e reação tem intensidades iguais e atuam em corpos diferentes.</i>		
Grupo 2	<i>As forças de ação e reação tem intensidades iguais e atuam em corpos diferentes.</i>		
Grupo 3	<i>As forças de ação e reação tem intensidades iguais e atuam em corpos diferentes.</i>		
Grupo 4	<i>As forças de ação e reação tem intensidades iguais e atuam em corpos diferentes.</i>		
<i>3. As estatísticas indicam que o uso do cinto de segurança deve ser obrigatório para prevenir lesões mais graves em motoristas e passageiros no caso de acidentes. Qual a Lei Física que a função do cinto está relacionada? Justifique sua resposta baseando-se na referida lei.</i>			
Grupo 1	<i>Lei da inércia</i>		
Grupo 2	<i>Lei da inércia</i>		
Grupo 3	<i>Lei da inércia</i>		
Grupo 4	<i>Lei da inércia</i>		
<i>4. Um aluno do ensino médio, depois de estudar a 3ª Lei de Newton, colocou para o professor a seguinte questão: “Se a toda força corresponde uma outra igual e oposta, elas se anulam e todos os corpos deveriam permanecer em equilíbrio. Como isso não ocorre, Newton estava errado.” Você concorda com o aluno? Explique sua posição.</i>			
Grupo 1	<i>Não, pois ação e reação ocorrem em corpos diferentes</i>		
Grupo 2	<i>Não, pois ação e reação ocorrem em corpos diferentes</i>		
Grupo 3	<i>Não, pois ação - reação ocorrem em corpos diferentes</i>		
Grupo 4	<i>Não, pois ação e reação ocorrem em corpos diferentes</i>		
<i>5. Num cabo-de-guerra, um garoto e uma garota puxam a corda para a direita. A força que cada um faz é: 70N, 30N. Do outro lado, outros dois puxam a corda para a esquerda, com as forças: 80N, 45 N. Qual o valor, a direção e o sentido da força resultante?</i>			
Grupos	Categorias de respostas		
	<i>Intensidade</i>	<i>Direção</i>	<i>Sentido</i>
Grupo 1	<i>15N</i>	<i>-</i>	<i>Direita</i>
Grupo 2	<i>15N</i>	<i>-</i>	<i>Direita</i>
Grupo 3	<i>15N</i>	<i>-</i>	<i>Direita</i>
Grupo 4	<i>15N</i>	<i>0°</i>	<i>Direita</i>
Categorias finais e médias percentuais			
Respostas de acordo com os conceitos descritos			75,70%
Respostas não condizentes com os conceitos descritos ou sem repostas			24,30%

Fonte: Próprio autor

No quadro 4, verificamos as ideias expostas pelos alunos após a intervenção didática do professor, correspondente ao 2º momento pedagógico, a *Organização do conhecimento*, em que foram abordados os conceitos das três leis de Newton (*princípio da Inércia, princípio fundamental da Dinâmica e lei da Ação e Reação*), e situações do cotidiano atreladas a esses conceitos.

Observamos no Quadro 4, que a maioria das respostas está de acordo com os conceitos científicos. No entanto, percebemos algumas lacunas em relação aos conceitos, conforme percebido nas questões 1, 3 e 5. Na questão 1, foi solicitado o conceito de inércia, sendo destacado pelos grupos, que “*todo corpo em movimento tende a continuar em movimento*”. No entanto, nenhum grupo comentou sobre “o corpo permanecer em seu estado de repouso”. De acordo com Newton (2008, p. 53), o princípio da Inércia ou primeira lei de Newton, estabelece que: “*Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele*”.

Verificamos na questão 3, que todos os grupos responderam a “Lei Física” correta. Contudo, não apresentaram a justificativa. Já na questão 5, as características da força resultante foram apresentadas, com exceção da direção, que não responderam. Apenas um grupo indicou 0°, que não corresponde a resposta correta.

Na questão 2, percebemos um aspecto relevante quanto às forças de “ação e reação”, pois destacaram que atuavam em corpos diferentes. Esse aspecto é fundamental para a compreensão do fenômeno.

Obtivemos na categorização final, que 75,70% das respostas apresentam uma abordagem científica, e 24,30% correspondem as respostas com incompletudes.

Quadro 5 - Questionário final

3º Momento – Aplicação do conhecimento	
Grupos	Categorias de respostas
<i>1. Duas equipes, E_1 e E_2, puxam uma corda pelas extremidades opostas, conforme podemos ver na figura abaixo [...].</i>	
Grupo 1	<i>Letra “b”</i>
Grupo 2	<i>Letra “b”</i>
<i>2. Um pescador estaciona seu barco leve à margem de uma lagoa calma, em frente a uma árvore carregada de deliciosos frutos. Esse barco pode mover-se livremente sobre a água, uma vez que o atrito entre ambos pode ser considerado muito pequeno. Após algum tempo de inútil pescaria, o pescador sente vontade de comer alguns frutos, coloca cuidadosamente sua vara de pescar no chão do barco e dirige-se, andando sobre ele, em direção a árvore, conseguirá o pescador alcançar a árvore? Por quê? [...].</i>	
Grupo 1	<i>Não. Porque o barco se deslocará no sentido contrário.</i>
Grupo 2	<i>Não. Pois o barco se deslocará para a direita.</i>
<i>3. No caso de um corpo em queda livre, podemos afirmar que ele está sujeito à força de atração da Terra e à força de reação, de modo que a resultante fornece aceleração g? Justifique.</i>	
Grupo 1	<i>Não. Pois ele só estará sujeito à força de atração.</i>
Grupo 2	<i>Não. Pois ele só estará sujeito à força de atração. Força de atração e reação agem em corpos diferentes.</i>
Categorias finais e médias percentuais	
Respostas de acordo com os conceitos descritos	96,5%
Respostas não condizentes com os conceitos descritos ou sem respostas	3,5%

Fonte: Próprio autor

Na análise do Quadro 5, que contempla o 3º momento pedagógico, a *Aplicação do conhecimento*, destacamos que apenas nove alunos compareceram ao encontro, conforme informado na seção 4.2, correspondente a estruturação dos momentos pedagógicos. Com isso, foram formados apenas dois grupos, feitos pelos próprios alunos, com 5 componentes, no Grupo 1, e 4 componentes, no Grupo 2, na aplicação do questionário final.

Percebemos também que as justificativas foram apresentadas nas questões 2 e 3. O que não ocorreu, no questionário aplicado no 2º momento pedagógico.

Observamos que as respostas contemplaram os conceitos físicos, com base no estudo realizado sobre as leis de Newton. No entanto, na questão 2, verificamos que o Grupo 2 ao responder que o barco se moverá para a direita, não explicita o movimento contrário entre o

pescador e o barco. Nesse sentido, a resposta não garante que o Grupo 2 entendeu o conceito físico envolvido.

Na categorização final, o percentual foi 96,5% para as respostas condizentes com os conhecimentos científicos, e 3,5% retratam alguma incompletude na resposta.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no estudo realizado, na aplicação do produto educacional, percebemos que houve uma aprendizagem significativa. Além disso, propomos o protagonismo dos alunos. Contribuímos também para o debate e reflexões, em torno do que estava sendo estudado.

Em relação às Leis de Newton, segundo o relato de alguns alunos, as atividades propostas permitiram que desenvolvessem um outro olhar a respeito da natureza da Ciência, especialmente nas práticas realizadas. Dessa forma, possibilitamos ao aluno a liberdade necessária para crescerem conceitualmente, procedimentalmente e epistemologicamente.

As discussões foram muito proveitosas, pois pelas respostas dadas aos questionamentos e nas discussões durante as atividades vivenciadas, observamos que houve a aprendizagem, visto que os conhecimentos prévios dos alunos foram modificados. Além disso, no primeiro momento, as respostas, em relação aos questionamentos, careciam de uma base teórica, e isto foi diagnosticado também durante a intervenção didática.

Constatamos, também, o interesse por parte dos alunos, em torno do material estudado e a predisposição para aprender. Dessa forma, oportunizamos aos alunos a construção de novos conhecimentos, e desenvolvimento de habilidades, indicadas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Por meio dos Três Momentos Pedagógicos (3MP), pudemos contribuir para que os alunos entendessem melhor os conceitos envolvidos, propiciando, assim, a alfabetização científica.

Chegamos à conclusão, que a metodologia dos 3M pode ser uma excelente ferramenta para a construção do conhecimento, oportunizando à consolidação do saber científico.

O Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) vem mostrando vários trabalhos, em todas as áreas da Física, que podem ser implementados na sala de aula, com metodologias incríveis, e que fazem uma diferença enorme no processo de ensino e de aprendizagem, principalmente no desenvolvimento de competências e habilidades para alunos, do ensino fundamental e do ensino médio, propostas pela BNCC. Ambos visam o protagonismo do aluno e o trabalho de uma Física mais prática e experimental, voltadas para aplicações no cotidiano.

Esperamos que este produto educacional sirva de orientações para outros professores, que buscam estratégias para o ensino de Física e uma aprendizagem significativa.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Mariana. Leis da dinâmica de Newton. **Revista de Ciência Elementar**, Porto - Portugal, v. 1, n. 1, p. 1-2, out. a dez. 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base nacional comum curricular: ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, 2018.

CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Osvaldo. **As faces da física: volume único**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2002.

CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Osvaldo. **As faces da física: volume único**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2006.

CARUSO, Francisco; DAOU, Luisa; MARQUES, Adílio; SILVEIRA, Felipe. **Tirinhas de física: propostas para sala de aula**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2021.

CEDITEC. Secretaria da Educação do Governo do Paraná. **Softwares livres educacionais: Cmap Tools, versão 4.16, mapas conceituais**. Curitiba: SEED-PR, 2010.

DELIZOICOV, Demétrio. **Conhecimento, tensões e transições**. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo - USP, Faculdade de Educação, São Paulo, 1991.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André Peres. **Física**. São Paulo: Cortez, 1991.

FEYNMAN, Richard P.; LEIGHTON, Robert B.; SANDS, Matthew. **Lições de física de Feynman**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos da física**, v. 1: mecânica. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. Disponível em: Minha Biblioteca, Grupo GEN, 2016.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: E.P.U, 1999.

MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro Editora, 2006.

MOREIRA, Marco Antonio. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, Marco Antonio. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Porto Alegre: Instituto de Física - UFRGS, 2010.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista**, Porto Alegre, v. 1, n. 3, p. 25-46, 2011.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa: teoria e textos complementares.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, Marco Antonio. **Ensino e aprendizagem significativa.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

MUENCHEN, Cristiane; DELIZOICOV, Demétrio. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 3 p. 617-638, 2014.

NEVES, Ubaldo Martins. Verificação da segunda lei de Newton usando molas. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 3, n. 3, p. 25-33, 2019.

NEWTON, Issac. **Princípios matemáticos de filosofia natural**, v. 1. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de física básica, 1: mecânica.** 5. ed. São Paulo: Blucher, 2013. Disponível em: Minha Biblioteca, Grupo GEN, 2013.

OLIVEIRA FILHO, João Pessoa. **Sequência didática investigativa baseada nos três momentos pedagógicos de Delizoicov para a determinação experimental da velocidade do som no ar.** 2022. 70f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física), Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife, PE, 2022.

PEDUZZI, Sônia Silveira; PEDUZZI, Luiz O. Q. Leis de Newton: uma forma de ensiná-las. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 5, n. 3, p. 142-161, dez. 1988.

SEARS, Francis Weston; ZEMANSKY, Mark W. **Física.** v.1. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1978.

SERWAY, Raymond; JEWETT JR., John W. **Princípios de física.** São Paulo: Thomson Learning, 2007.

STUDART, Nelson. Inovando a ensinagem de física com metodologias ativas. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 3, n. 3, p. 1-24, 2019.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO: 1º MOMENTO PEDAGÓGICO

Escola: _____

Professor: _____

Grupo: _____

Diagnosticando os conhecimentos prévios (1º Momento – Problematização inicial)

1. Por que na situação 1, o skate parou na pedra e o menino continuou seu movimento?
2. Que conclusões podemos tirar, observando o que está acontecendo na situação 2?
3. Na situação 3.1, entre o menino e a menina, quem vence?
4. Na situação 3.2, entre o menino e a menina quem vence?
5. Na situação 3.3, entre o menino e a menina, quem vence?
6. Na situação 3.4, entre menino e a menina, quem vence?

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO: 2º MOMENTO PEDAGÓGICO

Escola: _____

Professor: _____

Grupo: _____

Questionário após intervenção didática (2º Momento – Organização do conhecimento)

1. O que é inércia?
2. A expressão, “as forças de ação e reação têm intensidade iguais e atuam no mesmo corpo”, está errada. Escreva-a de forma correta.
3. As estatísticas indicam que o uso do cinto de segurança deve ser obrigatório para prevenir lesões mais graves em motoristas e passageiros no caso de acidentes. À qual Lei Física, a função do cinto está relacionada? Justifique sua resposta, baseando-se na referida lei.¹
4. Um aluno do ensino médio, depois de estudar a 3ª lei de Newton, colocou para o professor a seguinte questão: *"Se a toda força corresponde uma outra igual e oposta, elas se anulam e todos os corpos deveriam permanecer em equilíbrio. Como isso não ocorre, Newton estava errado"*. Você concorda com o aluno? Explique sua posição.²
5. (Webfísica.com – adaptada) Num cabo-de-guerra, um garoto e uma a garota puxam a corda para a direita. A força que cada um faz é: 70 N, 30 N. Do outro lado, outros dois puxam a corda para a esquerda, com as forças: 80 N, 45 N. Qual o valor, a direção e o sentido da força resultante?³

Referências:

¹ Questão 3 - Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/544669873/Lista-de-Exercicios-3-Leis-Newton#>. Acesso em: 10 jun. 2022.

² Questão 4 - Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/544669873/Lista-de-Exercicios-3-Leis-Newton#>. Acesso em: 10 jun. 2022.

³ Questão 5 - Webfísica.com. Exercício resolvido. Disponível em: <https://webfísica.com/física/curso-de-física-básica/exercício/num-cabo-de-guerra-um-garoto-e-duas-garotas-puxam-a-corda-para-a-direita>. Acesso em: 10 jun. 2022.

APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO: 3º MOMENTO PEDAGÓGICO

Escola: _____

Professor: _____

Grupo: _____

Questionário final (3º Momento – Aplicação do conhecimento)

1. (UFRGS 2018 - adaptada) Duas equipes, E_1 e E_2 , puxam uma corda pelas extremidades opostas, conforme podemos ver na figura abaixo:¹



E_1

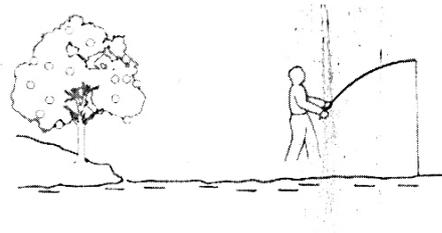
E_2

Considere que a corda é puxada pela equipe E_1 com uma força horizontal de módulo 680N e pela equipe E_2 com uma força horizontal de módulo 620N. Em dado instante, a corda arrebenta. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

A força resultante sobre a corda, no instante imediatamente anterior ao rompimento, tem módulo 60N e aponta para a _____. Os módulos das acelerações das equipes A e B, no instante imediatamente posterior ao rompimento da corda, são respectivamente, _____, supondo que cada equipe tem massa de 300 kg.

- a) esquerda - $2,26 \text{ m/s}^2$ e $2,26 \text{ m/s}^2$
- b) esquerda - $2,26 \text{ m/s}^2$ e $2,06 \text{ m/s}^2$
- c) esquerda - $2,06 \text{ m/s}^2$ e $2,26 \text{ m/s}^2$
- d) direita - $2,6 \text{ m/s}^2$ e $2,4 \text{ m/s}^2$
- e) direita - $2,4 \text{ m/s}^2$ e $2,6 \text{ m/s}^2$

2. (UNICAMP - adaptada) Um pescador estaciona seu barco leve à margem de uma lagoa calma, em frente a uma árvore carregada de deliciosos frutos. Esse barco pode mover-se livremente sobre a água, uma vez que o atrito entre ambos pode ser considerado muito pequeno. Após algum tempo de inútil pescaria, o pescador sente vontade de comer alguns frutos, coloca cuidadosamente sua vara de pescar no chão do barco e dirige-se, andando sobre ele, em direção a árvore, conseguirá o pescador alcançar a árvore? Por quê?²



3. No caso de um corpo em queda livre, podemos afirmar que ele está sujeito à força de atração da Terra e à força de reação, de modo que a resultante fornece aceleração g ? Justifique.³

Referências:

¹ Questão 1: UFRGS – Vestibular 2018. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/coperse/wp-content/uploads/2022/04/1o-DIA-FIS-LIT-ING.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

² Questão 2: UNICAMP/Pré-UFSC Joinville. Disponível em: <https://preufsc.paginas.ufsc.br/files/2019/11/fisica-aula-6.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

³ Questão 3: BRASIL ESCOLA. Disponível em: <https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-pares-forca-acao-reacao.htm#questao-4>. Acesso em: 10 jun. 2022.

APÊNDICE D – PRODUTO EDUCACIONAL



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 58

José Geraldo da Costa Filho

**PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A APRENDIZAGEM DAS LEIS DE
NEWTON BASEADA NOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS**

Recife

2023

**PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A APRENDIZAGEM DAS LEIS DE
NEWTON BASEADA NOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS**

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A APRENDIZAGEM DAS LEIS DE NEWTON BASEADA NOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física, polo 58 – UFRPE, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva

Miranda

Coorientadora: Profa. Dra. Ana Paula Teixeira

Bruno Silva

Recife

2023

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e à Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela oferta, em conjunto, do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, possibilitando a capacitação em nível de mestrado, em pleno exercício da profissão de professores atuantes no ensino da Física na educação básica. Em especial, ao meu orientador, Antonio Carlos da Silva Miranda e a minha coorientadora, Ana Paula Teixeira Bruno Silva, por toda disponibilidade e ajuda do início ao fim deste projeto.

Aos alunos que participaram deste trabalho, em especial, aos que responderam aos questionários.

Aos meus colegas de turma do Mestrado, Aduino, Manoel, João, Marcos Felipe, Vinícius, Guilherme, Magdiel e Felipe Batista pelas conversas ao longo do curso e por terem me ajudado a superar muitos obstáculos.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

APRESENTAÇÃO

Este produto educacional consiste de uma proposta metodológica baseada nos Três Momentos Pedagógicos (3MP) de Delizoicov, estruturada em termos da Problematização inicial; Organização do conhecimento e Aplicação do conhecimento.

Utilizamos como referencial teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, que indica a relevância de uma correlação cognitiva entre conhecimentos novos e conhecimentos prévios, e a vontade de aprender pelo aprendiz.

A finalidade da proposta é contribuir para o ensino de Física, utilizando a análise e discussão de situações do cotidiano para a compreensão de conceitos, leis e relações da Física com o mundo cada vez mais moderno. Além disso, visa ser um material auxiliar para o processo de ensino e aprendizagem das leis de Newton, com vistas a auxiliar o professor na construção de uma aprendizagem significativa, fazendo com que o aluno deixe o estado de passividade, e torne-se agente construtor de seu conhecimento.

SUMÁRIO

1 PERSPECTIVAS TEÓRICAS SOBRE APRENDIZAGEM.....	06
1.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: ALGUNS CONCEITOS.....	06
1.2 OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS.....	10
2 PROPOSTA METODOLÓGICA.....	13
2.1 ESTRUTURAÇÃO DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS.....	13
2.1.1 Primeiro momento pedagógico: Problematização inicial.....	14
2.1.2 Segundo momento pedagógico: Organização do conhecimento.....	18
2.1.3 Terceiro Momento pedagógico: Aplicação do conhecimento.....	18
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	21
REFERÊNCIAS.....	22
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO: 1º MOMENTO PEDAGÓGICO.....	23
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO: 2º MOMENTO PEDAGÓGICO.....	24
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO: 3º MOMENTO PEDAGÓGICO.....	25

1 PERSPECTIVAS TEÓRICAS SOBRE APRENDIZAGEM

Nesta proposta metodológica para a aprendizagem das leis de Newton, adotamos como referencial teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa e os Três Momentos Pedagógicos (3MP), que nortearam o desenvolvimento do estudo.

Nas seções seguintes, abordaremos os aspectos básicos da teoria e a dinâmica dos 3MP.

1.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: ALGUNS CONCEITOS

A Teoria da Aprendizagem Significativa foi proposta por David Ausubel (1918-2008), em 1963, intitulada *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. Essa é uma teoria cognitivista, que está relacionada com os processos de assimilação, transformação, organização e armazenamento da informação, envolvidos na estrutura cognitiva do indivíduo.

Na Teoria da Aprendizagem Significativa uma nova informação é assimilada de forma não arbitrária e não literal pelo subsunçor, que é o conhecimento específico relevante que o sujeito que aprende possui na sua estrutura cognitiva. Isso ocorre, devido a ênfase que “Ausubel dava aos conceitos estruturantes de cada disciplina que deveriam ser identificados e ensinados aos alunos e que, uma vez aprendidos significamente”, serviriam de ancoragem para novas aprendizagens significativas (MOREIRA, 2010, p. 9).

Conforme afirma Ausubel:

A essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante (isto é, um subsunçor) que pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição já significativa (AUSUBEL, 1978 apud MOREIRA, 2006, p. 19).

Nessa perspectiva, a ideia central da aprendizagem significativa é a interação cognitiva entre conhecimentos novos e prévios, de modo que o novo conhecimento deve se relacionar com aquilo que o aprendiz já sabe, contribuindo para a construção de novos significados.

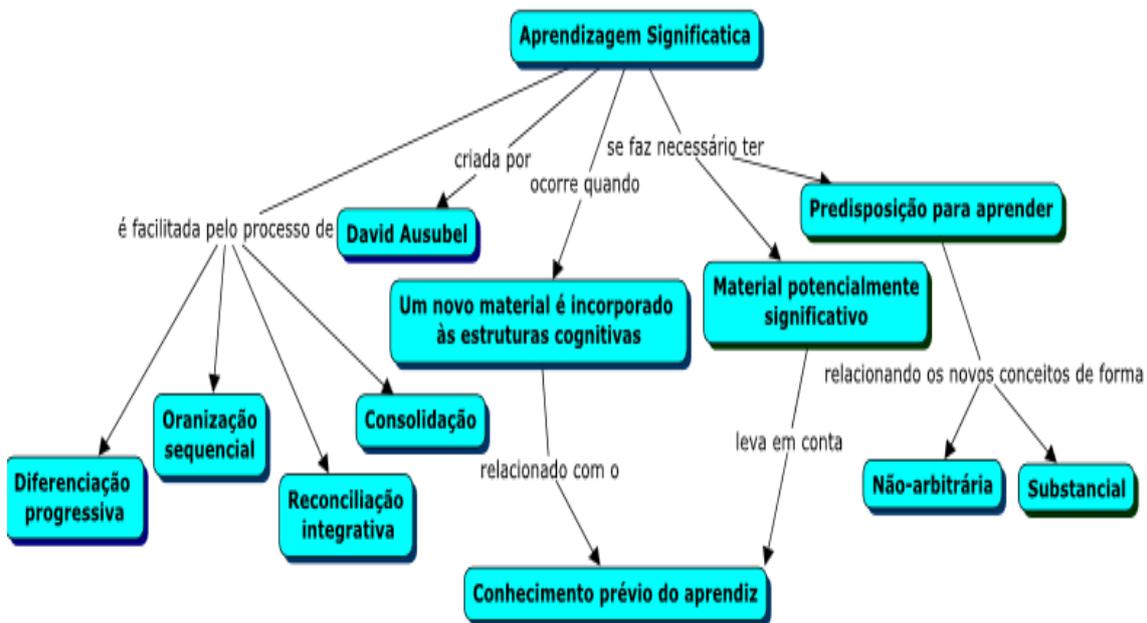
Moreira (2011, p. 13) destaca que a aprendizagem significativa:

é aquela que em que as ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé da letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com

qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

Considerando essas ideias, e a relevância da teoria de Ausubel para o desenvolvimento do produto educacional, elaboramos um mapa conceitual da aprendizagem significativa, no software *Cmap Tools* (CEDITEC, 2010), representado na Figura 1:

Figura 1 – Mapa conceitual da aprendizagem significativa



Fonte: Próprio autor (2022)

Para a construção do mapa conceitual, partimos da premissa que a Teoria da Aprendizagem Significativa diferencia dois tipos de aprendizagem, a que Ausubel chamou de *mecânica*, e a que ele definiu como *significativa*.

A aprendizagem mecânica é um processo, em que a nova informação tem pouca ou nenhuma interação com conceitos existentes na estrutura cognitiva do estudante, sendo armazenada de maneira arbitrária sem ligar-se aos subsunçores. Não há interação entre a nova informação e aquela já armazenada (MOREIRA, 2006, 2017).

A aprendizagem significativa é um processo, em que uma nova informação interage com conhecimentos já preexistentes na estrutura cognitiva do aluno, chamados subsunçores (MOREIRA, 2006).

Sobre o conceito de subsunçor, Moreira (2011) afirma que:

O subsunçor é, portanto, um conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva do sujeito que aprende e que permite, por interação, dar significado a outros

conhecimentos. Não é conveniente “coisificá-lo, “materializá-lo” como um conceito, por exemplo. O subsunçor pode ser também uma concepção, um construto, uma proposição, uma representação, um modelo, enfim, um conhecimento prévio especificamente relevante para a aprendizagem significativa de determinados novos conhecimentos (MOREIRA, 2011, p.18).

Ausubel defendeu a aprendizagem com base no conhecimento prévio com veemência, chegando a descrevê-la como um princípio, como se observa:

Se eu tivesse de reduzir toda a psicologia educacional a tão somente um princípio, diria isto: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe; verifique isso e ensine-o de acordo (AUSUBEL, 1978 apud MOREIRA, 2006, 13).

As condições para que ocorra a aprendizagem significativa, segundo Moreira (2011), é que o material de aprendizagem seja potencialmente significativo, e que o aprendiz apresente uma predisposição para aprender.

Ainda de acordo com Moreira (2011, p. 25), “é importante enfatizar aqui que o material só pode ser *potencialmente significativo*; não *significativo*: não existe livro significativo, nem aula significativa, nem problema significativo, pois o significado está nas pessoas, não nos materiais”. Para ele, “é o aluno que atribui significados aos materiais de aprendizagem e os significados atribuídos podem não ser aqueles aceitos no contexto da matéria de ensino”.

Nessa direção, Moreira (2011) ressalta que no ensino, o que se pretende é que o aluno construa novos significados, veiculados por materiais de aprendizagem, com base nos conhecimentos científicos da matéria de ensino. Mas, salienta que isso irá depender de um intercâmbio ou negociação, de significados, que poderá ser muito demorada.

E ainda, declara que:

Predisposição para aprender e aprendizagem significa guardam entre si uma relação praticamente circular: a aprendizagem significativa requer predisposição para aprender e, ao mesmo tempo, gera esse tipo de experiência afetiva [...]. (MOREIRA, 2011, p. 36).

Por conseguinte, para que ocorra aprendizagem significativa é necessário que o material a ser aprendido seja potencialmente significativo e que o aluno possua predisposição para aprender, segundo Moreira (1999), uma das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa, é:

[...] que o material a ser aprendido seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal. Um material com essas características é dito potencialmente significativo. Esta condição implica não só que o material seja suficientemente não arbitrário em si, de modo que possa ser aprendido,

mas também que o aprendiz tenha disponível em sua estrutura cognitiva os subsunçores adequados. A outra condição é que o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar de maneira substantiva e não arbitrária o novo material, potencialmente significativo, a sua estrutura cognitiva (MOREIRA, 1999, p. 156).

Sob esta perspectiva, no que diz respeito às condições apontadas, por Moreira (2011, p. 25), um aspecto relevante da teoria da aprendizagem significativa são os materiais utilizados durante processo de ensino e aprendizagem, de modo que venham a contribuir na construção de significados, por meio de um processo de interação e ancoragem da nova informação.

Em contrapartida, como se pode perceber, é importante ressaltar que Ausubel não ignora a aprendizagem mecânica, ele a considera necessária quando o indivíduo está aprendendo algo novo, conforme Moreira e Masini (2006) afirmam:

Uma resposta plausível é que a aprendizagem mecânica é sempre necessária quando um indivíduo adquire informações em uma área de conhecimento completamente nova para ele. Isto é, a aprendizagem mecânica ocorre até que alguns elementos de conhecimento, relevantes a novas informações na mesma área, existam na estrutura cognitiva e possam servir de subsunções, ainda que poucos elaborados. (MOREIRA; MASINI, 2006, p.19).

Ausubel criou, assim, o conceito de organizadores prévios em sua teoria da aprendizagem significativa. Para ele, tais organizadores prévios servem de âncoras para nova informação de modo que possam funcionar como suporte para desenvolver novos subsunçores que servirão para a retenção de conhecimentos futuros.

Segundo Moreira (1999, p. 155):

Os organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si.

Esses organizadores podem servir de ideias-âncora relevantes para a aprendizagem do novo material quando estabelecem relações entre ideias proposições e conceitos já existentes na estrutura cognitiva e aqueles contidos no material de aprendizagem, isto é, relaciona aquele conhecimento que o aluno tem, com o novo, sem que ele perceba essa relação.

Com base nas ideias apresentadas, propomos na metodologia atividades para os estudantes que contribuíssem como organizadores prévios e promovessem a mudança conceitual e facilitassem a aprendizagem significativa.

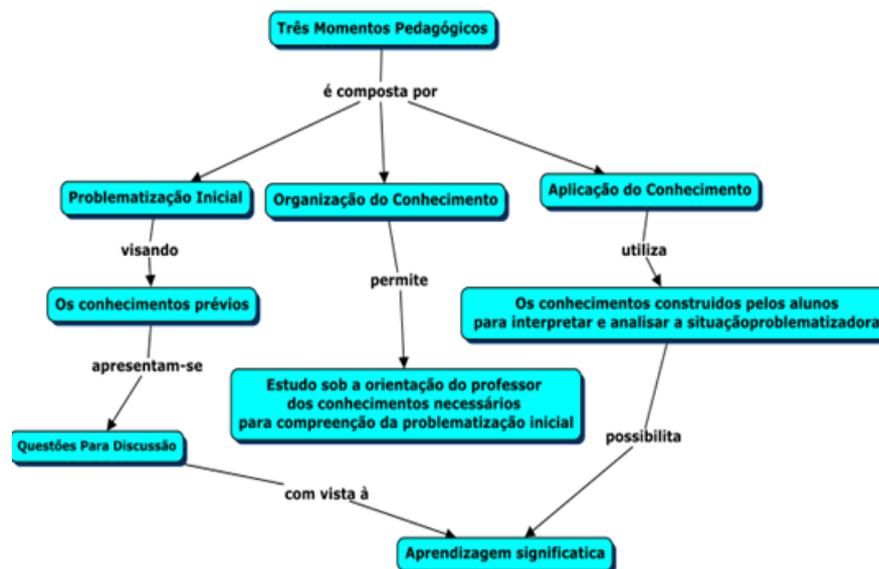
1.2 OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Os Três Momentos Pedagógicos (3MP) buscam ser um meio facilitador para o crescimento do conhecimento do aluno. Nessa perspectiva, Delizoicov e Angotti (1991) caracterizam a abordagem dos 3MP em três etapas: *Problematização inicial*, *Organização do conhecimento* e *Aplicação do conhecimento*. Essa dinâmica dos três momentos tem como referência os trabalhos de Paulo Freire, com enfoque na educação problematizadora de temas geradores, articulados a situações reais do indivíduo, contribuindo para a sua transformação social, cultural e científica.

Studart (2019, p. 2) lembra que Paulo Freire “ênfatizava que não existe ensino se não houver aprendizagem e sempre entendeu o processo de ensino e aprendizagem como um processo dialógico em que o professor aprende com o aluno e vice-versa, numa troca constante”.

No estudo realizado para a articulação da Teoria da Aprendizagem Significativa e os Três Momentos Pedagógicos, construímos também um mapa conceitual da dinâmica dos 3MP, no software *Cmap Tools*, apresentado na Figura 2, a seguir:

Figura 2 - Mapa conceitual dos três momentos pedagógicos



Fonte: Próprio autor

O mapa conceitual, acima, mostra a estrutura da metodologia dos 3MP, com as conexões com a aprendizagem significativa.

1º momento: Problematização inicial

A problematização inicial visa a ligação dos conteúdos às situações do cotidiano do aluno. Segundo Delizoicov e Angotti (1991, p. 29):

A problematização inicial visa à ligação desse conteúdo com situações reais que os alunos conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar completa ou corretamente porque, provavelmente não dispõem de conhecimentos científicos suficientes.

Nessa perspectiva, Oliveira Filho (2022) enfatiza que:

A partir da problematização inicial proposta por Delizoicov, podemos identificar em nossos alunos os conhecimentos prévios necessários à ancoragem dos novos conteúdos, e a forma como estão postos na análise existencial das suas relações com o mundo, postas como obstáculos a serem superados (OLIVEIRA FILHO, 2022, p. 32).

Corroborando com essas ideias, verificamos na prática diária de sala de aula, que as concepções iniciais presentes em nossos alunos poderão estar ou não de acordo com os conhecimentos científicos. Assim, as discussões problematizadoras podem contribuir com o professor para a percepção de concepções alternativas dos alunos. Como também contribuir para que o professor, no segundo momento, busque estratégias didáticas para superar os obstáculos.

2º momento: Organização do conhecimento

Partindo dos conhecimentos levantados, na problematização inicial, o professor os relaciona com o tema a ser ensinado, sistematizando-os de modo que contribua para a compreensão dos conceitos pelos alunos. Esse segundo momento, de acordo com Delizoicov e Angotti (1991), os alunos devem ser orientados pelo professor.

Os autores ainda acrescentam para o desenvolvimento desse 2º momento, sugestões de diversas atividades, como: exposição, pelo professor; formulação de questões; textos; trabalho extraclasse; revisão e atividades experimentais.

3º momento: Aplicação do conhecimento

Esse momento é voltado para a sistematização do conhecimento que vem sendo construído pelo aluno durante a dinâmica dos três momentos. Nesse sentido, Delizoicov e Angotti (1991, p. 31) declaram que a aplicação do conhecimento:

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento.

Nessa direção, os autores ressaltam que, pretende-se, de forma dinâmica e evolutiva, que “o aluno perceba que o conhecimento, além de ser uma construção historicamente determinada desde que apreendido, é acessível a qualquer cidadão, que dele pode fazer uso.” (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1991, p. 31).

Como sugestão metodológica desse 3º momento, Delizoicov e Angotti (1991) indicam que o procedimento deve ser o mesmo do 2º momento, com atividades que possam articular situações iniciais com outras, que não tenham relação com as iniciais, numa perspectiva científica. Com isso, deve-se evitar a excessiva dicotomia entre “processo e produto, física de ‘quadro-negro’, física da ‘vida’, ‘cientista e não cientista’.”

Nessa linha de ideias, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002 apud STUART, 2019, p. 19) declaram que a abordagem dos 3MP é fundamentada em temas relacionados aos conteúdos de ensino das disciplinas. Os autores ainda acrescentam que, “a conceituação científica da programação é subordinada ao tema com contraposição ao paradigma curricular tradicional que se estrutura pelos conceitos científicos, com base nos quais se selecionam os conteúdos de ensino.”

Tendo em vista essa abordagem, é de fundamental relevância que o conhecimento da Ciência deva ser explorado ao longo dos três momentos, de modo que possa ser compreendido pelo aluno, e que possa utilizá-lo em situações de sua vida. Este percurso como parte de um processo de construção, visa promover a alfabetização científica.

2 PROPOSTA METODOLÓGICA

A proposta metodológica foi estruturada nos Três Momentos Pedagógicos (3MP). Para isso, elaboramos atividades para cada momento, buscando promover a dinâmica dos 3MP, com a *Problematização inicial*, a *Organização do conhecimento* e a *Aplicação do conhecimento*.

2.1 ESTRUTURAÇÃO DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

A metodologia dos 3MP iniciou com o convite à turma para a participação no trabalho. A dinâmica dos 3MP foi vivenciada em quatro dias distintos, conforme apresentado no Quadro 1, sendo um dia para a *Problematização inicial*, um outro dia para a *Organização do Conhecimento*, e dois outros para a *Aplicação do Conhecimento*.

Quadro 1 - Organização das atividades propostas nos 3MP

Data	Tempo Pedagógico	Momentos Pedagógicos	Atividades
	2 aulas	<p><i>1º Momento - Problematização inicial</i></p> <p>Problematização inicial e análise das informações: Criar/propor situações que levem o aluno a externalizar seu conhecimento prévio. Análise desses conhecimentos prévios (base para o planejamento).</p>	<p>- Apresentação das situações-problema em nível introdutório: Observações de: <i>Tirinha de Física (Histórias em Quadrinhos (HQ))</i>; imagens com a aplicação de forças em corpos de “mesma massa” e de “massas diferentes”, disputas de “<i>Cabo de guerra</i>”; Aplicação de questionário para levantamento dos conhecimentos prévios.</p>
	2 aulas	<p><i>2º Momento – Organização do conhecimento</i></p> <p>Intervenção didática pelo professor: As três leis de Newton</p>	<p>- A partir do levantamento do material, explicar a relação das situações cotidianas com as leis de Newton, de forma que aconteça uma diferenciação progressiva.</p>

			- Uma vez trabalhadas as situações iniciais, aprofundar o conhecimento.
	2 aulas	<i>3º Momento – Aplicação do conhecimento</i> Vivências de atividades práticas	- No pátio da escola: Diversão esportiva, “batida de pênalti”. - No auditório da escola: Brincando com “cabo de guerra”; Brincando com “skate”. - Discussões e análises das situações vivenciadas.
	2 aulas	<i>3º Momento – Aplicação do conhecimento</i> Aplicação de questionário e debate.	- Aplicação de questionário final e discussões de situações.

Fonte: Próprio autor

As atividades propostas, no Quadro 1, apresentam o caminho metodológico da proposta.

2.1.1 Primeiro momento pedagógico: Problematização inicial

Na problematização inicial, foram apresentadas situações do dia a dia para os alunos, através de imagens projetadas na lousa, no auditório da escola, indicadas nas Figuras 3, 4, 5, 6, 7 e 8, referente às aplicações das Leis de Newton. Em seguida, ocorreu a aplicação de um questionário.

As atividades propostas tiveram o objetivo de identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre as Leis de Newton aplicadas às situações do cotidiano. Buscamos nesse momento, o diálogo entre a Teoria da Aprendizagem Significativa e a dinâmica dos 3MP, no levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos.

A Figura 3, representando a situação 1, apresenta uma *Tirinha de Física* (*História em Quadrinhos (HQ)*), que visa discutir a *lei da Inércia* ou *primeira lei de Newton*.

Figura 3 - Ilustração da lei da Inércia ou primeira lei de Newton

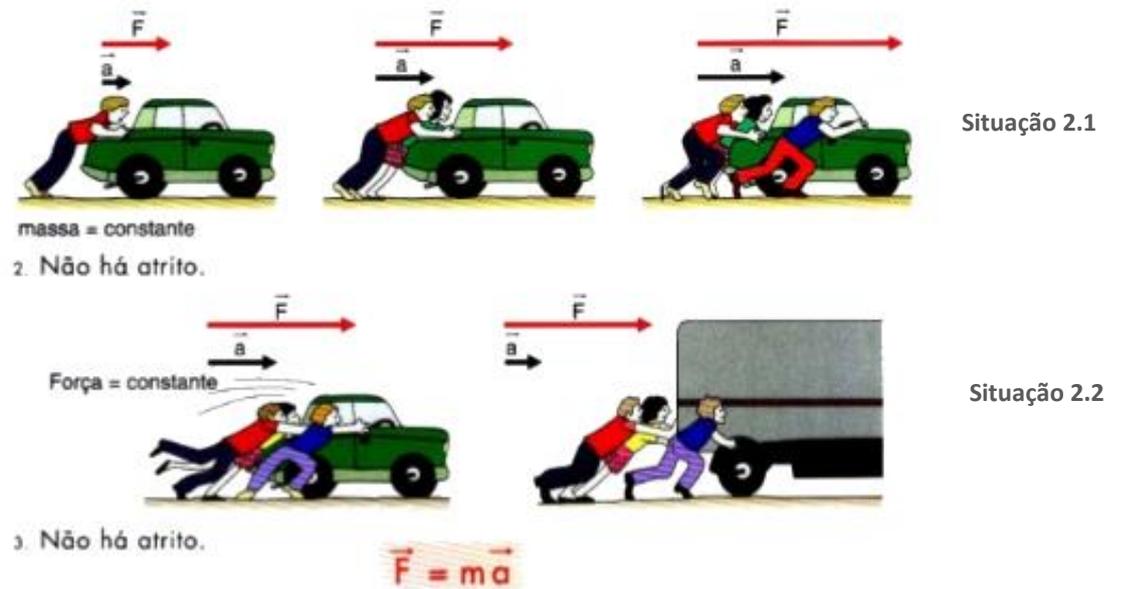


Tirinha: “Ilustração da lei da inércia, na sua versão que diz que um corpo em movimento tende a permanecer em movimento. L. Daou & F. Caruso, *Tirinhas de Física*, vol. 2, agosto de 2000” (CARUSO *et al.*, 2021, p. 32).

Fonte: <http://www.recursodefisica.com.br/tirinhas-de-fisica.html>. Acesso em: 10 jun. 2022

É mostrada na Figura 4, a situação 2, com indicações 2.1 e 2.2, referente à aplicação de diferentes forças sobre a “mesma massa” ou “massa diferente”, numa superfície sem atrito entre “carro e solo” e “caminhão e solo”, devido às rodas, com o intuito de levantar discussões com os alunos sobre o *princípio fundamental da Dinâmica* ou *segunda lei de Newton*.

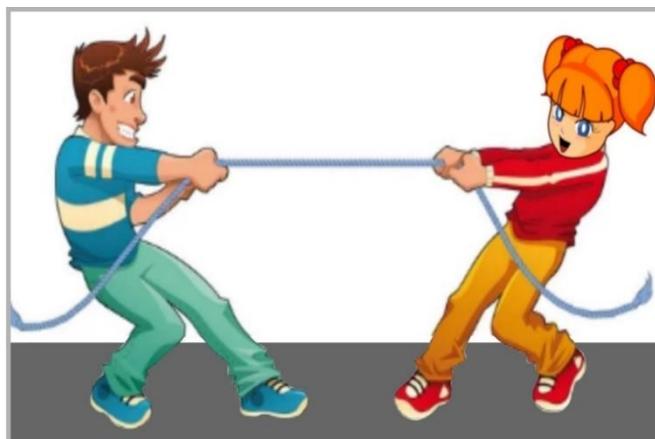
Figura 4 - Ilustração do princípio fundamental da Dinâmica ou segunda lei de Newton



Fonte: https://grupoevolucao.com.br/livro/CFB_revisao/as_leis_de_newton.html Acesso em: 16 jun. 2022

As Figuras 5, 6, 7 e 8, representam a situação 3, o *cabo de guerra* entre duas pessoas, um menino e uma menina, com diferentes variações, com as seguintes indicações: 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4. As imagens foram apresentadas para reflexões e discussões sobre a lei da Ação e Reação ou terceira lei de Newton, especificadas a seguir:

Figura 5 - Situação 3.1 (Cabo de guerra 1)



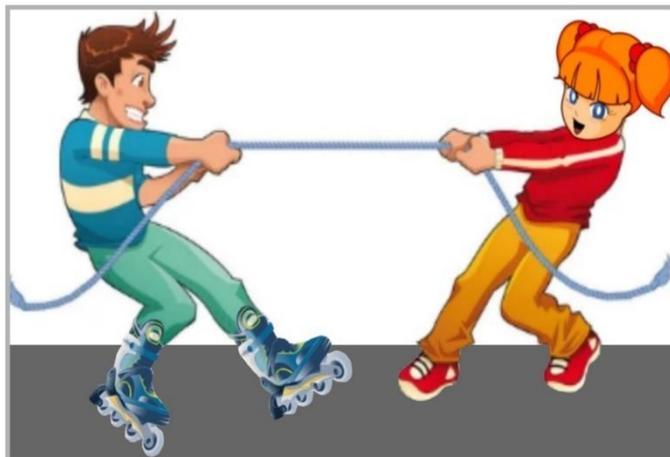
Fonte: Idealizado pelo autor/Design: Jafles Gileno

Figura 6 – Situação 3.2 (Cabo de guerra 2)



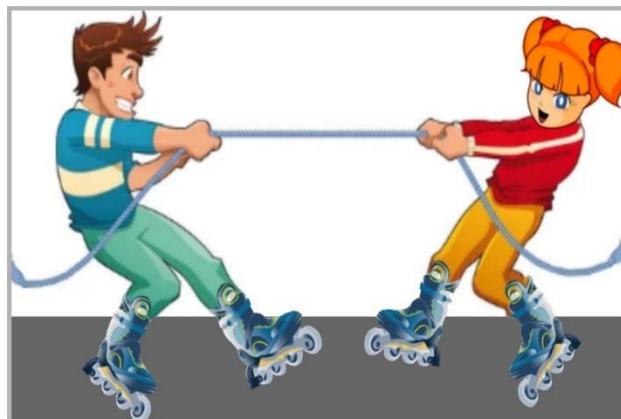
Fonte: Idealizado pelo autor/Design: Jafles Gileno

Figura 7 – Situação 3.3 (Cabo de guerra 3)



Fonte: Idealizado pelo autor/Design: Jafles Gileno

Figura 8 - Situação 3.4 (Cabo de guerra 4)



Fonte: Idealizado pelo autor/Design: Jafles Gileno

Após a apresentação das situações supracitadas aos alunos, realizamos a aplicação do primeiro questionário, intitulado *Diagnosticando os conhecimentos prévios* (apêndice A). As imagens foram novamente projetadas na lousa, para que os alunos visualizassem e respondessem ao referido questionário.

Para a aplicação dos questionários que foram elaborados para os Três Momentos Pedagógicos, solicitamos aos alunos que formassem grupo de quatro membros, de modo que fossem respondidos de forma colaborativa entre eles.

2.1.2 Segundo momento pedagógico: Organização do conhecimento

No segundo momento, ocorreu a intervenção didática pelo professor, com a abordagem das três leis de Newton e a aplicação de um segundo questionário.

A partir do levantamento do questionário aplicado no primeiro momento pedagógico, *Problematização inicial*, e arguição oral das situações, explicamos as três leis de Newton e suas relações com as situações, de modo que acontecesse uma diferenciação progressiva.

A diferenciação progressiva, segundo Moreira (2011, p. 20) é:

O processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor (um conceito ou uma proposição, por exemplo) resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos. [...] Através de sucessivas interações, um dado subsunçor vai, de forma progressiva, adquirindo novos significados, vai ficando mais rico, mais refinado, mais diferenciado, e mais capaz de servir de ancoradouro para novas aprendizagens significativas.

Uma vez trabalhadas as situações iniciais, aprofundamos o conhecimento, levando em conta a diferenciação progressiva, começando com aspectos mais gerais. Em seguida, após a intervenção didática, aplicamos o segundo questionário, intitulado *Questionário após Intervenção Didática* (apêndice B).

2.1.3 Terceiro momento pedagógico: Aplicação do conhecimento

Dando continuidade à aplicação do nosso produto, nesse terceiro momento pedagógico, realizado em dois dias, conforme destacado anteriormente. No primeiro dia, desenvolvemos atividades práticas, reflexões e discussões sobre as situações vivenciadas, e de outras situações. Por exemplo, a “*batida de pênalti*”, realizada no pátio da escola, com a participação de alguns alunos, e os outros observando.

Outro exemplo prático ocorreu no auditório da escola, com a atividade do “*cabo de guerra*”, em diferentes variações. Dentre elas: a) a disputa entre dois alunos, de tamanhos e massas diferentes, cada um em uma das extremidades da corda, ilustrado na foto, da Figura 9; b) a disputa entre dois alunos, de tamanhos e massas diferentes, um com *skate*, e o outro sem o *skate*, apresentada na foto, da Figura 10 e c) a disputa entre grupos de alunos nas extremidades da corda.

Figura 9 - Cabo de guerra (a)



Fonte: Registro do autor

Figura 10 - Cabo de guerra/diminuindo o atrito (b)



Fonte: Registro do autor

Um outro exemplo, foi a atividade de andar de *skate*, realizada por um dos alunos, no auditório, e os outros observando, indicada na foto, da Figura 11.

Figura 11 - Brincando com *skate*



Fonte: Registro do autor

No decorrer das atividades, após a vivência das atividades práticas, momento bastante enriquecedor, prosseguiram as discussões e intervenção didática do professor.

No segundo dia do terceiro momento pedagógico, *Aplicação do conhecimento*, foi aplicado um questionário, intitulado *Questionário final*, com um aprofundamento de situações, em relação aos outros questionários aplicados nos 1º e 2º momentos, para serem analisadas pelos alunos. Esse questionário foi elaborado com três questões, sendo uma semiaberta e duas abertas (apêndice C).

O terceiro momento pedagógico foi concluído com as discussões das respostas dos questionários. Desse modo, foi possível abordar de forma sistemática os conceitos envolvidos nas situações iniciais, bem como das situações práticas vivenciadas e de outras discutidas durante o estudo.

Nos três momentos pedagógicos vivenciados, os conceitos científicos estudados foram articulados as concepções iniciais, de modo que as ideias iniciais, o subsunçor, permitisse dar significado aos novos conhecimentos, oportunizando uma aprendizagem significativa.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no estudo realizado, na aplicação deste produto educacional, percebemos que houve uma aprendizagem significativa. Além disso, propomos o protagonismo dos alunos. Contribuímos também para o debate e reflexões, em torno do que estava sendo estudado.

Em relação às Leis de Newton, as atividades propostas permitiram que os alunos desenvolvessem um outro olhar a respeito da natureza da Ciência, especialmente nas práticas realizadas.

As discussões foram muito proveitosas, pois pelas respostas dadas aos questionamentos, observamos que houve a aprendizagem, visto que os conhecimentos prévios dos alunos foram modificados. Além disso, no primeiro momento, as respostas, em relação aos questionamentos, careciam de uma base teórica, e isto foi diagnosticado depois da intervenção didática.

Constatamos, também, o interesse por parte dos alunos, em torno do material estudado e a predisposição para aprender. Dessa forma, oportunizamos aos alunos a construção de novos conhecimentos e desenvolvimento de competências e habilidades, indicadas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Por meio dos Três Momentos Pedagógicos (3MP), pudemos contribuir para que os alunos entendessem melhor os conceitos envolvidos, propiciando, assim, a alfabetização científica.

Chegamos à conclusão, que a metodologia dos 3M pode ser uma excelente ferramenta para a construção do conhecimento, oportunizando à consolidação do saber científico.

Esperamos que este produto educacional sirva de orientação para professores, que buscam estratégias para o ensino de Física e a aprendizagem significativa.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base nacional comum curricular: ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, 2018.
- CARUSO, Francisco; DAOU, Luisa; MARQUES, Adílio; SILVEIRA, Felipe. **Tirinhas de física: propostas para sala de aula**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2021.
- CEDITEC. Secretaria da Educação do Governo do Paraná. **Softwares livres educacionais: Cmap Tools, versão 4.16, mapas conceituais**. Curitiba: SEED-PR, 2010.
- DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André. **Física**. São Paulo: Cortez, 1991.
- MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: E.P.U, 1999.
- MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro Editora, 2006.
- MOREIRA, Marco Antonio. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.
- MOREIRA, Marco Antonio. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Porto Alegre: Instituto de Física - UFRGS, 2010.
- MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista**, Porto Alegre, v. 1, n. 3, p. 25-46, 2011.
- MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa: teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.
- MOREIRA, Marco Antonio. **Ensino e aprendizagem significativa**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.
- OLIVEIRA FILHO, João Pessoa. **Sequência didática investigativa baseada nos três momentos pedagógicos de Delizoicov para a determinação experimental da velocidade do som no ar**. 2022. 70f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física), Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife, PE, 2022.
- STUDART, Nelson. Inovando a ensinagem de física com metodologias ativas. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 3, n. 3, p. 1-24, 2019.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO: 1º MOMENTO PEDAGÓGICO

Escola: _____

Professor: _____

Grupo: _____

Diagnosticando os conhecimentos prévios (1º Momento – Problematização inicial)

1. Por que na situação 1, o skate parou na pedra e o menino continuou seu movimento?
2. Que conclusões podemos tirar, observando o que está acontecendo na situação 2?
3. Na situação 3.1, entre o menino e a menina, quem vence?
4. Na situação 3.2, entre o menino e a menina quem vence?
5. Na situação 3.3, entre o menino e a menina, quem vence?
6. Na situação 3.4, entre menino e a menina, quem vence?

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO: 2º MOMENTO PEDAGÓGICO

Escola: _____

Professor: _____

Grupo: _____

Questionário após intervenção didática (2º Momento – Organização do conhecimento)

1. O que é inércia?
2. A expressão, “as forças de ação e reação têm intensidade iguais e atuam no mesmo corpo”, está errada. Escreva-a de forma correta.
3. As estatísticas indicam que o uso do cinto de segurança deve ser obrigatório para prevenir lesões mais graves em motoristas e passageiros no caso de acidentes. À qual Lei Física, a função do cinto está relacionada? Justifique sua resposta, baseando-se na referida lei.¹
4. Um aluno do ensino médio, depois de estudar a 3ª lei de Newton, colocou para o professor a seguinte questão: *"Se a toda força corresponde uma outra igual e oposta, elas se anulam e todos os corpos deveriam permanecer em equilíbrio. Como isso não ocorre, Newton estava errado"*. Você concorda com o aluno? Explique sua posição.²
5. (Webfisica.com – adaptada) Num cabo-de-guerra, um garoto e uma a garota puxam a corda para a direita. A força que cada um faz é: 70 N, 30 N. Do outro lado, outros dois puxam a corda para a esquerda, com as forças: 80 N, 45 N. Qual o valor, a direção e o sentido da força resultante?³

Referências:

¹ Questão 3 - Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/544669873/Lista-de-Exercicios-3-Leis-Newton#>. Acesso em: 10 jun. 2022.

² Questão 4 - Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/544669873/Lista-de-Exercicios-3-Leis-Newton#>. Acesso em: 10 jun. 2022.

³ Questão 5 - Webfisica.com. Exercício resolvido. Disponível em: <https://webfisica.com/fisica/curso-de-fisica-basica/exercicio/num-cabo-de-guerra-um-garoto-e-duas-garotas-puxam-a-corda-para-a-direita>. Acesso em: 10 jun. 2022.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C838p

Costa Filho, José Geraldo da Costa Filho

UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A APRENDIZAGEM DAS LEIS DE NEWTON BASEADA NOS
TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS // José Geraldo da Costa Filho Costa Filho. - 2023.
92 f.

Orientador: Antonio Carlos da Silva Miranda.
Coorientadora: Ana Paula Teixeira Bruno Silva.
Inclui referências e apêndice(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado Profissional em Ensino
de Física (PROFIS), Recife, 2023.

1. Ensino de Física. 2. Abordagem 3MP. 3. Leis de Newton. I. Miranda, Antonio Carlos da Silva, orient. II. Silva,
Ana Paula Teixeira Bruno, coorient. III. Título

CDD 530

APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO: 3º MOMENTO PEDAGÓGICO

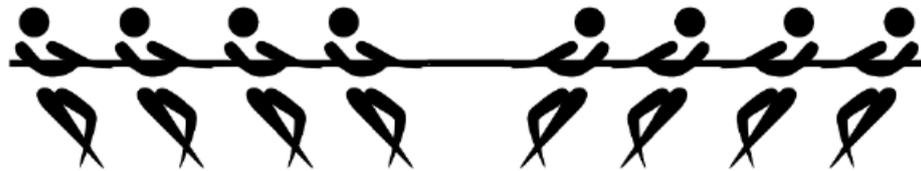
Escola: _____

Professor: _____

Grupo: _____

Questionário final (3º Momento – Aplicação do conhecimento)

1. (UFRGS 2018 - adaptada) Duas equipes, E_1 e E_2 , puxam uma corda pelas extremidades opostas, conforme podemos ver na figura abaixo:¹



E_1

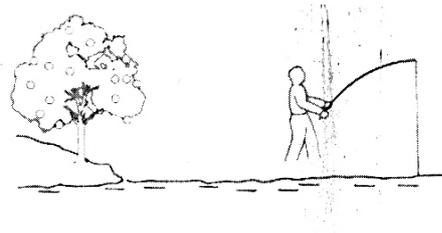
E_2

Considere que a corda é puxada pela equipe E_1 com uma força horizontal de módulo 680N e pela equipe E_2 com uma força horizontal de módulo 620N. Em dado instante, a corda arrebenta. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

A força resultante sobre a corda, no instante imediatamente anterior ao rompimento, tem módulo 60N e aponta para a _____. Os módulos das acelerações das equipes A e B, no instante imediatamente posterior ao rompimento da corda, são respectivamente, _____, supondo que cada equipe tem massa de 300 kg.

- a) esquerda - $2,26 \text{ m/s}^2$ e $2,26 \text{ m/s}^2$
- b) esquerda - $2,26 \text{ m/s}^2$ e $2,06 \text{ m/s}^2$
- c) esquerda - $2,06 \text{ m/s}^2$ e $2,26 \text{ m/s}^2$
- d) direita - $2,6 \text{ m/s}^2$ e $2,4 \text{ m/s}^2$
- e) direita - $2,4 \text{ m/s}^2$ e $2,6 \text{ m/s}^2$

2. (UNICAMP - adaptada) Um pescador estaciona seu barco leve à margem de uma lagoa calma, em frente a uma árvore carregada de deliciosos frutos. Esse barco pode mover-se livremente sobre a água, uma vez que o atrito entre ambos pode ser considerado muito pequeno. Após algum tempo de inútil pescaria, o pescador sente vontade de comer alguns frutos, coloca cuidadosamente sua vara de pescar no chão do barco e dirige-se, andando sobre ele, em direção a árvore, conseguirá o pescador alcançar a árvore? Por quê?²



3. No caso de um corpo em queda livre, podemos afirmar que ele está sujeito à força de atração da Terra e à força de reação, de modo que a resultante fornece aceleração g ? Justifique.³

Referências:

¹ Questão 1: UFRGS – Vestibular 2018. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/coperse/wp-content/uploads/2022/04/1o-DIA-FIS-LIT-ING.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

² Questão 2: UNICAMP/Pré-UFSC Joinville. Disponível em: <https://preufsc.paginas.ufsc.br/files/2019/11/fisica-aula-6.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

³ Questão 3: BRASIL ESCOLA. Disponível em: <https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-pares-forca-acao-reacao.htm#questao-4>. Acesso em: 10 jun. 2022.