



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF**

EZEQUIAS DA CRUZ LIMA

**“NA TRILHA DA FÍSICA”: CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DE UM JOGO
DE TABULEIRO PARA O ESTUDO DAS COLISÕES**

TERESINA-PI

2021

EZEQUIAS DA CRUZ LIMA

**“NA TRILHA DA FÍSICA”: CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DE UM JOGO
DE TABULEIRO PARA O ESTUDO DAS COLISÕES**

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Recursos Didáticos para o Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Ribeiro Barbosa.

TERESINA-PI

2021

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí Biblioteca
Setorial de Ciências da Natureza - CCN
Serviço de Processamento Técnico

L732n Lima, Ezequias da Cruz.

“Na trilha da física”: construção e aplicação de um jogo de tabuleiro para o estudo das colisões / Ezequias da Cruz Lima. -- 2021.

150 f.: il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências da Natureza, Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física, Teresina 2021.

“Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Ribeiro Barbosa”.

1. Física – Estudo e Ensino. 2. Jogos Didáticos. 3. Ensino Médio. 4. Didática - Jogo de tabuleiro. I. Barbosa, Paulo Henrique Ribeiro. II. Título.

CDD 530.07

Bibliotecária (o): Caryne Maria da Silva Gomes – CRB3/ 1461

FOLHA DE APROVAÇÃO

EZEQUIAS DA CRUZ LIMA

“NA TRILHA DA FÍSICA”: CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DE UM JOGO DE TABULEIRO PARA O ESTUDO DAS COLISÕES

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Recursos Didáticos para o Ensino de Física.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Dr. Paulo Henrique Ribeiro Barbosa.
Universidade Federal do Piauí – UFPI
(Presidente)

Dr^a Janete Batista da Silva
Universidade Estadual do Piauí – UESPI
(membro interno)

Dr. José Ricardo Rodrigues Duarte
Instituto Federal do Piauí – IFPI
(externo)

Dr. Ildemir Ferreira dos Santos
Universidade Federal do Piauí – UFPI
(membro interno)

Dr. Antônio Macedo Filho
Universidade Estadual do Piauí – UESPI
(suplente externo)

Dedico este trabalho de mestrado a minha esposa Tarcília Dalles e aos meus pais Manoel Lima e Anete Lima pelo incentivo e apoio em todas as minhas decisões.

A vitória desta conquista dedico com todo meu amor, unicamente a vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, por estar sempre ao meu lado, guiando-me durante toda essa longa caminhada.

A minha esposa Tarcília Dalles Lima, que com todo o amor mais singelo de compreensão, sempre acreditou na minha capacidade de agir e pensar nos momentos mais difíceis, principalmente nas noites em claro para concluir as atividades e os trabalhos durante o período das disciplinas no mestrado sempre nas sextas e nos sábados.

Agradeço à minha família, em especial à minha Mãe, Maria Anete da Cruz Lima e a meu Pai, Manoel Pereira Lima, de quem, apesar de todas as faculdades, tenho recebido apoio desde a mais tenra idade, em matéria de valorização do conhecimento.

Agradeço aos meus irmãos Emanuel Lima, Ezequiel Lima e Edna Maria Lima, que me impulsionaram todos os dias com palavras de apoio.

Agradeço ao meu amigo Robson Mourão Lopes, pelas enormes contribuições na minha carreira profissional. Muito obrigado.

Ao meu orientador, o Professor Dr. Paulo Henrique Ribeiro Barbosa que, de forma competente, manteve credibilidade e confiança para que eu continuasse a minha jornada na conclusão do programa de Mestrado.

Aos demais Professores, Francisco Ferreira Barbosa Filho, Hilda Mara Lopes Araújo, Neuton Alves de Araújo, Boniek Venceslau da Cruz Silva por terem disponibilizado uma parte de seus horários para transmitir conhecimento unilateral sobre a Física e Suas Aplicações.

Aos companheiros de jornada, Luciano Cabral, Andréia Soares, Cristian Fernandes e Fernando Alves que proporcionaram muitos momentos de descontração e ajuda mútua ao longo do curso.

A todos os docentes do curso, pela valiosa contribuição com os saberes adquiridos. Obrigado!

“Ao brincar, a criança assume papéis e aceita as regras próprias da brincadeira, executando, imaginariamente, tarefas para as quais ainda não está apta ou não sente como agradáveis na realidade.” (Lev Vygotsky)

RESUMO

Os Jogos didáticos são tecnologias intelectuais capazes de alterar o processo cognitivo dos indivíduos, através da estimulação da atenção e criatividade. Uma das principais dificuldades que encontramos no ensino da Física, no Ensino Médio, está em como ensinar para que os alunos sejam estimulados a aprender e desenvolver sua aprendizagem de forma autônoma. Para tanto, desenvolvemos e aplicamos um jogo didático intitulado “Na Trilha da Física”, baseado na aprendizagem significativa de David Ausubel, para a primeira série do Ensino Médio. A motivação para a apresentação deste trabalho vem da nossa constatação das dificuldades e limitações do exercício da nossa atividade didática em sala de aula, principalmente no que diz respeito ao baixo desempenho dos discentes em sala de aula. Partimos do seguinte problema: será possível aprender Física por meio de jogos educativos, de maneira que além de ensinar novos conteúdos, consiga ainda despertar o interesse dos alunos do Ensino Médio para a disciplina? A intervenção em sala de aula através de um jogo dessa natureza visou dinamizar o aprendizado no ensino de física no ensino médio. Trata-se de uma pesquisa aplicada, qualitativa, explicativa e de campo. Desenvolvemos um jogo de tabuleiro, do tipo trilha, como ferramenta pedagógica para auxiliar os educandos no aprimoramento de sua capacidade de concentração, e abstração de conceitos da Física no estudo das colisões. No jogo proposto, estudamos e evidenciamos as Leis da Física, enfatizando suas aplicações. A dinâmica do jogo se iniciou pela organização dos jogadores em grupos definidos durante as aulas; essa interação é também um fator relevante dentro da busca de novos conhecimentos e da aprendizagem dos alunos de Física. Também faz parte desta atividade os relatos e observações de sua utilização em turmas do Ensino Médio, além da análise do rendimento dos alunos a partir da utilização deste material bem como do desempenho do jogo como desencadeador da curiosidade acerca do conhecimento científico ali contido. Os dados coletados em momentos anteriores e posteriores à aplicação do jogo, por meio de questionários, indicam que houve melhora nas respostas apresentadas pelos alunos, os quais apresentaram conceitos mais assertivos para as questões. Isso indica que o jogo elaborado contribuiu para aprendizagem significativa dos conteúdos abordados.

Palavras Chaves: Ensino-aprendizagem. Lúdico. Jogo de tabuleiro.

ABSTRACT

The Educational Games are intellectual technologies capable of altering the cognitive process of individuals, through the stimulation of attention and creativity. One of the main difficulties that we find in Physics teaching in High School is how to teach students to be stimulated to learn and develop their learning autonomously. For that, we developed and applied a didactic game entitled "On the Trail of Physics" based on the meaningful learning of David Ausubel in Moreira (2012), for the first grade of High School. The motivation for the presentation of this work comes from our observation of the difficulties and limitations of the exercise of our didactic activity in the classroom, especially regarding the low performance of dissenters in the classroom. Is it possible to learn physics through educational games, so that in addition to teaching new content, it can still arouse the interest of the students of the High School to the discipline? The intervention in the classroom through a game of this nature aims, through playful activities, to dynamize the learning in the teaching of physics in high school. This proposal is not unprecedented, as can be easily verified in the literature, where there are reports that this is a very efficient method and constitutes an important tool in the teaching learning process. We will develop a board game, of the trails type as a pedagogical tool to assist the students in the improvement of their capacity of concentration, and abstraction of concepts of Physics in the study of collisions. In the proposed game, we will study and evidence the Laws of Physics, emphasizing its applications. The dynamics of the game begin with the organization of the players in groups to be defined during the classes, this interaction is also a relevant factor in the search for new knowledge and learning of physics students. Also included in this activity are the reports and observations of its use in high school classes, as well as the analysis of students' performance based on the use of this material as well as the performance of the game as a trigger for curiosity about the scientific knowledge contained therein.

Keywords: Teaching learning. Ludic. Board game.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Colisão entre dois carros com mesma direção e mesmo sentido, um com certa velocidade e outro em repouso | 34 |
| Figura 2. Colisão entre dois carros com mesma direção, sentidos opostos e velocidades diferentes em módulo | 34 |
| Figura 3. Colisão entre dois carros com mesma direção, mesmo sentido e velocidades diferentes em módulo | 34 |
| Figura 4. Representação de um jogador de futebol | 35 |
| Figura 5. Representação de um jogador de voleibol | 35 |
| Figura 6. Representação de um tenista | 35 |
| Figura 7. Força sobre um objeto | 37 |
| Figura 8. Força constante aplicada a um corpo e o gráfico dessa força | 38 |
| Figura 9. Cálculo gráfico do trabalho de uma força | 38 |
| Figura 10. Cálculo gráfico do trabalho de uma força | 39 |
| Figura 11. Quantidade de movimento | 39 |
| Figura 12. Transmissão de movimento por compensação | 40 |
| Figura 13. Ao encolher as pernas em um salto, aumenta-se o tempo, conseqüentemente diminui-se a força | 41 |
| Figura 14. Conjunto de partículas | 41 |
| Figura 15. Objetos com mesma direção e sentidos opostos | 42 |
| Figura 16. Objetos perpendiculares entre si | 42 |
| Figura 17. Colisão entre duas bolas de massas diferentes | 45 |
| Figura 18. Sistema formado por duas bolas e suas forças externas | 45 |
| Figura 19. Dois patinadores empurram-se | 47 |
| Figura 20. Explosão de uma granada | 50 |
| Figura 21. Um jogo de sinuca | 51 |
| Figura 22. Projeteis em direção a um alvo fixo | 52 |
| Figura 23. Carro e caminhão lado a lado na BR | 54 |
| Figura 24. Detalhes de uma colisão elástica unidimensional entre duas partículas antes e depois da colisão | 57 |
| Figura 25. Detalhes de duas partículas m_1 e m_2 , antes e depois de uma colisão inelástica em uma dimensão | 59 |

| | |
|---|-----------|
| Figura 26. Detalhes de duas partículas m_1 e m_2, antes e depois de uma colisão inelástica em uma dimensão | 60 |
| Figura 27. Representação da partícula de massa m_1 e velocidade v_{1i} instantes antes de colidir obliquamente com a partícula m_2 em repouso | 61 |
| Figura 28. Representação das partículas massa m_1 e m_2 após a colisão | 61 |

LISTA DE GRÁFICOS E QUADROS

| | |
|--|------------|
| Gráfico 1. Comparação entre as respostas à Questão 1 nos questionários pré-teste e pós-teste | 87 |
| Gráfico 2. Comparação entre as respostas à Questão 2 nos questionários pré-teste e pós-teste | 90 |
| Gráfico 3. Comparação entre as respostas à Questão 3 nos questionários pré-teste e pós-teste | 92 |
| Gráfico 4. Comparação entre as respostas à Questão 4 nos questionários pré-teste e pós-teste | 95 |
| Gráfico 5. Comparação entre as respostas à Questão 5 nos questionários pré-teste e pós-teste | 97 |
| Quadro 1. Alternativas indicadas pelos alunos para a Questão 6 do questionário | 99 |
| Gráfico 6. Comparação entre as respostas à Questão 6 nos questionários pré-teste e pós-teste | 100 |
| Gráfico 7. Comparação entre as respostas à Questão 7 nos questionários pré-teste e pós-teste | 102 |
| Gráfico 8. Comparação entre a quantidades de acertos nas questões dos questionários pré-teste e pós-teste | 103 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| INTRODUÇÃO | 13 |
| 1 HISTÓRICO DA FÍSICA DO MOVIMENTO | 17 |
| 1.1 A FÍSICA ARISTOTÉLICA | 17 |
| 1.1.1 O problema do movimento na física aristotélica | 19 |
| 1.2 A FÍSICA GALILEANA | 20 |
| 1.3 A FÍSICA NEWTONIANA | 23 |
| 1.4 BREVE HISTÓRICO DO CONCEITO DE ENERGIA | 26 |
| 1.4.1 Huygens e a evolução do conceito de Energia | 30 |
| 1.5 A FÍSICA DAS COLISÕES | 32 |
| 1.6 MATERIAL DIDÁTICO: CONCEITOS DE IMPULSO, QUANTIDADE DE MOVIMENTO, ENERGIA CINÉTICA E TIPOS DE COLISÕES | 35 |
| 1.6.1 Impulso de uma força | 35 |
| 1.6.2 Quantidade de movimento | 39 |
| 1.6.2.1 <i>Quantidade de movimento de um sistema de corpos</i> | 41 |
| 1.6.2.2 <i>Teorema do impulso</i> | 43 |
| 1.6.2.3 <i>Forças internas e externas</i> | 44 |
| 1.6.2.4 <i>Forças internas poderiam provocar variação na quantidade de movimento?</i> | 45 |
| 1.6.2.5 <i>Sistema mecânico isolado</i> | 46 |
| 1.6.2.6 <i>O princípio de conservação da quantidade de movimento</i> | 48 |
| 1.6.3 Introdução ao estudo das colisões mecânicas | 50 |
| 1.6.3.1 <i>Colisões em série</i> | 51 |
| 1.6.3.2 <i>Quantidade de movimento e energia mecânica nas colisões</i> | 53 |
| 1.6.3.3 <i>Velocidade relativa</i> | 54 |
| 1.6.3.4 <i>Coefficiente de restituição ou de elasticidade (e)</i> | 55 |
| 1.6.3.5 <i>Colisão frontal</i> | 55 |
| 1.6.3.6 <i>Colisão oblíqua</i> | 56 |
| 1.6.4 Tipos de colisões | 56 |
| 1.6.4.1 <i>Colisão elástica em uma dimensão</i> | 57 |
| 1.6.4.2 <i>Colisão inelástica em uma dimensão</i> | 59 |
| 1.6.4.3 <i>Colisão em duas dimensões</i> | 60 |
| 1.6.4.4 <i>Aplicação da teoria das colisões na química</i> | 62 |
| 1.6.4.5 <i>Os reagentes atuando na teoria das colisões</i> | 63 |

| | |
|---|------------|
| <i>1.6.4.6 O choque efetivo e reações consolidadas</i> | 64 |
| 2 O ENSINO DE FÍSICA | 65 |
| 2.1 ENSINO APRENDIZAGEM NOS DIAS ATUAIS | 65 |
| 2.2 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E O ENSINO DE FÍSICA | 68 |
| 2.5 O LÚDICO E A IMPORTÂNCIA DOS JOGOS NO AMBIENTE ESCOLAR | 72 |
| 3 PERCURSO METODOLÓGICO | 76 |
| 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA | 76 |
| 3.2 CAMPO EMPÍRICO DA PESQUISA | 79 |
| 3.3 PARTICIPANTES DA PESQUISA | 79 |
| 3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE PRODUÇÃO DE DADOS | 80 |
| 3.5 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS DADOS | 81 |
| 3.6 PRODUTO EDUCACIONAL | 82 |
| 3.6.1 Jogo Na Trilha Da Física | 82 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS DADOS COLETADOS NOS QUESTIONÁRIOS | 85 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 104 |
| REFERÊNCIAS | 106 |
| APÊNDICE A | 110 |
| APÊNDICE B | 112 |

INTRODUÇÃO

Os jogos didáticos já são bastante difundidos na nossa sociedade, seja por computador, *smartphone*, *vídeo games* etc. Sua presença cultural e tecnológica continua em desenvolvimento crescente a cada dia. A presença da tecnologia entre os alunos vem se refletindo na escola, assim como o gosto pelos jogos e o seu impacto no aprendizado. “Se o ensino for lúdico e desafiador, a aprendizagem prolonga-se fora da sala de aula, fora da escola, pelo cotidiano, até as férias, num crescendo muito mais rico do que algumas informações que o aluno decora porque vão cair na prova” (NETO, 1992, p. 44).

É necessário que se faça uma educação permanente, não fixa, mas dinâmica e que desafie o aluno, visando o desenvolvimento de suas habilidades para que tenha uma maior apropriação das informações disponíveis. Defendemos a inserção dos jogos educativos na escola, pois consideramos que eles são instrumentos eficazes, conforme vários autores mostram em seus estudos sobre os jogos didáticos. “Não há momentos próprios para desenvolver a inteligência e outros do aluno já estar inteligente, sempre é possível progredir e aperfeiçoar-se. Os jogos devem estar presentes todos os dias na sala de aula” (RIZZO, 1988, p. 88).

Delineamos como objetivo principal desenvolver um jogo de tabuleiro, do tipo trilha, como ferramenta pedagógica para auxiliar os educandos no aprimoramento de sua capacidade de concentração e abstração de conceitos da Física no estudo das colisões, destinado a alunos da primeira série do ensino médio. Como objetivos específicos, destacamos: 1) Identificar o nível de conhecimento prévio dos alunos pesquisados sobre conceitos de colisão; 2) Desenvolver e aplicar um jogo de trilha para o ensino das colisões; 3) Aplicar os conteúdos de física aprendidos em sala de aula com situações práticas do cotidiano; 4) Reavaliar o conhecimento dos alunos após a aplicação do jogo, identificando as aprendizagens decorrentes do uso desse recurso. A escolha da primeira série do ensino médio se deu porque nessa etapa entendemos que os alunos teoricamente devem possuir um nível de maturidade maior e, portanto, podem ser capazes de prosseguir nas etapas seguintes.

A iniciativa para o desenvolvimento e construção de um jogo didático no estilo trilha partiu da necessidade de estimular os educandos para a difusão do ensino e aprendizagem da disciplina física no Ensino Médio. Dessa forma, a construção do jogo surgiu da experiência prática vivenciada em uma turma de alunos do primeiro ano do ensino médio da Unidade Escolar Antônio de Almendra Freitas, situada no Bairro Dirceu Arcoverde, em Teresina –

Piauí, no contexto do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), polo UFPI.

Neste trabalho, utilizamos o jogo didático com o conteúdo colisões. O jogo intitulado “Na Trilha da Física” foi resultado de um trabalho de pesquisa feito com os alunos, levando em consideração o que eles acreditavam que poderia melhorar o na fixação e aplicação dos conteúdos de física abordados em sala de aula e correlacionar com o cotidiano.

O estudante deve ser sujeito ativo no processo de ensino-aprendizagem, principalmente em relação ao ensino de Ciências, mais precisamente na Física, no qual o estudo deve transcender a memorização de simples equações, fórmulas ou até mesmo conceitos básicos. Segundo Pozo (2008), quem aprende é o aluno; o que o professor pode fazer é facilitar mais ou menos sua aprendizagem. Para isso, a aprendizagem deve deixar de ser passiva para tornar-se significativa. Para Pereira (2008):

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional clarifica a importância de se conduzir o aluno a uma interação com a ciência e a tecnologia, que lhe oportunize um conhecimento dentro de seu cotidiano sociocultural. O aluno tem direito a um saber científico, não somente dos conteúdos sistematizados através de programas de ensino, livros didáticos, preferências do professor por este ou aquele conteúdo, esta ou aquela prática, mas um saber que lhe oportunize opinar, problematizar, agir, interagir, entendendo que o conhecimento adquirido, não é definitivo, absoluto (PEREIRA, 2008, p. 2).

Dessa forma, a memorização não pode ser compreendida como um processo mecânico, mas sim como um recurso que propicia ao aluno a representação de informações de maneira genérica para que seja capaz de relacioná-las com outros conteúdos, demonstrando que houve aprendizagem significativa (BRASIL, 1998).

Nesse sentido, na perspectiva teórica de Ausubel, a aprendizagem significativa propõe que um novo conteúdo deve estar relacionado a conteúdos prévios (os subsunçores). Segundo o pensador cognitivista, há um processo de assimilação hierarquizado, isto é, um novo conceito é adquirido e reestruturado a partir do que o estudante já possui de forma cada vez mais complexa (MOREIRA; MASINI, 2011).

Portanto, a teoria da Aprendizagem Significativa é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo (conhecimento prévio), no qual esta nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica definida como subsunçor. Na medida em que a aprendizagem começa a ser significativa, esses subsunçores vão ficando cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações. Neste contexto de aprendizagem, o conhecimento

prévio é de extrema importância, tendo em vista que, ao se deparar com novos conhecimentos, os assuntos serão com mais facilidade consolidados (MOREIRA; MASINI, 2011).

A Teoria da Aprendizagem Significativa procura explicar os mecanismos internos que ocorrem na mente humana com relação ao aprendizado e à estruturação do conhecimento. Segundo Ausubel, o processo de ensino necessita fazer algum sentido para o educando, ou seja, a nova informação precisa interagir e ancorar-se nos conceitos relevantes já existentes em sua estrutura cognitiva. Ausubel acrescenta ainda que o armazenamento de informação no cérebro humano é altamente organizado, onde os conceitos mais específicos são ligados aos conceitos mais gerais, mais inclusivos (MALACHIAS; SANTOS, 2013, p. 23).

A assimilação na aprendizagem mecânica decorre da acumulação de informações de forma arbitrária: o educando recebe o conhecimento e não relaciona com sua estrutura cognitiva ou hierárquica. Segundo Ausubel, a aprendizagem ocorre quando a nova informação se ancora em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do educando, ou seja, quando esse aluno encontra significado naquilo que está ouvindo.

A aprendizagem mecânica ou automática é explicada por Moreira (2006) como sendo aquela em que novas informações são aprendidas praticamente sem interagirem com conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aluno, sem ligarem-se a conceitos subsunçores específicos. Assim, a nova informação seria armazenada de maneira arbitrária e literal, sem interação com as informações já existentes na estrutura cognitiva, desse modo, pouco ou nada contribuindo para sua elaboração e diferenciação.

Isto não significa que a Aprendizagem Mecânica é uma “vilã” do processo, pelo contrário, Ausubel muitas vezes defende este tipo de aprendizagem, já que existem informações que precisam ser aprendidas, no entanto não se relacionam com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do estudante e, como já mencionado, esta informação é armazenada de maneira arbitrária.

Ausubel não estabelece a distinção entre aprendizagem significativa e mecânica como dicotômica, e sim como um *continuum*. Por exemplo, a simples memorização de fórmulas situar-se-ia em um dos extremos desse continuum (o da aprendizagem mecânica), enquanto que a aprendizagem de relações entre conceitos poderia estar no outro extremo (o da aprendizagem significativa) (PEREIRA, 2008, p. 2).

No processo de aprendizagem significativa a assimilação se dá por meio da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa. A diferenciação progressiva é o

processo pelo qual o subsunçor é modificado com a introdução de uma nova informação e ganha um novo significado. Este processo é também chamado de aprendizagem significativa subordinada. E mediante reconciliação integrativa, novas informações (mais gerais) são adquiridas, bem como elementos existentes na estrutura cognitiva podem reorganizar-se e adquirir novos significados. Este processo também ocorre na aprendizagem significativa superordenada ou na aprendizagem significativa combinatória (MOREIRA; MASINI, 2011).

Assim, para que realmente ocorra a aprendizagem significativa, uma vez que implica no crescimento e modificação do conceito subsunçor, é necessário que: tal conteúdo esteja disponível na estrutura cognitiva do aprendiz ou que, mediante organizadores prévios, sejam manipulados; que o material seja incorporado ou relacionado de maneira não arbitrária e não literal aos subsunçores disponíveis na estrutura cognitiva; e, ainda, que o aprendiz manifeste disposição para tal (MOREIRA; MASINI, 2011).

Como mestres, devemos estimular o interesse dos alunos pela disciplina de Física no Ensino Médio, para que eles não venham a criar uma barreira no decorrer do ensino. Devemos também estabelecer relações entre o conhecimento da Física e outras formas de expressão da cultura humana, para que a disciplina não se torne obsoleta no decorrer da vida acadêmica de cada educando.

Os jogos didáticos vêm se apresentando como uma ferramenta muito prática para tentar solucionar os problemas apontados pelos educadores e alunos, onde a falta de estímulo, a carência de recursos didáticos e aulas mecanicamente repetitivas podem ser resolvidas com eficiência, pois os jogos associam as brincadeiras e a diversão com o aprendizado. Com essa nova prática de aprendizagem, os alunos serão estimulados e poderão desenvolver diferentes níveis na sua formação, desde as experiências educativas a físicas, pessoais e sociais.

Dessa maneira, utilizaremos os jogos didáticos no Ensino de Física como uma alternativa que venha a facilitar o processo de ensino-aprendizagem dessa ciência, a qual devem despertar no estudante um interesse, a participação ativa na aula, uma vez que esta foge de uma situação rotineira de “quadro e giz”, o que deve concretizar uma aprendizagem significativa do fenômeno em estudo.

1 HISTÓRICO DA FÍSICA DO MOVIMENTO

Neste capítulo, iremos tratar de uma breve história do movimento na física, mostrando a Física aristotélica e suas características sobre o movimento dos corpos; há também a história dos estudos e contribuições de Galileu, falando principalmente dos seus experimentos e das primeiras formulações propostas; e, finalizando o capítulo, há um relato da vida de Newton, colocando em foco seus estudos e contribuições para a mecânica, a partir do seu livro *Principia*, e quais contribuições sociais e econômicas foram determinantes para que ele fizesse essa grande contribuição para a Física.

1.1 A FÍSICA ARISTOTÉLICA

Aristóteles (384 a.C.–322 a.C.) foi um importante filósofo e o pensador grego com maior influência na cultura ocidental. Os trabalhos de caráter científico mais antigos que chegaram a nós são formados pela sua obra. Sendo discípulo do filósofo Platão, foi além do seu mestre, abordou e pensou sobre diversas áreas, entre elas, a geometria, física, metafísica, astronomia, matemática e principalmente lógica. Enquanto Platão era a favor da existência do mundo das ideias e do mundo sensível, Aristóteles defendia que poderíamos captar o conhecimento no próprio mundo em que vivemos. Sendo um crítico das ideias platônicas, Aristóteles mostrou grande capacidade quando escreveu uma série de obras nas quais aprofundava, e muitas vezes, modificava as doutrinas de Platão. A teoria de Aristóteles, de forma geral, é uma refutação ao seu mestre (PEDUZZI, 2009).

A Física Aristotélica é conhecida, também, como a Física do senso comum, pois é a ciência que fica “evidente” a partir da intuição. Aristóteles estudou com frequência a natureza, procurando relações entre as observações realizadas. Com um trabalho comparativo, ele fez tentativas de explicações dos fenômenos a partir de outras constatações. Em alguns casos, utilizou da analogia, em situações que se observava semelhanças, e em outros casos, fez o uso do testemunho humano e, trabalhando com a indução, partia para o desenvolvimento de uma teoria geral. Outro fato interessante nos estudos e desenvolvimento das teorias de Aristóteles era o não confronto, pois ele não verificava suas teorias.

Não há aí nada de absurdo, nada de espontaneamente chocante. Este ainda é muitas vezes o raciocínio comum de vários de nossos contemporâneos, 14 inclusive de cientistas, fora de sua atividade profissional. Para Aristóteles, o resultado deste método, embora muitas vezes contestado, conduziu por vezes a hipóteses sobre as quais a posteridade mais ou menos longínqua não foi sempre negativa (ROSMORDUC, 1988, p 30).

Um fato interessante da vida de Aristóteles ocorreu em 343 a. C., quando foi convidado a ser tutor de Alexandre, filho do rei Filipe II da Macedônia. O interesse do rei era que seu sucessor fosse um filósofo requintado e Aristóteles permaneceu com Alexandre durante quatro anos. Quando retornou à Atenas, em 335 a. C., fundou sua própria escola, a “Liceu”. Lá, disponibilizou aulas públicas sobre variados temas, como a Lógica, da qual é considerado pai, pois ensinou a todos os que vieram depois dele a pensar com clareza. Fundou o estudo da Biologia, quando ensinou aos seus discípulos a fazerem observações e classificações corretas sobre os seres vivos. Aristóteles, diferente do que era trabalhado pelos pitagóricos, não trabalhava com a ideia de geometrização nos estudos sobre a Natureza. Ele acreditava que tudo partia para uma causa final, para um propósito. Uma análise interessante foi feita em relação ao Universo, que ele acreditava ser um organismo vivo, complexo e governado por uma finalidade. Ainda falando sobre a natureza, ou a filosofia natural, Aristóteles trabalhava as experiências, as entidades empíricas, distantes das entidades matemáticas. Ele pensava na Matemática como um instrumento científico que possibilita a análise do mundo somente por um ponto de vista quantitativo, o que não permitiria entender a natureza das coisas. Ao estudar o movimento dos objetos, o dividiu em movimento natural e o movimento violento ou forçado.

O movimento natural foi definido como o movimento das coisas derivado delas mesmas, como exemplo se tem a queda de uma pedra em relação ao chão, que é o seu lugar natural. Já o movimento violento indica que houve um movimento contrário ao que o objeto faria e, nesse caso, uma pedra sendo jogada para cima indicaria tal movimento, pois sua natureza é ir em direção ao chão (PIRES, 2008). Quando Aristóteles fez um estudo do conceito de gravidade, este estava associado ao corpo ser pesado, o que era definido como corpos graves.

De acordo com as quantidades respectivas de “peso” e de “leveza” que um corpo contém, ele tenderá tanto a cair – seu lugar natural é embaixo -, tanto a subir – seu lugar natural é em cima. Sendo assim, se esse corpo é colocado em presença de uma outra matéria contendo, por exemplo, mais peso e menos leveza que ele, ele terá, dentro dessa matéria, tendência a subir (ROSMORDUC, 1988, p. 75).

Sobre essa definição, Aristóteles usou como exemplo a análise de um pedaço de madeira que flutua na água, mas cai quando é solto no ar. No sentido aristotélico, o conceito de gravidade expressa uma propriedade intrínseca dos corpos graves, ou seja, os corpos pesados. Essa definição vem da tendência destes de se moverem em direção ao centro da terra. Aristóteles acreditava que a massa (peso) influenciava na queda dos corpos e os corpos restritos às leis da física terrestre eram formados por quatro elementos (terra, água, ar e fogo), sendo a terra o mais pesado dos elementos, seguido da água e, posteriormente, o ar e o fogo (PIRES, 2008).

1.1.1 O problema do movimento na física aristotélica

Em sua obra denominada *Física*, Aristóteles se dedica detalhadamente à análise do conceito de movimento. Para ele, movimento tem significado de mudança; na sua terminologia, representa a passagem daquilo que está em “potência” para o “ato” (realidade). Aristóteles identifica quatro modalidades destas mudanças: nascimento (geração) e destruição (corrupção), mudanças de qualidades (alteração), mudanças de tamanho (crescimento ou diminuição) e deslocamentos (que Aristóteles denominou de movimentos locais).

Para Aristóteles, todo movimento (mudança) possui uma causa. Em sua *Metafísica*, o filósofo analisou a ideia de causa e identificou novamente a existência de quatro tipos. Cumpre enfatizar que sua concepção de causa não corresponde ao conceito moderno de o agente que produz a coisa; este é, para Aristóteles, apenas um dos tipos de causa, denominado causa eficiente. Assim, quando diz que todo movimento tem uma causa, não se trata de um sistema mecanicista, tal qual o que será construído pela física moderna, a partir da Revolução Científica. Em seu pensamento, causa também tem o significado de princípio que determina ou que estrutura a coisa.

Assim, por exemplo, na coisa que muda há um princípio, pelo qual dizemos que ela é de uma maneira agora e não será mais dessa maneira depois; este princípio é a forma da coisa. Existe, pois, uma modalidade de causa chamada formal. Também a coisa que muda é constituída de algo. Essa matéria de que a coisa se constitui é chamada por Aristóteles de causa material. Se não houvesse o movimento (mudança) e o ser fosse estático, o elenco das causas se reduziria às formas e aos materiais: a forma (imutável) da coisa e o material de que é feita.

No entanto, em face do movimento, surge a pergunta: quem ou o que o provoca e com que finalidade? Desta forma, para Aristóteles, além dos dois tipos de causas anteriores, se

fazem necessárias as ideias de causas eficientes e finais. A causa eficiente é, como já dissemos, o agente que produz o resultado; a causa final corresponde à finalidade da mudança, a realidade para a qual a coisa tende. Todos esses tipos de causas estão envolvidos na determinação do ser e de sua evolução. Em especial, a ideia de finalidade está no cerne da solução aristotélica para o suposto absurdo lógico envolvido na caracterização da mudança como passagem do ser ao não-ser.

De fato, para Aristóteles, a mudança ocorre, não como a transição do ser ao não ser, mas com uma finalidade primordial, a da passagem de um modo de ser ainda latente à plena realização da essência desse ser ou como a realização das possibilidades nele contidas. Essa concepção finalística dos movimentos desempenha um papel fundamental na cosmologia e na física aristotélicas.

As formas de movimento identificadas por Aristóteles apresentam níveis hierárquicos distintos. Por exemplo, as mudanças de qualidade e de tamanho que uma coisa sofre pressupõem, inicialmente, a existência dessa coisa, que se principia em sua geração. Deste modo, esta modalidade de movimento, a geração, possui um caráter de anterioridade em relação às de qualidade e de tamanho. Entretanto, como qualquer movimento, também a geração de algo não pode se constituir em um fenômeno aleatório, sem causação.

Pelo contrário, deve possuir sua razão de ser. Para explicar esses processos de geração, Aristóteles estabeleceu neste ponto um elemento marcadamente mecânico de causação: como a geração representa uma transformação que ocorre em certo lugar, esta transformação só pode ser provocada pela aproximação ou afastamento de algum agente causador, ou seja, pelo deslocamento deste agente.

Nós dizemos, além disso, que o movimento local é a causa da geração e da corrupção (Aristóteles). Em suma, através desse elemento mecanicista, o chamado movimento local adquire um grau de primazia sobre os demais (DUHEM, 1997). Estes vínculos causais entre esta modalidade de movimento e as demais, observadas no mundo a nossa volta, desempenharam um papel importantíssimo na concepção da estrutura do cosmos aristotélico, através do modelo (do qual falaremos logo a seguir) das esferas cristalinas homocêntricas e de seus movimentos.

1.2 A FÍSICA GALILEANA

Galileu Galilei nasceu em Pisa, em 15 de fevereiro de 1564. Seu pai, Vincenzo Galilei, tinha habilidades em Matemática e Música, e não queria que seu filho se tornasse músico ou

matemático, em função de serem profissões com baixa remuneração. O pai de Galileu queria que ele estudasse medicina, na universidade local, em Pisa. Porém, por falta de dinheiro, Galileu deixou a universidade sem concluir o curso de medicina. Ele estava mais interessado nos estudos matemáticos e investigações dos fenômenos naturais, tendo desenvolvido vários instrumentos, como a balança hidrostática, um tipo de compasso geométrico que permitia medir ângulos e áreas, um termômetro, sendo, ainda, considerado o precursor do relógio de pêndulo, mas esse fato requer confirmação, pois conta-se que este, usando o seu pulso como relógio, conseguiu verificar que um candelabro preso no teto de uma igreja tinha oscilações com duração constante, qual fosse a amplitude. Contudo, há relatos que o candelabro só foi instalado vários anos depois do suposto acontecimento.

Galileu teve que deixar a Universidade em 1585, pois estava sem dinheiro, e não obteve o grau de doutor, mas ele não parou com seus trabalhos matemáticos e as investigações, tendo publicado um ensaio em que descreve a invenção da balança hidrostática. Escreveu um tratado sobre a determinação do centro de gravidade dos sólidos e, em função desse trabalho, foi chamado de o Arquimedes de seu tempo. Após várias tentativas, Galileu conseguiu se tornar professor na Universidade de Pisa, onde trabalhou com a teoria do ímpeto proposta por Philoponus, usando a relação proposta por este ($V = F - R$). Nos anos seguintes, Galileu conseguiu realizar várias experiências sobre a queda dos corpos, refutando de forma ofensiva as ideias aristotélicas e os defensores destas. Em contraste, porém, demonstrou grande admiração por Arquimedes. Há considerações históricas de que a publicação dos trabalhos de Arquimedes durante a Renascença foi um dos principais fatores que levaram à matematização da Natureza, sendo essa a principal característica da Revolução Científica. Foi sob a influência de Guidobaldo dal Monte que Galileu adotou os princípios da filosofia de Arquimedes (PIRES, 2008).

Galileu é considerado o pai da ciência moderna, pois embora tenha havido estudos anteriores sobre as leis dos movimentos, nenhum foi realizado de forma tão detalhada e quantitativa, conforme Galileu fez. Ele pode ser considerado um inovador na utilização da matemática de forma consciente e sistemática, como uma linguagem que exprime toda uma realidade física, sendo um método que se apoia na experiência. Desde Galileu, se conhece sobre a queda dos corpos, a gravidade e o que ela produz. Essas compreensões originaram inovações relacionadas aos conceitos de espaço, tempo, velocidade e aceleração, e foram desenvolvidas por Galileu (ROSMORDUC, 1988).

Galileu teve influência de grandes pensadores, como Clavius, Oresme, Bradwardine, Benedetti, entre outros, quando tentou elaborar novas propostas que pudessem explicar o

fenômeno do movimento. E, utilizando correções na lei de movimento de Aristóteles, sendo uma delas o reconhecimento de que o movimento acelerado podia ser tanto de maneira uniforme como não uniforme, Galileu conseguiu revolucionar o estudo do movimento. Com essa análise, ele pôde obter uma descrição melhor e mais precisa dos fenômenos, propondo uma formulação das leis que regem os fenômenos e separando a ideia de um posicionamento meramente contemplativo. Esta nova postura de Galileu possibilitou o distanciamento da ciência em relação à filosofia.

Outro grande influenciador nos trabalhos de Galileu foi Arquimedes. Após deixar a universidade sem nenhum título e retornar à Florença, ele se pôs a estudar Euclides e Arquimedes privativamente. De 1585 até 1589, Galileu deu suas primeiras aulas em Florença e, em 1586, ele compôs um curto trabalho, no qual reconstruiu o raciocínio de Arquimedes na detecção da fraude da coroa de Heiron e aperfeiçoou a teoria do balanço hidrostático. Enquanto viveu em Pádua, a partir de 1600, Galileu solucionou problemas técnicos da Mecânica e de aplicações desse conhecimento técnico, sendo um deles a invenção de uma bomba para fazer subir a água (ARAÚJO FILHO, 2006).

Ainda falando sobre a queda dos corpos e as investigações de Galileu, ele concluiu que a queda dos corpos se dá de forma acelerada em todo o trajeto e não apenas em parte dele, mudando seu pensamento anterior. Ele afirmou que um corpo em movimento natural aumenta a sua velocidade de forma proporcional à distância do ponto em que iniciou seu movimento. Quando Galileu publicou, em 1638, o seu livro “Discursos e demonstrações matemáticas sobre duas novas ciências”, ele reformulou essa concepção errada da queda livre e propôs que a velocidade é proporcional ao tempo e não à distância de queda, associando ainda a queda dos corpos a um movimento com aceleração constante. Ele chegou a essa conclusão “depois de longas reflexões”, conforme expõe em seu livro.

Galileu enfrentou dificuldades na realização de experiências com a queda livre, pois essa se dá de uma forma muito rápida, o que dificultava obter medidas bem precisas de tempo. Galileu vislumbrou uma alternativa ao experimento da torre de Pisa para investigar a relação entre o peso de um corpo e sua velocidade de queda. Os experimentos sobre o movimento de corpos num plano inclinado são detalhadamente descritos por Galileu, na sua famosa obra “Discursos e demonstrações matemáticas sobre duas novas ciências”.

Utilizando um plano inclinado para diluir a rapidez dessa descida, Galileu propôs a hipótese de que qualquer que fosse a aceleração de um objeto deslizando sobre um plano inclinado o seu movimento seria, assim como o de um corpo em queda livre, um movimento uniformemente acelerado. Essa é uma hipótese bem aceitável, pois um corpo que desce um

plano com uma certa inclinação está, quando se analisa a variação de velocidade, em uma situação intermediária a outras duas: de um lado, a que envolve uma superfície horizontal, onde um objeto nela colocado em repouso, neste caso, permaneceria parado; e, de outro, a que se refere a uma superfície com 90° de inclinação, em que o objeto cairia como se não existisse a referida superfície.

Através da experiência com o plano inclinado, Galileu validou que os espaços são percorridos pela esfera em quadrados de tempos ($d \propto t^2$), e isso em todas as inclinações do plano, mas deve-se notar que essa relação entre as variáveis pode ser estabelecida em diversos níveis de aproximação. Galileu sabia das limitações de seu experimento, dos efeitos retardadores do meio no deslocamento dos corpos e das medidas aproximadas para o tempo. Então, ele não procurava uma proporcionalidade exata entre as variáveis distância e tempo ao quadrado. A relação experimental por ele obtida é, sem dúvida, aproximada, mas muito importante porque, a partir dela, ele pode inferir que o movimento uniformemente acelerado, a rigor, não é o movimento que um corpo executa ao cair, pois há resistência em seu deslocamento, o que poderia alterar o minimamente o movimento da esfera. A queda de um corpo com aceleração constante só ocorre em uma situação ideal, ou seja, quando não ocorre nenhuma resistência ao seu deslocamento. Essa situação só ocorre no “vácuo”, e somente aí se tem, de forma exata, a proporcionalidade $d \propto t^2$ (PEDUZZI, 2009).

Galileu foi o primeiro, em um espaço de 300 anos, a submeter as leis do movimento à prova do rigor da experiência e demonstrou que podiam ser aplicadas ao mundo fenomenológico. Apesar de parecer simples, ou de pouca importância, o seu trabalho foi capaz de compreender como relacionar as abstrações com o mundo real, pois os princípios físicos usados por Galileu já eram conhecidos desde meados do século XIV.

Essa característica particular de Galileu, de combinar o ponto de vista matemático do mundo com aspectos empíricos obtidos pela observação crítica dos fenômenos naturais, expõe a concepção experimental conhecida hoje em dia (ARAÚJO FLHO, 2006).

1.3 A FÍSICA NEWTONIANA

Isaac Newton nasceu na Inglaterra, em Woolsthorpe, na data de 25 de dezembro, mas pelo calendário oriundo da reforma papal, consta 4 de janeiro de 1643. Essa diferença se dá pelo fato de a Inglaterra, na época, não ter adotado este calendário utilizado na Itália. Newton era filho de um fazendeiro, também chamado Isaac Newton, e que faleceu meses após seu nascimento. Com isso, sua mãe casou-se novamente, mas acabou não indo morar com ela e

seu padrasto, tendo sido deixado com sua avó materna. Há indícios que esta separação teve forte influência no comportamento de Newton, como o sentimento de insegurança e as tendências psicóticas.

Newton demonstrou desde cedo habilidades mecânicas, construindo moinhos, relógios de água, pipas, entre outras coisas, mas no início de sua vida escolar, no liceu de Grantham, se mostrou um estudante indiferente. Por ocasião de uma confusão com um colega de escola, mudou sua conduta e acabou se tornando o melhor aluno da classe. Com sua mãe ficando viúva novamente, Newton teve que deixar a escola por questões financeiras, e ela imaginava que ele pudesse cuidar da fazenda da família, pois tradicionalmente os homens cuidariam dos negócios de toda a família, mas Newton nunca se interessou nesse tipo de trabalho, retornando seus estudos em Grantham após conselho de seu tio. Newton estudou no Trinity College, de Cambridge, tendo se matriculado em 1661, e obteve o grau de bacharel em humanidades, já em 1665. Seu trabalho científico sofreu forte influência de seu professor e orientador Isaac Barrow, quando foi orientado a estudar novamente o livro de Euclides.

Além disso, fez um importante estudo sobre a Geometria de Descartes, sendo que esse estudo o inspirou a realizar trabalhos originais em matemática. E, ao que tudo indica, Newton foi um autodidata em Matemática, pois no currículo do Trinity College não havia essa disciplina (PIRES, 2008).

Com a publicação do “*Philosophiae naturalis principia mathematica*” (Princípios matemáticos de filosofia natural), em 1687, Newton protagoniza um dos mais importantes capítulos na história da física, pois promoveu a grande transformação intelectual que originou a ciência moderna. O “Principia” emerge em uma ciência que sofreu uma agitação a partir da nova postura filosófica. As hierarquias e qualidades finalísticas e ocultas da filosofia natural aristotélica não fazem mais sentido à discussão. E, estudando as leis do movimento, Newton iniciou a compreensão dos fenômenos físicos (como a queda dos corpos) e desenvolveu novos estudos para ter a compreensão de muitos outros fenômenos físicos (como a reflexão e a refração), biológicos (como a circulação sanguínea), fisiológicos (como as sensações), astronômicos (como o movimento dos astros) e químicos (PEDUZZI, 2011).

Sua obra, “Principia”, é considerada uma das mais influentes na história da ciência. Publicada em 1687, esta obra descreve a lei da gravitação universal e as três leis de Newton, que fundamentaram a mecânica clássica. O prestígio de Newton fez com que as atenções da ciência virassem numa direção de não produção por muito anos, isso em função dos trabalhos desenvolvidos por ele, que tinham o caráter altamente perfeito e não eram alcançados pelos seus contemporâneos. Mas, esse abrandamento do avanço científico na Inglaterra e no resto

do mundo culto, mesmo que em menor grau, foi influenciado, também, por fatores sociais e econômicos. Houve uma redução nos investimentos da produção científica que era aplicado nas navegações, no comércio e na manufatura, para se investir na terra, ou seja, na produção agrícola.

Com isso, usou-se métodos técnicos melhorados, mas que ainda contavam com a operação manual, que foi o suficiente, durante algum tempo, na produção de tecidos e alguns artigos manufaturados (BERNAL, 1965). A mecânica de Newton, juntamente com os trabalhos de Galileu, contradiz a “mecânica” de Aristóteles sobre a queda dos corpos, a lei da inércia, a proporcionalidade da força e da aceleração. A partir destes trabalhos, novos princípios foram propostos, constituindo uma verdadeira “revolução” científica na mecânica.

Segundo Rosmorduc (1988, p. 81), as principais leis do movimento são em números de três, e a primeira lei, que foi denominada “lei da inércia”, pode ser enunciada que “todo corpo permanece no estado de repouso ou de movimento uniforme no qual ele se encontra, a menos que alguma força aja sobre ele e o obrigue a mudar seu estado de movimento”. Dessa forma, estando um corpo em movimento, se for nula a resultante das forças e dos momentos das forças que atuam sobre este corpo, ele seguirá em movimento uniforme. Isso indica que a velocidade é constante e sua trajetória é, portanto, uma reta. Ainda utilizando a definição de Rosmorduc (1988, p 81), a segunda lei, que foi denominada posteriormente nos tratados como “Princípio Fundamental da Dinâmica”, enuncia que “as modificações que ocorrem na quantidade de movimento ($\vec{p} = m\vec{v}$) são proporcionais à força motriz e se realizam na linha reta onde esta força foi imprimida”.

Como, para Newton, a massa de um corpo permanece invariável, as alterações da quantidade de movimento só têm relação com v . A segunda lei, portanto, enuncia a proporcionalidade entre a força e a alteração da velocidade, ou seja, a aceleração, que se tornou precisamente definida por Newton, mas teve uma noção dessa grandeza esboçada por Galileu. A terceira lei foi chamada “princípio da ação e reação” e é específica, e de forma devida, a Newton. Rosmorduc (1988, p. 82) definiu seu enunciado como “a ação é sempre igual e oposta à reação, isto é, as ações de dois corpos, um sobre o outro, são sempre iguais e em direção opostas”. O Físico soviético Boris Hessen, através de um artigo apresentado em 1931, no II Congresso Internacional da História da Ciência e Tecnologia, em Londres, trouxe uma importante análise dos trabalhos desenvolvidos por Newton e as características da sociedade em que ele viveu, indicando influências de ordem social, econômica, marítima e militar.

O poder unificador e profético das leis desenvolvidas por Newton era centrado na revolução científica e na difundida noção de que a investigação racional pode revelar o funcionamento mais intrínseco da natureza. Elaborando um estudo contrário ao de Aristóteles, iniciou sua jornada no sentido de mudar a maneira de pensar em 1664, quando começou a fazer anotações sobre os trabalhos de pensadores europeus modernos, como Galileu e Descartes.

No desenvolvimento do pensamento científico clássico, ele fez uma grande contribuição, conseguindo completar o novo modelo de pensamento. Com Newton, a ciência abandonou a visão aristotélica associada à natureza e passou a trabalhar com um modelo mais pitagórico, desenvolvendo a ciência a partir de números. Essa mudança de pensamento em relação à ciência propiciou que os novos estudos fossem fundamentados nas necessidades da sociedade, que envolvem questões sociais, econômicas e militares. Uma grande contribuição de Newton se refere à balística, quando ele fez investigações sobre o voo de uma bala através do ar, realizando estudos sobre a resistência do ar e as causas do desvio. Como tratado por Hessen (1931, p. 46), no final do século XVII, a artilharia deixou de ter características medievais em diferentes países, sendo incluída aos exércitos e possibilitando um grande desenvolvimento desses armamentos:

Consequentemente, experiências sobre a relação entre calibre e carga, a relação do calibre com o peso e o comprimento do caminho no fenômeno do recuo, desenvolveram-se em larga escala. O progresso da balística deu-se de mãos dadas com o trabalho dos mais proeminentes físicos (HESSEN, 1931, p. 46).

Galileu fez um estudo sobre a trajetória parabólica de uma bala; Torricelli, Newton, Bernoulli e Euler ocuparam-se sobre os outros aspectos, como o voo dessa bala, a resistência oferecida pelo ar e os motivos dos desvios da bala durante sua trajetória parabólica.

1.4 BREVE HISTÓRICO DO CONCEITO DE ENERGIA

A ideia de que, nas transformações que ocorrem no mundo natural, uma entidade se conserva, de forma que nada é criado ou destruído, acompanha a humanidade desde tempos imemoriais.

Na cultura ocidental, a ideia de mudança e permanência já aparece nos escritos dos filósofos pré-socráticos. Era comum entre esses pensadores a concepção de um elemento ou princípio universal de todas as coisas. Por exemplo, para Tales de Mileto (625/4-548 a.C.),

este elemento seria a água; para Anaximandro (610-547 a.C.), este elemento seria o *apeiron*, uma forma de matéria indeterminada, ilimitada e indestrutível; enquanto para Anaxímenes (585 -528 a.C.), este elemento fundamental seria o ar (SOUZA, 1973).

Saltando para a idade moderna, é possível encontrar a ideia de mudança e permanência nos escritos de Galileu sobre o equilíbrio de corpos em planos inclinados e sobre suas experiências com o pêndulo (HENRIQUE, 1996).

Na primeira metade do século XVII, René Descartes, na análise dos problemas de colisão dos corpos e na formulação de sua cosmologia, postula que “no universo a quantidade de movimento (mv) se mantém constante”. No mesmo período, Huygens e Leibniz, em oposição à mecânica e cosmologia de Descartes, defendiam que nos choques elásticos, assim como no movimento dos corpos celestes, a entidade que se conservava era a *vis-viva* (mv^2). A ideia de conservação da *vis-viva* associada à cosmologia e à mecânica foi um primeiro passo em direção ao princípio de conservação da energia, que emergiria no cenário científico na primeira metade do século XIX (HENRIQUE, 1996; HIGA, 1988).

Em fins do século XVIII e início do século XIX, as ciências físicas estavam compartimentadas em diferentes ramos, que começavam a esboçar elementos de conexão. Esses diferentes ramos das ciências físicas - calor, óptica, eletricidade, magnetismo etc., desenvolviam-se, basicamente, a partir de duas grandes tradições de pesquisa, a baconiana (*raciocínio empregado nas ciências experimentais e que consiste em passar de certo número de casos particulares a uma lei geral*) e a física matemática. A corrente baconiana, notadamente empírica, com pouca ênfase na linguagem matemática, tinha como paradigma a obra “*Óptica*”, de Newton. A corrente da física matemática caracterizava-se por um intenso uso da análise matemática para a compreensão quantitativa e qualitativa dos fenômenos naturais. Esta vertente inspirava-se nos “*Principia*”, de Newton (ABRANTES, 1998).

No início do século XVIII, o intenso desenvolvimento tecnológico, que resultaria na revolução industrial, ainda se fazia de forma autônoma da ciência. Entretanto, esse desenvolvimento geraria problemas técnicos só solúveis a partir de uma abordagem científica. Com a consolidação da revolução industrial e a emergência de um novo tipo de capitalismo – o capitalismo industrial -, as interações entre ciência, tecnologia e sociedade se deram de forma cada vez mais estreita. O desenvolvimento econômico e social foi cada vez mais tributário do desenvolvimento do binômio ciência-tecnologia, assim como as demandas socioeconômicas exerceram fortes injunções sobre as formas de se fazer ciência, reduzindo em grande medida a sua pretensão à autonomia (BERNAL, 1979; HIGA, 1988).

O conceito de energia e o seu princípio geral de conservação emergiram no cenário científico na primeira metade do século XIX. No período de 1842 a 1847, quatro cientistas europeus – Mayer, Joule, Colding e Helmholtz – anunciaram publicamente a hipótese de conservação da energia. Estes anúncios tinham uma interessante singularidade, à exceção de Helmholtz, todos trabalharam em total desconhecimento do trabalho do outro. Esses trabalhos, “aparentemente” isolados, tinham diferentes pressupostos. Entretanto, entre eles havia algo em comum: eles combinavam a “generalidade da formulação com as aplicações quantitativas concretas” (KUHN, 1989, p. 102). Que condições histórico-culturais deram suporte ideológico a essas formulações?

Kuhn, em sua obra “A Tensão Essencial”, identifica doze cientistas que, partindo de diferentes concepções teóricas e pressupostos metodológicos, contribuíram decisivamente para a construção social do princípio da conservação da energia, são eles: Mayer (1842), Joule (1843), Colding (1843), Helmholtz (1847), Sadi Carnot (antes de 1832), Marc Séguin (1839), Karl Holtzmann (1845), Hirn (1854), Mohr (1837), William Grove (1837, 1843), Faraday (1840, 1844) e Liebig (1844).

Kuhn enfatiza também a presença de três fatores histórico-culturais que constituiriam o substrato ideológico que tornaria possível a emergência, quase que simultânea, da conservação da energia, num período relativamente curto de tempo: a disponibilidade dos processos de conversão, a preocupação com motores e a filosofia da natureza.

A disponibilidade dos processos de conversão resultou de inúmeras descobertas que surgiram após a invenção da bateria, por Alessandro Volta, em 1800. Em 1820, Oersted demonstra os efeitos magnéticos da corrente elétrica; Seebeck, em 1822, mostra que o calor aplicado a uma junção bimetálica produz corrente elétrica; Peltier, doze anos depois, inverte esse exemplo de conversão; Melloni, em 1827, identifica a luz com o calor radiante; Faraday, em 1831, descobre as correntes induzidas. Estas e outras descobertas de processos de conversão passaram a formar uma rede de conexões entre partes da ciência até então isoladas, suscitando a existência de um elemento comum entre os diferentes aspectos da natureza (KUHN, 1989).

Além desses processos de conversão, havia também outros que já eram conhecidos anteriormente, como, por exemplo: a conversão calor-movimento nas máquinas térmicas, a conversão movimento-calor pelo atrito, a obtenção de cargas eletrostáticas pelo movimento, entre outros, todos anteriores a 1800. No entanto, estes fenômenos encontravam-se isolados e pareciam não ter importância científica.

Após 1830, esses problemas, que até então eram interpretados como fenômenos isolados, ganham uma nova significação e passam a ser vistos como ciclos ou cadeias de conversão. Mary Sommerville, em 1834, afirma que:

O progresso da ciência moderna... especialmente nos últimos cinco anos, foi notável devido uma tendência para unir ramos separados [da ciência, de modo que hoje] ... existe um tal elo de união que não se pode atingir competência em nenhum dos ramos, sem se ter conhecimentos dos outros (*apud* KUHN, 1989, p. 110-111).

Kuhn salienta que “a rede dos processos de conversão demarcou realmente a base experimental da conservação da energia e forneceu assim os laços essenciais entre os vários pioneiros” (KUHN, 1989, p.112).

A preocupação com os motores, motivada pelas demandas de baixos custos de produção da emergente burguesia industrial, resultou em significativos aperfeiçoamentos dos projetos de construção das máquinas térmicas. No princípio, essas melhorias não advinham de princípios teóricos, mas da prática e experiência de seus construtores. Aos poucos, os problemas práticos da engenharia foram se tornando mais complexos, exigindo assim uma abordagem científica. Em contrapartida, verificava-se também que alguns conceitos práticos da engenharia eram assimilados e ressignificados no interior do discurso científico. Muitos dos pesquisadores que contribuíram para a emergência do princípio de conservação estiveram envolvidos com problemas tecnológicos.

Além da identificação de uma entidade comum aos vários processos de conversão, era importante também para a emergência de um princípio de conservação, com utilidade prática, a quantificação de um fator de conversão padrão. Dos nove pioneiros que obtiveram êxito na quantificação dos processos de conversão - Carnot, Mohr, Mayer, Joule, Colding, Hirn, Faraday, Helmholtz e Marc Séguin - com exceção de Mayer e Helmholtz, todos tinham uma formação em engenharia ou trabalhavam com máquinas ao darem suas contribuições à conservação da energia. Por exemplo, Joule, ao trabalhar no desenvolvimento de motores elétricos, procurava baterias mais eficientes, além de estudar a conversão da eletricidade em trabalho mecânico. Hirn pesquisava lubrificantes que reduzissem as perdas dissipativas nas máquinas. Carnot, ao estudar o rendimento das máquinas térmicas, idealizou uma máquina que proporcionaria o maior rendimento possível (HIGA, 1988).

O terceiro fator presente no contexto científico da época e que, segundo Kuhn, contribuiu consideravelmente para a emergência do conceito de energia e seu princípio de conservação, foi a *Naturphilosophie* – filosofia da natureza.

A *Naturphilosophie* foi, em linhas gerais, um movimento filosófico surgido em fins do século XVIII e início do século XIX, que propunha, em oposição ao racionalismo mecanicista, uma visão da natureza como organismo. Os adeptos desse movimento buscavam um princípio unificador dos fenômenos naturais. Para Schelling, um de seus representantes, “... os fenômenos magnéticos, elétricos, químicos e, por fim, mesmo os orgânicos, deveriam estar entrelaçados numa grande associação... [que] se estende a toda a natureza” (*apud* Kuhn, 1989, p.134). Schelling, afirmou ainda que, “sem dúvida, só uma força única se manifesta através das suas várias aparências nos [fenômenos] da luz, eletricidade, e assim por diante” (*ibidem*, p. 134-135).

Ao estudar os escritos dos pioneiros, Kuhn observa que, em alguns deles, há grandes lacunas conceituais e “saltos mentais”, sugerindo que “estes pioneiros tinham apreendido uma ideia capaz de se tornar na conservação da energia algum tempo antes de encontrarem dados para elas” (KUHN, 1989, p.131). A origem dessas ideias metafísicas sobre a conservação, segundo Kuhn, deve-se ao contato direto ou indireto de muitos dos pioneiros com os elementos essenciais da *Naturphilosophie*. Por exemplo, Colding foi discípulo de Oersted; Liebig foi aluno de Schelling; Hirn cita Oken e Kant; todos esses mestres eram *Naturphilosophen*. Mayer teve amigos alunos que estudaram a *Naturphilosophie* e o pai de Helmholtz era um *Naturphilosoph*.

Em síntese, Kuhn avalia que a conjugação desses três fatores constituiu o contexto sócio-histórico que faria emergir o conceito de energia e seu princípio de conservação.

1.4.1 Huygens e a evolução do conceito de energia

O grande matemático e físico holandês Christian Huygens (1629-1695), tido por Ernst Mach como um autêntico sucessor de Galileu, deu inúmeras contribuições à ciência do séc. XVII, como o princípio de propagação ondulatória da luz, que leva o seu nome; a expressão matemática do pêndulo composto; a expressão da força centrípeta; além de ter sido o primeiro construtor de relógio de pêndulo, revolucionando com esta invenção a história de medição do tempo.

Em 1669, quando o jovem Leibniz ainda era um cartesiano, e, portanto, longe de defender a *vis viva* como grandeza fundamental de sua metafísica, Huygens, após cuidadosas observações sobre o que acontecia quando dois objetos em movimento colidiam, afirmou que, numa colisão entre corpos duros (dir-se-ia hoje, em uma colisão perfeitamente elástica), como, por exemplo, entre duas bolas de bilhar, a soma das *vis viva* de cada uma das bolas é a

mesma antes e depois da colisão. Um corpo poderia ter a velocidade diminuída pela colisão, enquanto a do outro aumentaria. Consequentemente, a soma das duas *vis viva* seria sempre a mesma. Nas próprias palavras de Huygens, “a soma dos produtos da massa de cada corpo duro pelo quadrado da sua velocidade é sempre a mesma antes e depois do encontro”.

Huygens teve, assim, decisiva influência no desenvolvimento das ideias de Leibniz:

Leibniz, tendo não só aprendido há muito, com Huygens que a quantidade de movimento no sentido cartesiano (onde a velocidade é tomada apenas em seu módulo) não é conservada no fenômeno do impacto (...) aprendeu o papel que a elasticidade exerce na explicação das leis de impacto e finalmente entendeu também a conservação da grandeza mv^2 (COSTABEL, 1692 p. 130).

Em um universo concebido como a evolução da matéria e de seu movimento, a *vis viva* passava a ser assim, graças a Huygens e Leibniz, uma séria candidata para a melhor representação matemática da matéria em movimento.

Como sabemos hoje, a *vis viva*, isto é, a massa pelo quadrado da velocidade de um corpo é o dobro de uma grandeza que no século XIX foi chamada por Lord Kelvin (1824-1907) de energia cinética. O termo energia vem do grego, *energeia*, que significa em movimento ou em funcionamento, e surge para substituir a inadequada terminologia de *vis* ou força de Leibniz, ainda comprometida com o aristotelismo. As descobertas de Leibniz e Huygens foram, assim, embrionárias para a construção de um dos mais importantes princípios da Física: o da conservação de energia, que só foi formulado em meados do século XIX, num enunciado em que a energia do universo não pode ser criada nem destruída. O conceito de energia generalizou-se, então, a partir da *vis viva*, para abarcar todas as outras formas de energia, como, por exemplo, a *vis viva* latente ou *vis mortua*, como é hoje conhecida a energia potencial. A noção de energia potencial já foi intuída por Leibniz, que percebeu que uma força que realiza um trabalho (força vezes a distância percorrida pelo ponto de aplicação da própria força), suspendendo um corpo ou contraindo uma mola, comunica ao corpo uma energia de repouso que depois poderá ser reconvertida em energia cinética. Em um processo em que não ocorram perdas de energia, através de forças de atrito consideráveis, a soma da energia cinética e potencial deve permanecer praticamente a mesma ao longo de todo o processo.

Em 1798, o engenheiro militar norte-americano Benjamim Thomson (1753-1814), também conhecido por Conde Rumford, ao perfurar canos de canhão (para fazer as suas brocas), descobriu que o calor produzido pelas brocas era inextinguível, fervendo toda a água que era utilizada para o resfriamento. O calor, que antes era considerado uma substância que passava dos corpos quentes aos frios, chamada de calórico pelos físicos do século XVIII,

deveria ser, portanto, considerado como uma forma de energia desorganizada que provinha da energia de movimento das brocas friccionadas pelo canhão. A partir de então, o calor passou a ser incorporado também nas equações que regem o princípio de conservação da energia. Existiriam assim duas formas de se transferir energia de um sistema a outro: o trabalho das forças se encarregaria de transferir energia mecânica, enquanto o calor se transferiria por diferenças de temperatura entre os dois sistemas. No século XIX, a antiga *vis viva* de Leibniz foi assim unificada ao calor através do conceito comum de energia, constituindo-se em uma das mais importantes leis da termodinâmica.

1.5 A FÍSICA DAS COLISÕES

Fazer uma relação do cotidiano com a física não é uma tarefa fácil. Notamos que, na maioria dos eventos que presenciamos no nosso dia a dia, se tem uma relação com a física, mas quando se tenta explicar esses fenômenos de maneira correta, sentimos uma grande dificuldade, por causa da assimilação e abstração do conteúdo ministrado em sala de aula. Uma das grandezas físicas mais utilizadas no cotidiano talvez seja o conceito de “Energia”. Ela está sempre presente na nossa vida e, mesmo assim, sentimos uma grande dificuldade em conceituá-la.

A ideia de conservação de Energia foi citada pela primeira vez em 1668, quando Huygens apresentou, na Royal Society de Londres, o conceito de corpos em colisões.

Thomas Young (1773-1829) foi o primeiro cientista a usar o conceito de Energia sob a forma que entendemos hoje em dia, durante seus trabalhos realizados na área da óptica e da ondulatória. Este conceito estava relacionado à capacidade de uma partícula em realizar trabalho.

Em 1853, o físico escocês William Rankine utilizou o conceito de “energia potencial” como distinto de “energia atual” (que mais tarde seria chamada “energia cinética”). Desde 1870, o termo energia possui o significado que conhecemos hoje.

Já em 1886, Leibniz relacionou a altura de queda dos corpos com suas respectivas velocidades finais e percebeu que a relação se dava por um termo quadrático. Leibniz ainda afirmava que a força era conservada durante o movimento dos corpos na forma de mv^2 . A esse conceito matemático, Leibniz chamou de *vis viva*. Essa força capaz de realizar trabalho é que mais tarde foi denominada energia cinética.

As ideias iniciais do conceito de energia foram exemplificadas no trabalho de Kuhn (1977). Segundo Kuhn, Faraday havia dito em 1834:

Não podemos dizer se alguma [destas forças] é a causa das outras, mas apenas que todas estão conexas e se devem a uma causa comum.” O autor ainda cita também as ideias de Grove, que em 1843 disse “A posição que procuro estabelecer neste ensaio é que [cada um] dos vários agentes imponderáveis... isto é, calor, luz, eletricidade, magnetismo, afinidade química e movimento, podem, enquanto força produzir ou converter-se nas outras (KUHN, 1977, p. 76).

No ano de 1905, o célebre físico Albert Einstein publicou o conceito de Energia relativística. Segundo Einstein, massa e energia estavam intimamente ligadas. Se um corpo possuísse massa, obrigatoriamente ele possuía energia e vice-versa. Esta definição pode ser explicitada pela fórmula mundialmente conhecida $E = mc^2$, onde E é a energia de uma partícula, m é a sua massa e c é a velocidade da luz no vácuo.

Notamos que o conceito “Energia” vem ao longo dos anos sofrendo diversas modificações sobre seu significado. Inicialmente foi usado para definir o conceito de força viva (*vis viva*), relacionada ao movimento dos corpos, e “calórico”, relacionado à ideia de transferência de energia térmica.

Até o século XVIII, definia-se Energia de forma abrangente; relacionava-se praticamente com todas as áreas da Física: força gravitacional, força elétrica, força magnética, não possuindo, contudo, uma definição clara e concreta.

Embora energia nos seja familiar é difícil defini-la, pois ela não é apenas uma “coisa”, mas uma coisa e um processo juntos – como se fosse um substantivo e um verbo. Pessoas, lugares e coisas possuem energia, mas geralmente observamos a energia apenas quando ela está sendo transferida ou transformada (HEWITT, 2002, p. 120).

Concordamos que a definição mais simples para energia seja “a capacidade de realizar trabalho”. Apesar de sua simplicidade, essa ideia nos permite explorar fenômenos como a queda de um objeto na presença da força gravitacional, o movimento de um veículo a partir da queima de combustível em seu motor, o movimento de elétrons (corrente elétrica) em um condutor ligado a uma bateria, o funcionamento das máquinas térmicas, entre outros. Em todos esses casos, alguma forma de energia (potencial, química, elétrica, térmica) foi transferida ao sistema, permitindo a realização de algum tipo de movimento.

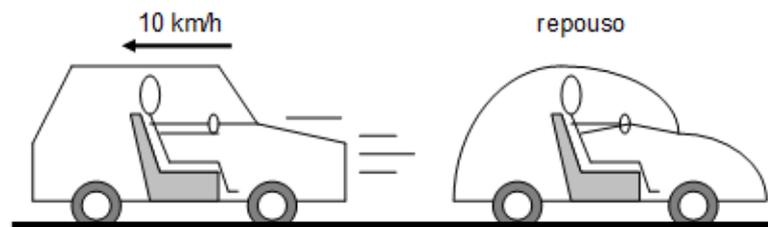
Passaremos agora para um conceito, também muito explorado no nosso cotidiano, que para ser introduzido como conhecimento acadêmico devemos ter em mente os conceitos de Energia e das suas conservações, quantidade de movimento e colisões. Segundo o livro “Os

Fundamentos da Física Clássica”, “uma colisão entre duas partículas é um processo em que uma é lançada contra a outra, podendo trocar energia e momento [linear] em consequência de sua interação” (NUSSENZVEIG, 2002, p. 168).

Quando as forças entre dois corpos forem muito maiores que as forças externas, como em geral ocorre na maior parte das colisões, podemos desprezar completamente as forças externas e considerar os corpos como um sistema isolado. Então, existe conservação do momento linear na colisão, e o momento linear total do sistema é o mesmo antes e depois da colisão (YOUNG; FREEDMAN, 2003, p. 231).

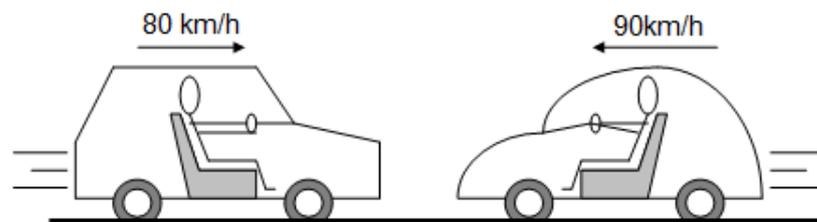
A verificação de atividade a respeito dos conceitos de colisão deve, segundo seus autores, operar por meio da simulação de colisões por interposto do uso de miniaturas de carros. Ao realizarem a simulação, os alunos deverão fazer as miniaturas de carros se chocarem de três maneiras diferentes.

Figura 1. Colisão entre dois carros com mesma direção e mesmo sentido, um com certa velocidade e outro em repouso



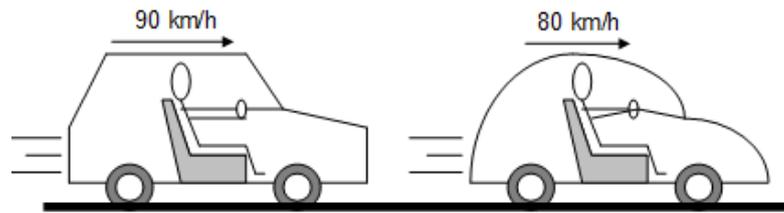
Fonte: Imagem/Arquivo do pesquisador

Figura 2. Colisão entre dois carros com mesma direção, sentidos opostos e velocidades diferentes em módulo



Fonte: Imagem/Arquivo do pesquisador

Figura 3. Colisão entre dois carros com mesma direção, mesmo sentido e velocidades diferentes em módulo



Fonte: Imagem/Arquivo do pesquisador

Com base na literatura psicológico-pedagógica tradicional, Davýdov (1982, p. 25) afirma que, “no processo de aprendizagem, a sequência ‘percepção-representação-conceito’ tem sentido funcional, isto é, cada novo conceito surge precisamente neste caminho e na sequência indicada”.

Segundo o pesquisador Davýdov (1982), na literatura psicológico-pedagógica tradicional, a generalização, juntamente com a abstração, é o processo que nos leva a elaboração de um determinado conceito. Contudo, para a literatura mencionada, generalizar consiste em destacar, em um determinado grupo de objetos, características semelhantes que se repetem e se mantêm estáveis. Em outras palavras, é encontrar as qualidades análogas de um grupo de objetos semelhantes.

Com os experimentos citados acima, podemos propor aos alunos alguns questionamentos, como, por exemplo: No primeiro experimento, o que acontecerá com o carro que está em repouso? E com o carro que está em movimento? Essas indagações podem levar o aluno a se questionar sobre os possíveis movimentos dos carros. Apresentando esses questionamentos para um grupo de alunos que estão participando de um jogo, podemos observar que o grupo entrará em uma discussão, promovendo um debate. Com isso, teremos aprendizagem por parte do grupo, que irá expor suas possíveis respostas a outros grupos que participam do mesmo jogo.

1.6 MATERIAL DIDÁTICO: CONCEITOS DE IMPULSO, QUANTIDADE DE MOVIMENTO, ENERGIA CINÉTICA E TIPOS DE COLISÕES

Com a finalidade de preparar os alunos para o melhor entendimento da disciplina em que será realizada o trabalho, desenvolvemos um pequeno material com o conteúdo teórico relacionado ao tema colisões. O intuito do desenvolvimento desse material é complementar o conteúdo disposto no livro didático, o qual é bastante resumido e com poucas aplicações no

cotidiano. A seguir, faremos de forma detalhada a descrição dos conceitos físicos que compõem o nosso trabalho, seguindo a mesma ordem em que foram apresentados aos alunos.

1.6.1. Impulso de uma força

Quando um jogador de futebol dá um chute em uma bola (figura 4), quando um jogador de voleibol dá uma “cortada” na bola durante um salto (figura 5), quando um tenista “golpeia” a bola (figura 6), surge sobre a bola, nas três situações apresentadas, uma intensa força em um curto intervalo de tempo, fazendo com que ela seja impulsionada.

Figura 4. Representação de um jogador de futebol



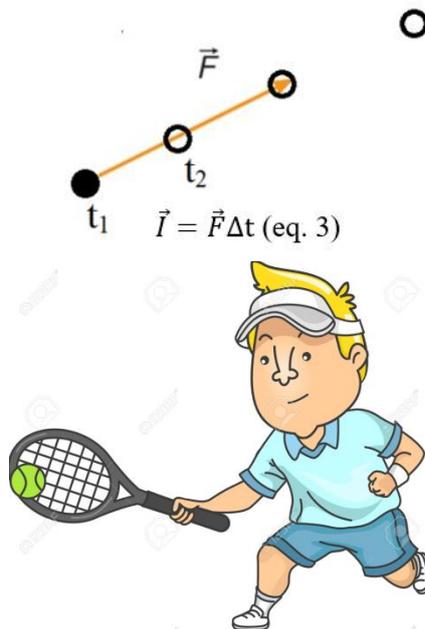
Fonte: <https://pt.vecteezy.com/arte-vetorial>

Figura 5. Representação de um jogador de voleibol



Fonte: <https://br.depositphotos.com/>

Figura 6. Representação de um tenista



Fonte: <https://es.123rf.com/>

Considere que uma força atue num corpo durante certo intervalo de tempo, poderíamos nos perguntar: será que o produto dessa força pelo tempo tem algum significado físico? A resposta é sim. O produto dessas duas grandezas físicas resulta em uma grandeza vetorial chamada de Impulso de uma força.

Considere uma força \vec{F} atuando em um ponto material durante um certo intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$ (figura 7). O *impulso* \vec{I} dessa força constante nesse intervalo de tempo é uma grandeza física vetorial dada por:

Figura 7. Força sobre um objeto

Fonte: Do autor

Sendo uma **grandeza vetorial**, o impulso possui três características: intensidade, direção e sentido.

Intensidade (módulo): $|\vec{I}| = |\vec{F}|\Delta t$

Direção: a mesma de \vec{F} (paralelo a \vec{F})

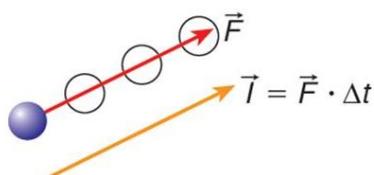
Sentido: o mesmo de \vec{F} .

A direção e o sentido do impulso de uma força têm a mesma direção e o mesmo sentido da força, pois a variação do tempo sempre será uma grandeza positiva. No sistema internacional de unidades (SI), a unidade de medida de impulso de uma força é: **newton x segundo (N . s)**.

A partir do gráfico da intensidade da força F atuante em função do tempo, é possível calcular a intensidade do impulso. Na figura 8, é mostrado o gráfico em questão para uma força \vec{F} constante. A intensidade do impulso no intervalo de tempo Δt considerado é numericamente igual à área do retângulo destacado nesse gráfico. Essa área é dada por:

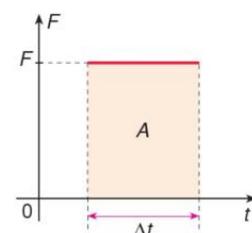
$$A = F\Delta t \rightarrow A = I \text{ (numericamente) (eq.4)}$$

Figura 8. Força constante aplicada a um corpo e o gráfico dessa força
CÁLCULO GRÁFICO



• Força constante

• Área = Impulso



Fonte: <https://slideplayer.com.br/>

Se a força \vec{F} tem direção constante e sua intensidade varia em função do tempo, de acordo com o gráfico da figura 9, para a determinação do impulso devemos recorrer necessariamente ao cálculo de áreas. A área destacada de amarelo (figura 9) representa numericamente a intensidade do impulso num curto intervalo de tempo. A soma de áreas como a anterior, considerando intervalos de tempo Δt extremamente pequenos ($\Delta t \rightarrow 0$), é a área total A delimitada pela curva da função e pelo eixo do tempo (figura 10), que numericamente é a intensidade do impulso da força no intervalo de tempo t_A e t_B .

Figura 9. Cálculo gráfico do trabalho de uma força

Fonte: <https://slideplayer.com.br/>

**Figura 10. Cálculo
uma força**

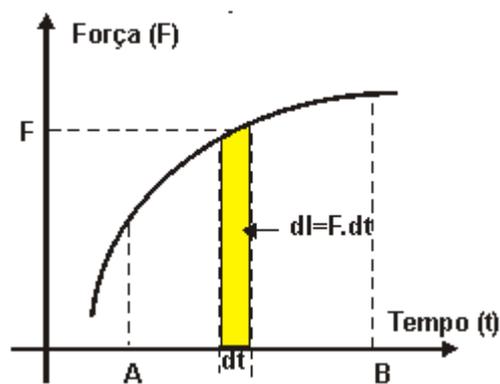
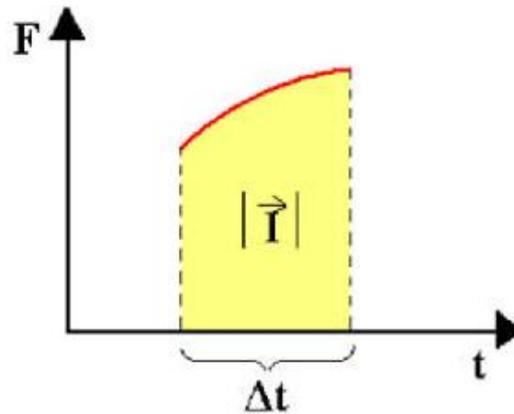


gráfico do trabalho de



Fonte:

<https://slideplayer.com.br/>

1.6.2 Quantidade de movimento

É de nosso senso comum analisar algumas situações simples do cotidiano e constatar que:

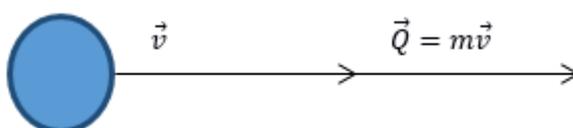
- É mais fácil frear uma moto do que um caminhão, quando os dois possuem a mesma velocidade;
- Uma flecha penetra com maior profundidade na madeira quando disparada por um arco do que quando ela é lançada com a mão.

Essas situações refletem a necessidade de definir uma grandeza física com característica especial que está relacionada com a massa m e a velocidade \vec{v} do corpo, e que caracteriza o estado de movimento deste corpo. Essa grandeza física vetorial é denominada quantidade de movimento, \vec{Q} , ou momento linear, e é definida como o produto da massa m do corpo com a sua velocidade \vec{v} , ou seja,

$$\vec{Q} = m\vec{v} \text{ (eq. 5)}$$

De acordo com a sua definição, a quantidade de movimento, \vec{Q} , é uma grandeza vetorial e deve ter a mesma direção e sentido do vetor velocidade, \vec{v} , como ilustrado na figura 11.

Figura 11. Quantidade de movimento



Fonte: <https://slideplayer.com.br/>

Sendo uma **grandeza vetorial**, a quantidade de movimento possui três características: intensidade, direção e sentido.

Intensidade (módulo): $|\vec{Q}| = m|\vec{v}|$

Direção: a mesma de \vec{v} (paralelo a \vec{v})

Sentido: o mesmo de \vec{v} .

A direção e o sentido da **quantidade de movimento** têm a mesma direção e o mesmo sentido da velocidade, pois a massa de um corpo sempre será uma grandeza positiva. No sistema internacional de unidades (SI), a unidade de medida de quantidade de movimento é o **quilograma x metro por segundo (kg x m/s)**.

Para se movimentar, um corpo sempre precisa de outro corpo. Existem situações em que essa constatação se torna muito evidente. Por exemplo, um foguete carrega consigo massa de gás que, com o passar do tempo, vai sendo lançada para fora com grande velocidade. A mudança de sentido do movimento está associada à mudança de sentido do gás.

Figura 12. Transmissão de movimento por compensação



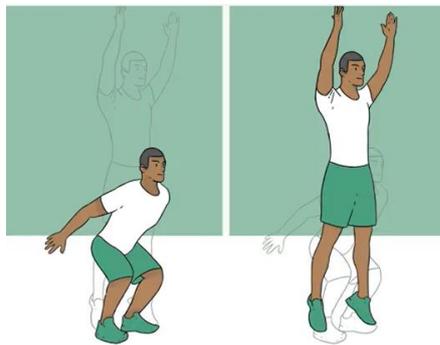
Fonte: <http://lugardisponivel.blogspot.com/2011/03/e-os-foguetes-do-onibus-espacial-o-que.html>.

Quando corpos interagem, um exerce uma força sobre o outro e, como consequência, provoca uma variação nas suas velocidades, ou seja, variando a sua quantidade de movimento. A variação da quantidade de movimento sofrida por um corpo depende da força resultante atuante no corpo e do intervalo de tempo durante o qual a força age.

Quanto maior for a força, ou seja, quanto mais intensa, menor será o intervalo de tempo necessário para produzir certa variação na quantidade de movimento. Reciprocamente, quanto menos intensa for a força, maior deverá ser o intervalo de tempo necessário para que ocorra a mesma variação da quantidade de movimento.

Ao pular de certa altura, não mantemos as pernas estendidas quando atingimos o solo, mas sim flexionamos durante a colisão, para aumentar o intervalo de tempo de contato com o solo e diminuir a intensidade da força de impacto.

Figura 13. Ao encolher as pernas em um salto, aumenta-se o tempo, conseqüentemente diminui-se a força



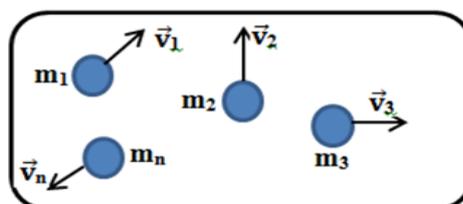
Fonte: <https://pt.wikihow.com/Aumentar-seu-Salto-Vertical>

Podemos afirmar que a quantidade de movimento é uma grandeza instantânea, pois é definida em certo instante de tempo.

1.6.2.1 Quantidade de movimento de um sistema de corpos

Para um sistema físico que é constituído por um conjunto de n partículas com massas, $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$, que se movem com velocidades respectivamente iguais a $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \vec{v}_3, \dots, \vec{v}_n$, como representado na figura 14, as quantidades de movimento de cada partícula serão respectivamente $\vec{Q}_1 = m_1 \vec{v}_1, \vec{Q}_2 = m_2 \vec{v}_2, \vec{Q}_3 = m_3 \vec{v}_3, \dots, \vec{Q}_n = m_n \vec{v}_n$.

Figura 14. Conjunto de partículas



Fonte: Do próprio autor

Assim, a quantidade de movimento do sistema, ou seja, a sua quantidade de movimento total, \vec{Q}_{total} , é obtida pela soma vetorial das quantidades de movimento de cada partícula que constitui o sistema, isto é, \vec{Q}_{total} é a resultante das quantidades de movimento,

$$\vec{Q}_{total} = \vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \vec{Q}_3 + \dots + \vec{Q}_n. \text{ (eq. 6)}$$

$$\vec{Q}_{total} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + m_3\vec{v}_3 + \dots + m_n\vec{v}_n. \text{ (eq. 7)}$$

Abaixo vamos determinar a quantidade de movimento do sistema de esferas para dois casos:

Na primeira situação, iremos representar duas esferas com mesma direção, mas com sentidos opostos, como nas figuras 15 e 16.

Figura 15. Objetos com mesma direção e sentidos opostos



Fonte: Livro os fundamentos da física vol.1

$$\vec{Q}_1 = m\vec{v}_1 \text{ (eq. 8)}$$

$$\vec{Q}_2 = m\vec{v}_2 \text{ (eq. 9)}$$

$$\vec{Q}_R = \vec{Q}_1 - \vec{Q}_2 \text{ (eq. 10)}$$

Figura 16. Objetos perpendiculares entre si



Fonte: Livro os fundamentos da física vol.1

$$\vec{Q}_1 = m\vec{v}_1 \text{ (eq. 11)}$$

$$\vec{Q}_2 = m\vec{v}_2 \text{ (eq. 12)}$$

$$\vec{Q}_R^2 = \vec{Q}_1^2 + \vec{Q}_2^2 \text{ (eq. 13)}$$

1.6.2.2 Teorema do impulso

Vimos que, quando em um corpo atua uma força durante um intervalo de tempo, ele recebe um impulso. Mas o que ocorre com a velocidade do corpo? Se essa força for a resultante não-nula, a velocidade deste corpo sofrerá alteração, o mesmo acontecendo com a quantidade de movimento do corpo. Podemos, então, entender a relação entre força resultante, intervalo de tempo e variação de velocidade, por meio do *Teorema do Impulso*.

Supondo que \vec{F} seja a resultante das forças que agem sobre o corpo, então a 2ª lei de Newton nos permite escrever que

$$\vec{F}_R = m\vec{a} \text{ (eq. 14)}$$

Sabendo que \vec{a} representa a aceleração sofrida pelo corpo e que

$$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} \text{ (eq. 15)}$$

Substituindo a aceleração na equação da força resultante, teremos:

$$\vec{F}_R = m\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} \rightarrow \vec{F}_R\Delta t = m\Delta\vec{v} \text{ (eq. 16)}$$

Com a variação da velocidade sendo $\Delta\vec{v} = \vec{v}_f - \vec{v}_i$, teremos, então,

$$\vec{F}\Delta t = m(\vec{v}_f - \vec{v}_i) \text{ (eq. 17)}$$

$$\vec{F}\Delta t = m\vec{v}_f - m\vec{v}_i \text{ (eq. 18)}$$

Dessa forma, podemos identificar que

$\vec{F}\Delta t$ representa o impulso \vec{I} que o corpo recebeu;

$\vec{Q}_i = m\vec{v}_i$ representa a quantidade de movimento inicial antes da ação da força;

$\vec{Q}_f = m\vec{v}_f$ representa a quantidade de movimento final após a ação da força.

Desse modo, obteremos o que chamamos de *Teorema do Impulso*,

$$\vec{I} = \vec{Q}_f - \vec{Q}_i = \Delta\vec{Q}. \text{ (eq. 19)}$$

Podemos, então, concluir que,

O impulso \vec{I} , exercido pela resultante das forças que atuam sobre um corpo, durante um certo intervalo de tempo Δt , é igual à variação da quantidade de movimento $\Delta\vec{Q}$, ocorrida naquele intervalo de tempo, isto é: $\vec{I} = \vec{Q}_f - \vec{Q}_i = \Delta\vec{Q}$

O enunciado anterior é conhecido como Teorema do Impulso, de validade geral para qualquer tipo de movimento, mesmo que a força resultante não seja constante.

Antes de prosseguirmos com nosso conteúdo, é importante fazermos uma observação. A 2ª lei de Newton, apresentada na forma, $\vec{F}_R = m\vec{a}$ ou $\vec{F} = m\Delta\vec{v}/\Delta t$, não descreve corretamente situações em que a massa de um corpo pode variar no tempo, por exemplo, como acontece com um foguete em uma viagem pelo espaço.

Para esses casos (que não são o foco deste trabalho), Isaac Newton em sua obra “Principia”, publicada em 1687, propôs a 2ª lei, representada matematicamente da seguinte maneira:

$$\vec{F}_R = \frac{\Delta\vec{Q}}{\Delta t} \text{ (eq.20)}$$

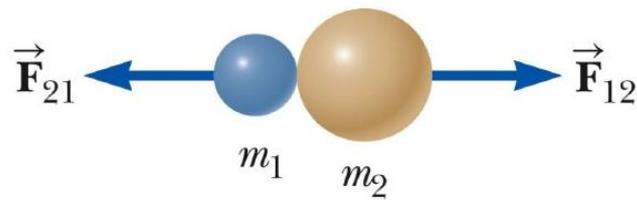
definida como a força resultante que age sobre o corpo é igual a taxa de variação da quantidade de movimento desse corpo no tempo, de modo que essa variação tem a direção e o sentido da força. Situações em que a massa é constante no tempo, a relação anterior é reduzida à expressão particular mais conhecida como $\vec{F} = m\vec{a}$.

1.6.2.3 Forças internas e externas

As forças que atuam em um sistema de partículas podem ser classificadas como forças internas e forças externas. Se uma partícula do sistema exercer força sobre outra partícula que também pertença a este sistema, a força é considerada uma força interna. Por outro lado, se a força que atua sobre uma partícula do sistema for proveniente de um agente excluído ao sistema, ela será uma força externa.

Vamos usar como exemplo a colisão de duas bolas de bilhar de massas diferentes, como a representada na figura 15. Neste caso, estamos admitindo que o sistema é formado apenas por essas duas bolas. A força que a bolinha 1 exerce na bolinha 2, $\vec{F}_{1,2}$, e consequentemente a força que a bolinha 2 exerce na bolinha 1, $\vec{F}_{2,1}$, são *forças internas*, pois ambas as bolas pertencem ao mesmo sistema. Essas forças internas formam um par ação e reação, de acordo com a 3ª lei de Newton.

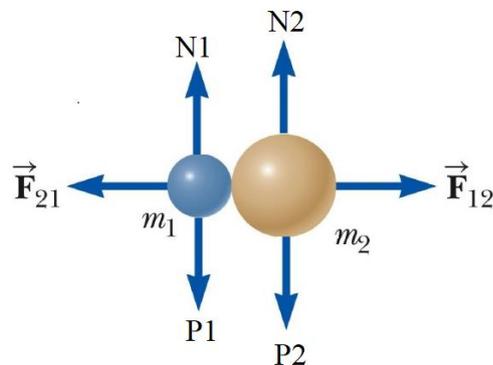
Figura 17. Colisão entre duas bolas de massas diferentes



Fonte: Próprio autor.

Contudo, além das forças acima citadas, também atuam sobre cada uma das bolas a força peso proveniente da Terra e a força normal da mesa, todas ilustradas na figura 18. Tanto a força peso como a força normal são *forças externas* ao sistema.

Figura 18. Sistema formado por duas bolas e suas forças externas



Fonte: Próprio autor.

1.6.2.4 Forças internas poderiam provocar variação na quantidade de movimento?

Considerando ainda o sistema anterior, sabemos, pela terceira lei de Newton, que “toda ação equivale a uma reação com a mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos”, sendo que a ação ocorre em um corpo e a reação ocorre em outro corpo. Logo, a bola 1 exerce uma força sobre a bola 2 e esta reage e aplica a mesma força sobre a bola 1. Como já vimos anteriormente, estas forças são forças internas ao sistema. Por causa desta interação, a bola 1 recebe então um impulso \vec{I}_1 e a bola 2 recebe um impulso \vec{I}_2 . Como as forças que provocam os impulsos são iguais e contrárias, os impulsos recebidos pelas bolas têm o mesmo valor, mas sentidos opostos, concordando com a definição:

$$\vec{I}_1 = -\vec{I}_2 \text{ (eq. 21)}$$

sendo $\vec{I}_1 = \Delta\vec{Q}_1$ e $\vec{I}_2 = \Delta\vec{Q}_2$, em que $\Delta\vec{Q}_1$ e $\Delta\vec{Q}_2$ são as respectivas variações nas quantidades de movimento das bolas 1 e 2 associadas a estes impulsos, obtemos da relação anterior que

$$\Delta\vec{Q}_1 = -\Delta\vec{Q}_2 \text{ (eq. 22)}$$

Por essa expressão, podemos afirmar que as forças internas provocaram variações iguais em módulo, porém em sentidos contrários nas quantidades de movimentos das partículas do sistema.

De acordo com a relação anterior, temos:

$$\Delta\vec{Q}_1 + \Delta\vec{Q}_2 = 0, \text{ (eq.23)}$$

$$\Delta(\vec{Q}_1 + \vec{Q}_2) = 0, \text{ (eq.24)}$$

$$\Delta\vec{Q}_{tot} = 0. \text{ (eq.25)}$$

Assim, se as forças internas obedecem a 3ª terceira lei de Newton, não haverá variação da quantidade de movimento total no sistema.

Concluimos, portanto, que,

As forças internas podem provocar variações nas quantidades de movimento de cada partícula de um sistema isolado, mas não provocam variação na quantidade de movimento total desse sistema.

Isso não ocorre apenas quando o sistema são bolas de bilhar. Existem muitos exemplos envolvendo interações entre corpos dessa natureza: choque entre dois carros, explosão de uma granada, movimento de foguetes, disparo de projéteis, além de outros.

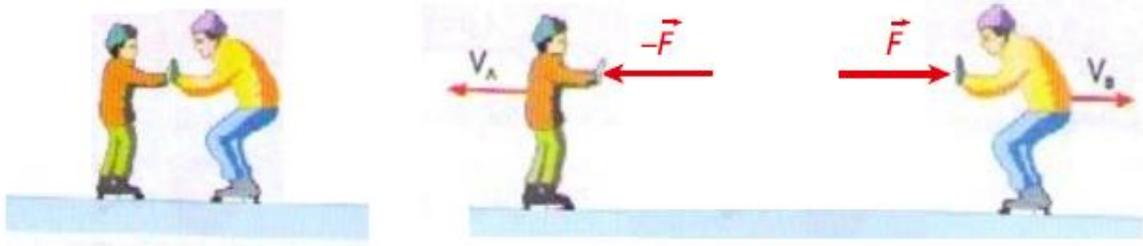
1.6.2.5 Sistema mecânico isolado

Uma partícula em equilíbrio é o caso mais elementar de sistema mecânico isolado. Estando em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme, a resultante das forças que agem sobre ela é nula.

$$\vec{F}_{ex} = 0 \Rightarrow \vec{Q} = \text{constante. (eq.26)}$$

Veamos outro exemplo: admita que dois patinadores, inicialmente em repouso sobre uma plataforma plana e horizontal, se empurrem mutuamente, conforme sugerem os esquemas abaixo (figura 19).

Figura 19. Dois patinadores empurram-se



Fonte: Próprio autor.

Desprezando os atritos e a influência do ar, os dois patinadores constituem um sistema mecânico isolado, pois a resultante das forças externas atuantes no conjunto é nula. De fato, as únicas forças externas que agem em cada patinador são a força da gravidade (peso) e a força de sustentação da plataforma (normal), que se equilibram.

Entretanto, uma pergunta surge naturalmente: as forças trocadas entre eles no ato do empurrão não seriam resultantes, uma vez que cada patinador, pela ação da força recebida, tem seu corpo acelerado a partir do repouso? E a resposta é simples: sim, essas forças (ação e reação) são as resultantes que aceleram **cada corpo**, porém são **forças internas** ao sistema, não devendo ser consideradas no estudo do sistema como um todo.

De fato, a soma dos impulsos das forças internas \vec{F} e $-\vec{F}$ (forças de ação e reação trocadas pelos patinadores no ato do mútuo empurrão) é **nula** e, por isso, essas forças não participam da composição do impulso total externo exercido sobre o sistema.

Esse é um dos teoremas mais importantes da Mecânica Clássica. Ele nos informa que em um sistema isolado, isto é, livre de influências externas, a soma dos produtos das massas pelas velocidades das partículas permanece constante, não importando como essas velocidades estejam mudando durante as interações entre as próprias partículas que constituem o sistema.

Aplicando o teorema do impulso, temos $\vec{I}_R = \Delta\vec{Q}_{total}$, ou seja, $\vec{I}_R = \vec{Q}_{total}^f - \vec{Q}_{total}^i$, de modo que I_R refere-se ao impulso resultante do sistema, \vec{Q}_{total}^i à quantidade de movimento total antes de ocorrer interação e \vec{Q}_{total}^f à quantidade de movimento total após a interação. Sendo o sistema isolado, $\vec{I}_R = 0$, então,

$$\vec{Q}_{total}^f - \vec{Q}_{total}^i = 0 \therefore \vec{Q}_{total}^f = \vec{Q}_{total}^i. \text{ (eq.27)}$$

Um sistema mecânico é denominado isolado de forças externas quando a

resultante das forças externas atuantes sobre ele for nula.

1.6.2.6 O princípio de conservação da quantidade de movimento

As leis mais importantes e gerais da Física são os **princípios de conservação**, entre os quais destacamos o de conservação da energia, o da conservação da quantidade de movimento (ou momento linear), o da conservação do momento angular e o da conservação da carga elétrica.

Veremos, agora, o **Princípio de Conservação da Quantidade de Movimento**, mas, antes da apresentação formal de seu enunciado, analisemos três situações a seguir.

Consideremos um pequeno bote em repouso nas águas tranquilas de um lago. Admitamos que no local não haja correnteza nem ventos. Um homem está parado na proa da embarcação. Você pode concluir então que, nessa situação, a quantidade de movimento total do sistema homem - bote é nula. De repente, o homem lança-se horizontalmente, mergulhando diretamente na água. O que ocorre com o bote?

Tomando-se por base uma série de ocorrências similares de nosso dia a dia, a resposta imediata seria: a embarcação é impulsionada para trás, em sentido oposto ao da velocidade do homem.

Nesse contexto, desprezando-se a resistência da água ao movimento do bote, houve a conservação da quantidade de movimento total do sistema homem - bote, que permaneceu nula do início ao final do episódio. Se somarmos vetorialmente as quantidades de movimento do homem e do bote em qualquer instante, desde o momento imediatamente anterior ao seu salto até a situação imediatamente posterior, a soma será nula.

Isso ocorre porque estamos diante de um sistema isolado de forças externas, como foi descrito na seção anterior, e, em casos assim, deve ocorrer a conservação da quantidade de movimento total do sistema.

Se você joga sinuca ou já observou alguém jogando, deve ter notado que cada jogada pode ser dividida em duas situações:

1º Antes da colisão da bola atirada em direção as outras que estão em repouso;**2º Depois da colisão, as bolas tomam direções e sentidos diferentes.**

Antes da colisão, apenas a bola lançada tinha uma determinada quantidade de movimento. Após o choque, essa quantidade de cada bola é alterada em função das forças que elas trocam umas com as outras.

Entretanto, considerando as bolas mais uma vez como os elementos formadores do nosso sistema, essas forças são internas, pois surgem da interação desses elementos. Como já vimos, as forças internas não provocam variação na quantidade de movimento total, \vec{Q}_{tot} , de um sistema. Portanto, qualquer variação em \vec{Q}_{tot} só poderá ser causada por forças externas. Caso não existam forças externas em um sistema ou se a resultante delas for nula, a quantidade de movimento do sistema permanecerá constante.

A conservação da quantidade de movimento também pode ser notada no mundo atômico, como acontece no decaimento radioativo alfa, em que o núcleo de um dos isótopos radioativos do urânio (U^{232}), inicialmente em repouso, se divide em um núcleo de tório e uma partícula alfa (núcleo de hélio), que adquirem movimento em sentidos opostos, de modo que a quantidade de movimento total do sistema se mantém igual a zero.

A validade desse princípio fundamental ainda pode ser verificada nas imensidões cósmicas, por ocasião de explosões estelares ou de colisões entre asteroides e astros maiores, como planetas e satélites.

Enuncia-se que:

Em um sistema mecânico isolado de forças externas, conserva-se a quantidade de movimento total.

$$\Delta\vec{Q} = \mathbf{0} \text{ ou } \vec{Q}_{\text{final}} = \vec{Q}_{\text{inicial}}$$

Façamos a verificação desse enunciado. Segundo o Teorema do Impulso, temos:

$$\vec{I}_{\text{tot}} = \Delta\vec{Q} \text{ (eq.29)}$$

Entretanto, em um sistema mecânico isolado, a resultante das forças externas é nula, o que permite dizer que o impulso total (da força resultante externa) também é nulo. Então:

$$\vec{I}_{\text{tot}} = \mathbf{0} \text{ (eq.30)}$$

Assim temos:

$$\Delta\vec{Q} = \mathbf{0} \text{ (eq.31)}$$

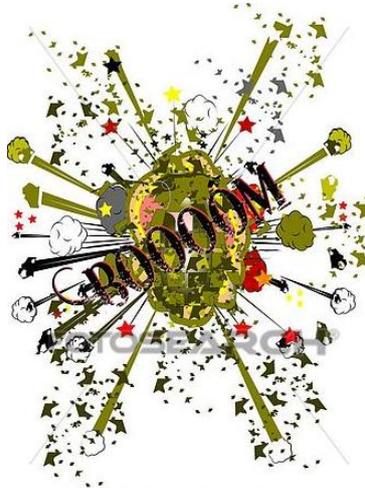
Ou de modo equivalente:

$$\vec{Q}_{\text{final}} = \vec{Q}_{\text{inicial}} \text{ (eq.32)}$$

Iremos expor um exemplo para o melhor entendimento do conteúdo apresentado até esse momento.

Uma situação importante em que podemos aplicar o Princípio de Conservação da Quantidade de Movimento é a de uma explosão de uma granada (figura 20).

Figura 20. Explosão de uma granada



Fonte: www.fotosearch.com

Nesse caso, em razão da breve duração do fenômeno, os impulsos de eventuais forças externas são desprezíveis, não alterando de modo significativo a quantidade de movimento total do sistema, que se conserva, obedecendo à equação:

$$\vec{Q}_{\text{final}} = \vec{Q}_{\text{inicial}} \quad (\text{eq. 33})$$

Na explosão de uma granada, a soma vetorial das quantidades de movimento dos fragmentos imediatamente após o evento deve ser igual à quantidade de movimento inicial do artefato.

$$\vec{Q}_{\text{final}} = \vec{Q}_{\text{inicial}} \rightarrow \vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \vec{Q}_3 + \dots + \vec{Q}_{\text{inicial}} \quad (\text{eq. 34})$$

1.6.3 Introdução ao estudo das colisões mecânicas

Um jogo de sinuca (figura 21) é um excelente cenário para observarmos um bom número de colisões mecânicas.

Figura 21. Um jogo de sinuca



Fonte: <https://images.app.goo.gl>

As bolas, lançadas umas contra as outras, interagem, alterando as características de seus movimentos iniciais. As colisões mecânicas têm, em geral, breve duração. Quando batemos um prego usando um martelo, por exemplo, o intervalo de tempo médio de contato entre o martelo e o prego em cada impacto é da ordem de 10^{22} s.

Duas fases podem ser distinguidas em uma colisão mecânica: a de **deformação** e a de **restituição**. A primeira tem início no instante em que os corpos entram em contato, passando a se deformar mutuamente, e termina quando um corpo para em relação ao outro. Nesse instante começa a segunda fase, que tem seu fim quando os corpos se separam. A fase de restituição, entretanto, não ocorre em todas as colisões. Em uma batida entre dois automóveis que não se separam após o choque, por exemplo, praticamente não há restituição.

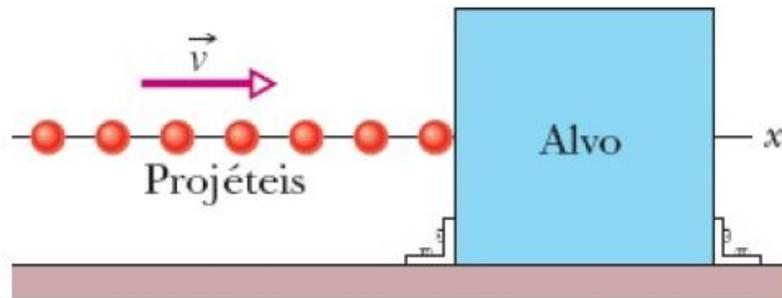
Dizemos que uma colisão mecânica é **unidimensional** (ou **frontal**) quando os centros de massa dos corpos se situam sobre uma mesma reta antes e depois do choque. Em nosso estudo, trataremos preferencialmente das colisões unidimensionais.

1.6.3.1 Colisões em série

Analisemos a seguinte situação: Como se comporta uma força experimentada por um corpo ao sofrer uma série de colisões todas iguais? Imagine agora uma máquina que arremessa bolas, por exemplo, bolas de golfe, todas do mesmo tamanho, mesma massa e lançada com a mesma velocidade inicial lançada contra um alvo fixo, uma após a outra em uma sequência contínua. Cada colisão irá produzir uma força sobre o alvo fixo, mas nesse momento não é esta força que queremos calcular, o que nos interessa é a força média $F_{méd}$ a qual a parede é submetida durante o bombardeio com as bolas de golfe, ou seja, a força média associada a muitas colisões.

Na figura 22 abaixo, os projéteis de mesa massa m , igualmente espaçados e com momento linear (quantidade de movimento) $Q = mv$, deslocam-se ao longo do eixo x e colidam com o alvo fixo.

Figura 22. Projéteis em direção ao alvo fixo



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2016).

Seja n o número de projéteis que colidem no alvo fixo em um intervalo de tempo Δt , como estamos analisando o movimento apenas no eixo x , podemos usar os componentes dos momentos ao longo desse eixo. Sendo assim, cada um dos projéteis tem momento linear dado por $Q = mv$ e sofre uma variação do momento linear ΔQ por causa da colisão. A variação total do momento linear (quantidade de movimento) de n projéteis durante um certo intervalo de tempo Δt é dado por $n\Delta Q$. O impulso resultante ao qual está submetido o alvo fixo nesse mesmo intervalo de tempo está orientado ao longo do eixo x e tem módulo igual à variação do momento linear, ou seja, $n\Delta Q$, mas com o seu sentido oposto. Podemos escrever a relação entre impulso e momento linear na forma:

$$I = -n\Delta Q. \text{ (eq. XC)}$$

em que o sinal negativo, indica que I e ΔQ possuem sentidos opostos.

Encontraremos a Força Média $F_{méd}$ sobre o alvo fixo durante as colisões, combinando as equações 03 e XC:

$$F_{méd} = \frac{I}{\Delta t} = -\frac{n}{\Delta t}\Delta Q = -\frac{n}{\Delta t}m\Delta v. \text{ (eq. XV)}$$

A equação acima expressa a Força média $F_{méd}$ em termos de $\frac{n}{\Delta t}$, que é a taxa com a qual os projéteis colidem com o alvo fixo e Δv é a variação da velocidade dos projéteis.

Agora, analisaremos a variação da velocidade Δv . Se os projéteis permanecem em repouso após o choque, a variação da velocidade é:

$$\Delta v = -v. \text{ (eq. XB)}$$

onde $\Delta v = v_f - v_i$, sendo a velocidade final igual a zero $v_f = 0$. Se em vez disso, os projéteis ricocheteiam no alvo e conservam a mesma velocidade escalar, $v_f = -v$, teremos $\Delta v = -2v$.

No intervalo de tempo Δt , notamos que uma quantidade de massa $\Delta m = nm$ colide com o alvo fixo. Sendo assim, podemos escrever a equação (XV) da seguinte forma:

$$F_{méd} = -\frac{\Delta m}{\Delta t} \Delta v. \text{ (eq. MN)}$$

A equação acima expressa a Força média em termos de $\frac{\Delta m}{\Delta t}$, que representa a taxa com a qual a massa colide com o alvo, denominada de taxa mássica.

1.6.3.2 Quantidade de movimento e energia mecânica nas colisões

Conforme comentamos acima, os corpos que participam de qualquer tipo de colisão mecânica podem ser considerados um **sistema isolado de forças externas**.

De fato, recordemos que, em razão da breve duração da interação, os impulsos das eventuais forças externas sobre o sistema são praticamente desprezíveis, não modificando de modo sensível a quantidade de movimento total.

Portanto, para qualquer colisão, podemos aplicar o Princípio de Conservação da Quantidade de Movimento, que significa o seguinte:

Em qualquer tipo de colisão mecânica, a quantidade de movimento total do sistema mantém-se constante. A quantidade de movimento imediatamente após a interação é igual à quantidade de movimento imediatamente antes:

$$\vec{Q}_{\text{final}} = \vec{Q}_{\text{inicial}}$$

É importante observar, entretanto, que, embora a quantidade de movimento total se conserve nas colisões, o mesmo não ocorre, necessariamente, com a energia mecânica (cinética) total do sistema. Quando dois corpos colidem, há, geralmente, dissipação de energia mecânica (cinética) em energia térmica, acústica e trabalho de deformação permanente, entre outras dissipações. Por isso, na maior parte das situações, os corpos que participam de uma colisão mecânica constituem um **sistema dissipativo**.

Excepcionalmente, porém, no caso de as perdas de energia mecânica serem desprezíveis – e somente nesse caso –, os corpos que participam da colisão constituem um **sistema conservativo**.

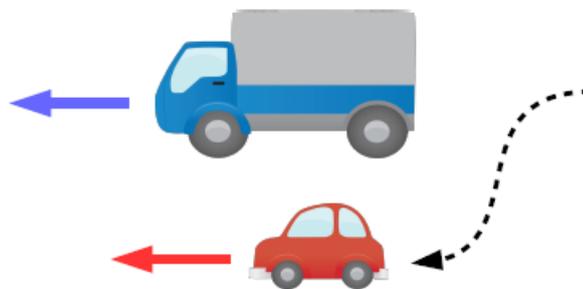
Ratificando, pois, frisemos que os corpos que participam de colisões mecânicas constituem normalmente sistemas isolados, sendo sistemas conservativos apenas excepcionalmente.

1.6.3.3 Velocidade relativa

O conceito de velocidade relativa é um velho conhecido, muito importante e bastante intuitivo.

Imagine que você está dirigindo um carro em uma BR e está tentando ultrapassar um caminhão (figura 23). Suponha que você passa algum tempo emparelhado com o caminhão. Que impressão você tem sobre este movimento?

Figura 23. Carro e caminhão lado a lado na BR



Fonte: http://lf.edu.br/exatas/wp-content/uploads/2016/03/VELOC_RELAT.pdf

Se a velocidade do carro e do caminhão forem muito parecidas, você terá a impressão de que o caminhão está praticamente parado. Isso ocorre porque você está percebendo a velocidade relativa deste movimento.

Existem dois casos para a velocidade relativa:

- Objetos se movendo na mesma direção e sentido:

$$V_{rel} = V_1 - V_2 \text{ (eq. 35)}$$

Se duas partículas percorrem uma mesma trajetória no mesmo sentido, o módulo da velocidade escalar relativa entre elas é dado pelo módulo da diferença entre as velocidades escalares das duas, medidas em relação ao solo.

- Objetos se movendo na mesma direção e sentidos opostos:

$$V_{rel} = V_1 + V_2 \text{ (eq.36)}$$

Se duas partículas percorrem uma mesma reta em sentidos opostos, o módulo da velocidade escalar relativa entre elas é dado pela soma dos módulos das velocidades escalares das duas, medidas em relação ao solo.

Ao analisar um movimento com velocidade relativa entre dois objetos, um dos objetos “ficará parado” e o outro se moverá com a combinação das velocidades.

1.6.3.4 Coeficiente de restituição ou de elasticidade (e)

Sejam $|v_{\text{relaf}}|$ e $|v_{\text{relap}}|$, respectivamente, os módulos das velocidades escalares relativas de **afastamento** (após a colisão) e de **aproximação** (antes da colisão) de duas partículas que realizam uma colisão unidimensional. O **coeficiente de restituição ou de elasticidade** (e) para a referida colisão é definido pelo quociente:

$$e = \frac{\text{Velocidade relativa de afastamento (depois)}}{\text{Velocidade relativa de aproximação (antes)}} \quad (\text{eq.37})$$

O coeficiente de restituição (e) não depende da massa, mas dos materiais dos corpos que participam da colisão.

O coeficiente de restituição (e) é adimensional por ser calculado pelo quociente de duas grandezas medidas nas mesmas unidades.

1.6.3.5 Colisão frontal

É o caso mais simples em que o movimento e o choque dos corpos acontecem apenas em uma direção (unidimensional).

Em uma colisão frontal não existe a necessidade de descrever o problema utilizando vetores, uma vez que a direção de movimento dos corpos é única e, portanto, não se altera. Basta adotar um sentido do movimento como positivo, podendo ser corpos deslocando-se para a direita de um observador e o sentido oposto a esta adotada como negativo.

A aplicação do princípio da conservação da quantidade de movimento em uma colisão frontal será mostrado adiante, quando exemplificarmos esse caso.

1.6.3.6 Colisão oblíqua

Nesse caso, o movimento se dá no plano por ocorrer simultaneamente em duas direções distintas, sendo então classificado como colisão bidimensional.

Em uma colisão oblíqua, nem todas as velocidades dos corpos estarão em uma mesma direção e o uso da representação vetorial para a quantidade de movimento se faz necessário para uma descrição adequada do problema.

Para resolvê-lo, podemos proceder da seguinte maneira:

- Considere um sistema de coordenadas cartesiana bidimensional apropriado. Obtenha os componentes da quantidade de movimento de cada corpo nas direções x e y . Aplique o princípio de conservação em cada direção. Antes da colisão, a soma dos componentes da quantidade de movimento na direção x deve ser igual à soma dessas quantidades, na mesma direção, após a colisão; o mesmo procedimento vale para os componentes na direção y .

1.6.4 Tipos de colisões

As colisões podem ser dos tipos elástica e inelástica. Sempre que a energia cinética do sistema se conserva, isto é, a energia cinética total tem o mesmo valor antes e depois do choque, dizemos que a colisão é *elástica*.

De modo geral, o choque é elástico quando os corpos que colidem não sofrem deformações permanentes durante a colisão.

No caso em que os corpos apresentarem deformações permanentes, em virtude de uma colisão com perda de energia ou se houver produção de calor durante o choque, verificamos que nesse caso haverá uma redução no valor da energia cinética do sistema, pois parte desta energia foi utilizada para produzir deformações, transformada em energia térmica ou sonora.

Então, se por algum motivo a energia cinética do sistema não for conservada, dizemos que a colisão é *inelástica*.

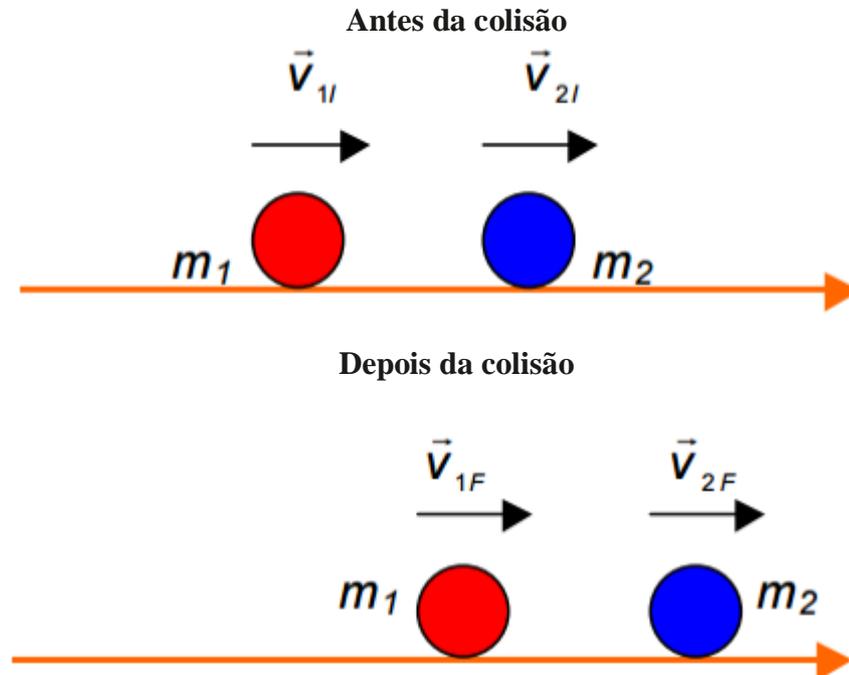
Um caso particular de colisão inelástica ocorre quando os corpos, após o choque, passam a se mover grudados.

1.6.4.1 colisão elástica em uma dimensão

De acordo com a figura 24 abaixo, vamos considerar duas partículas com massas m_1 e m_2 movendo-se na mesma direção e sentido. Antes de ocorrer a colisão, as partículas possuem velocidades respectivamente iguais a v_{1i} e v_{2i} , sendo que $v_{1i} > v_{2i}$, caso contrário não existiria

a colisão. Após o choque, as partículas irão continuar se movendo na mesma direção e sentido, com velocidades v_{1f} e v_{2f} , com $v_{1f} < v_{2f}$, as quais necessitam ser determinadas.

Figura 24. Detalhes de uma colisão elástica unidimensional entre duas partículas antes e de depois da colisão



Sabemos que, pelo princípio da conservação da quantidade de movimento na forma vetorial,

$$\vec{Q}_{1i} + \vec{Q}_{2i} = \vec{Q}_{1f} + \vec{Q}_{2f}, \text{ (eq. 38)}$$

que nos conduz a,

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}. \text{ (eq. 39)}$$

No nosso problema unidimensional, teremos:

$$m_1(v_{1i} - v_{1f}) = m_2(v_{2f} - v_{2i}). \text{ (eq. 40)}$$

Lembrando que a definição da energia cinética de uma partícula é $E_c = \frac{mv^2}{2}$. Multiplicando-a e dividindo-a pela sua massa, teremos uma representação alternativa em função da quantidade de movimento:

$$E_c = \left(\frac{mv^2}{2}\right) \frac{m}{m} \rightarrow E_c = \frac{(mv)^2}{2} \rightarrow E_c = \frac{Q^2}{2m} \text{ (eq. 41)}$$

sendo Q , a quantidade de movimento da partícula.

Em se tratando de uma colisão elástica, em que há a conservação da energia cinética, temos que

$$\frac{Q_{1i}^2}{2m_1} + \frac{Q_{2i}^2}{2m_2} = \frac{Q_{1f}^2}{2m_1} + \frac{Q_{2f}^2}{2m_2}$$

Ou (eq. 42)

$$\frac{m_1 v_{1i}^2}{2} + \frac{m_2 v_{2i}^2}{2} = \frac{m_1 v_{1f}^2}{2} + \frac{m_2 v_{2f}^2}{2}$$

Diante das equações (40) e (42), podemos determinar v_{1f} e v_{2f} , e assim conhecer o movimento das partículas após a colisão.

Para determinar essas velocidades, vamos partir da equação (42), simplificando-a de modo que

$$m_1(v_{1i} - v_{1f}) = m_2(v_{2f} - v_{2i}), \text{ (eq. 43)}$$

ou ainda,

$$m_1(v_{1i} + v_{1f})(v_{1i} - v_{1f}) = m_2(v_{2f} + v_{2i})(v_{2f} - v_{2i}). \text{ (eq. 44)}$$

Dividindo a equação (44) pela equação (40), encontramos,

$$v_{1i} + v_{1f} = v_{2i} + v_{2f}, \text{ (eq. 45)}$$

e então podemos escrever a equação (45) de duas formas:

$$v_{2f} = v_{1i} + v_{1f} - v_{2i}, \text{ (eq. 46)}$$

ou,

$$v_{1f} = v_{2i} + v_{2f} - v_{1i}. \text{ (eq. 47)}$$

Se substituirmos a equação (46) na (40), após algum cálculo, chegaremos a:

$$v_{1f} = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right) v_{1i} + \left(\frac{2m_2}{m_1 + m_2}\right) v_{2i}. \text{ (eq. 48)}$$

Usando a mesma ideia anterior, mas agora considerando a equação (47) no lugar da (46), encontraremos:

$$v_{2f} = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2}\right) v_{1i} + \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\right) v_{2i}. \text{ (eq. 49)}$$

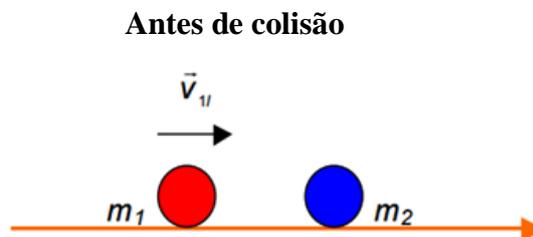
Embora tenhamos utilizado uma situação particular para obter as expressões (48) e (49), elas, no entanto, descrevem qualquer colisão do tipo elástica unidimensional.

1.6.4.2 Colisão inelástica em uma dimensão

Dissemos que uma colisão inelástica é toda aquela em que a energia cinética do sistema não é constante, embora a quantidade de movimento total o seja. É o que acontece se soltarmos uma bola de uma certa altura do chão, ela perde, no impacto com o chão e/ou no atrito com ar, parte da sua energia cinética transformada em energia térmica e/ou sonora, sempre quicando até uma altura menor do que a da quicada anterior, antes de repousar no chão. Se a bola quicasse retornando sempre até a sua altura inicial, sua colisão com o chão seria elástica.

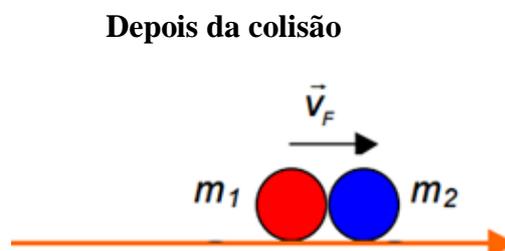
Como exemplo, as figuras 25 e 26 abaixo ilustram uma das situações decorrentes de uma colisão inelástica unidimensional entre duas partículas, que após o choque permanecerão grudadas. Esse é o caso em que ocorre a perda máxima de energia cinética no sistema. Vamos descrever esta situação considerando que, antes da colisão, as partículas com massas m_1 e m_2 possuíam velocidades v_{1i} e zero, respectivamente.

Figura 25. Detalhes de duas partículas m_1 e m_2 , antes e depois de uma colisão inelástica em uma dimensão



Fonte: http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/10_colisoes.pdf. Acesso em 25/03/2020.

Figura 26. Detalhes de duas partículas m_1 e m_2 , antes e depois de uma colisão inelástica em uma dimensão



Fonte: http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/10_coliso.es.pdf. Acesso em 25/03/2020.

Para interpretarmos o problema, partimos de

$$Q_i = Q_f. \text{ (eq. 49)}$$

Como os corpos permanecem juntos após o choque, então,

$$Q_{1i} + Q_{2i} = Q_f, \text{ (eq. 50)}$$

em que,

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = (m_1 + m_2) v_f \text{ (eq. 51)}$$

Se uma partícula se comporta como um alvo em repouso, de acordo com o nosso exemplo, em que $v_{2i} = 0$, teremos que a velocidade do conjunto grudado após a colisão será:

$$v_f = \frac{m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i}}{m_1 + m_2} \text{ (eq. 52)}$$

Assim, fica evidente que nessa previsão a velocidade do conjunto será menor, por um fator m_1/m_1+m_2 , que a velocidade da partícula com m_1 antes da colisão.

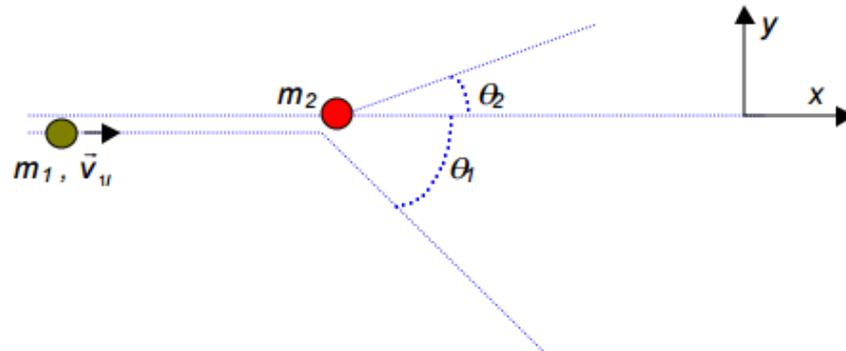
1.6.4.3 Colisão em duas dimensões

Em se tratando de corpos reais, cujo tamanho na prática nem sempre pode ser desprezado, como duas bolas de bilhar durante o jogo, a garantia de que uma colisão entre elas seja bidimensional (2D) está associada com o movimento integral das bolas ocorrendo sempre em um mesmo plano comum e com o não alinhamento dos seus centros com a direção inicial do movimento. Em outras palavras, se os centros das bolas deixam de compartilhar a mesma linha reta durante o movimento inicial, a colisão será 2D.

Duas partículas podem estar envolvidas em uma colisão 2D de muitas maneiras, podendo ser elástica ou inelástica e contendo massas e velocidades iniciais iguais ou não. No entanto, vamos discutir um único caso que contém uma riqueza de informações a respeito de colisões em duas dimensões e por isso ele representará todos os demais casos.

Consideremos uma partícula de massa m_1 e velocidade inicial v_{1i} deslocando-se em linha reta (direção x), de modo a colidir elasticamente e não frontalmente com uma partícula de massa m_2 , que se encontra inicialmente em repouso. A figura 27 ilustra esta situação.

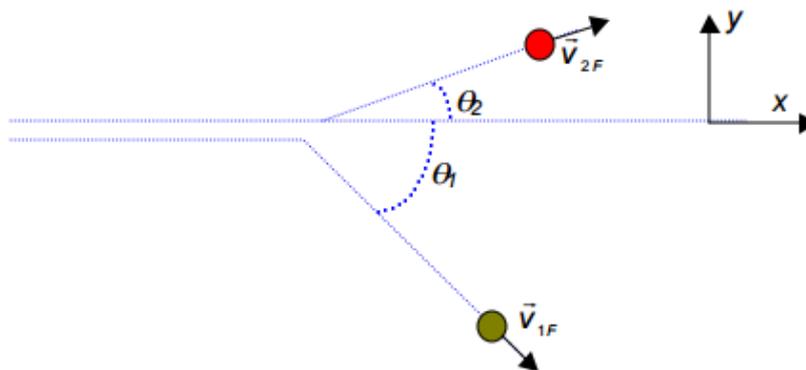
Figura 27. Representação da partícula de massa m_1 e velocidade v_{1i} instantes antes de colidir obliquamente com a partícula m_2 em repouso



Fonte: http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/10_colisoes.pdf. Acesso em 25/03/2020.

Após a colisão, as partículas são espalhadas em direções distintas, com velocidades v_{1f} e v_{2f} , formando ângulos θ_1 e θ_2 , com a direção original da partícula de massa m_1 , conforme mostrado na figura 28.

Figura 28. Representação das partículas massa m_1 e m_2 após a colisão



Fonte: http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/10_colisoes.pdf. Acesso em 25/03/2020.

De acordo com as informações do problema, a conservação da quantidade de movimento total na direção x nos diz que,

$$m_1 v_{1i} = m_1 v_{1f} \cos \theta_1 + m_2 v_{2f} \cos \theta_2, \text{ (eq. 53)}$$

e na direção y ,

$$0 = -m_1 v_{1f} \sin \theta_1 + m_2 v_{2f} \sin \theta_2. \text{ (eq. 54)}$$

Por outro lado, a conservação da energia cinética total revela que

$$\frac{m_1 v_{1i}^2}{2} = \frac{m_1 v_{1f}^2}{2} + \frac{m_2 v_{2f}^2}{2}. \text{ (eq. 55)}$$

Para descrevermos a colisão entre as partículas, é necessário conhecermos os módulos das suas velocidades finais, v_{1f} e v_{2f} , e os ângulos de espalhamentos correspondentes, θ_1 e θ_2 .

No problema bidimensional, temos então quatro incógnitas a serem obtidas com apenas três equações disponíveis para essa finalidade. Uma das possibilidades é fixar um valor coerente para uma das variáveis e assim determinar as três restantes.

1.6.4.4 Aplicação da teoria das colisões na química

Na química, a teoria das colisões tem por objetivo explicar a forma que as reações químicas ocorrem.

A Teoria das Colisões foi proposta pelos pesquisadores Max Trauts e William Lewis, em 1916 e 1918. Qualitativamente falando, ela explica a forma que reações químicas ocorrem. Contudo, resumem quais as taxas de reação acabam diferenciando para diferentes reações.

Tal teoria se baseia na ideia da colisão de partículas reagentes que culminam na ocorrência de uma reação. Entretanto, salienta que somente uma fração específica da totalidade das colisões possui energia para futura conexão efetiva. Dessa forma, ocorre, assim, o reagente dos produtos pós-colisão.

Essa ocorrência se deve ao fato de que apenas uma pequena porção das moléculas apresenta energia suficiente para a colisão. Além disso, a orientação adequada para colidir é necessária quando há o impacto para realizar a quebra das ligações já existentes. A combinação de energia e orientação (ângulo de colisão) propicia a formação de novas moléculas. Por conseguinte, a esta mínima quantidade de energia dá-se o nome de Energia de Ativação.

Esta energia de ativação provém de partículas oriundas de diferentes elementos que reagem com outras no momento do choque. Com o conseguinte aumento de temperatura de reação, a velocidade das moléculas, bem como a energia cinética, aumentará. Contudo, isso pouco significa para o aumento das colisões. As reações aumentam sua taxa de colisão com a diminuição da temperatura. Isso porque a fração dos choques ultrapassa a energia de ativação.

1.6.4.5 Os reagentes atuando na teoria das colisões

Como já ressaltado, uma reação química só acontece quando reagentes inclusos colidem entre si. Um exemplo bastante prático e visual da Teoria das Colisões está numa partida de sinuca.

Pense num jogo de sinuca. Nele, você precisa encaçapar uma bola específica (o átomo de uma reação). Segundo as diretrizes do jogo, para que você possa encaçapar a bola desejada, precisa utilizar uma bola branca. Esta bola branca será utilizada para colidir com a bola específica. Esta colisão entre bolas (átomos) oferece energia essencial para que a bola específica atinja seu objetivo, no caso a caçapa.

De modo similar ocorre durante as reações químicas. A colisão entre as moléculas proporciona energia cinética entre elas para quebrar ligações químicas. Estas, já existentes, são desfeitas para a formação de novas.

Entretanto, como no jogo de sinuca, nem sempre uma colisão é exatamente precisa. Há inúmeras variáveis que impedem a colisão exata para, então, encaçapar a bola específica. Exemplo direto é quando a tacada não tem força suficiente, não havendo a transferência de energia necessária para lançar a bola. A energia cinética, nesse caso, será insuficiente.

Semelhante ocorre em colisões de átomos nas reações. Em alguns casos, a energia cinética é insuficiente para que as moléculas reajam. Nestas específicas ocorrências, é necessário, por exemplo, usufruir do aquecimento dos reagentes. Assim, o aceleração das partículas promoverá aumento da energia cinética para, então, quebrar as ligações. Além do mais, para quebrar ligações químicas, é sempre necessária uma quantidade de energia específica para cada caso.

1.6.4.6 O choque efetivo e reações consolidadas

Neste que é denominado choque efetivo, as moléculas a reagir absorvem um mínimo de energia necessária (energia de ativação). A partir disso, elas promoverão a formatação do complexo ativado.

O complexo ativado será um estado de transição entre reagentes e seus consequentes produtos. Nessa conjuntura, as ligações anteriores existentes entre os reagentes enfraquecem significativamente, enquanto as novas, dos produtos, estão se formando.

2 O ENSINO DE FÍSICA

Neste capítulo, serão abordados conteúdos relacionados ao ensino de física atualmente, ressaltando o que está determinado na Base Nacional Comum Curricular e como esse ensino deve preparar o aluno como pessoa, cidadão e trabalhador que irá contribuir com a sociedade. Além disso, a Teoria da Aprendizagem Significativa também é abordada, pois direciona este estudo, assim como o uso do lúdico e de jogos no ensino de física e como eles vêm sendo abordados em estudos realizados na área.

2.1 ENSINO APRENDIZAGEM NOS DIAS ATUAIS

No artigo 205 da Constituição Federal brasileira, está estabelecido que a educação é um direito de todos e dever do Estado e da família, devendo ser promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho (BRASIL, 1988).

Desse modo, a educação deve ter um propósito também formativo, que vise o desenvolvimento pleno do indivíduo e sua preparação para atuar como cidadão, além de prepará-lo para o trabalho. Assim, a educação é um direito de todos e deve alcançar esses objetivos. Para isso, os documentos que guiam a formação dos alunos precisam de algum modo estar alinhados com esse entendimento e preconizar conteúdos que levem às competências e habilidades necessárias para que a educação realmente prepare o aluno como pessoa, cidadão e trabalhador que possa colaborar com a sociedade.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) (BRASIL, 1996) já determina, em seu Art. 1º, parágrafo segundo, que a educação escolar deverá vincular-se ao mundo do trabalho e à prática social. Mais de vinte anos depois, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) procurou se alinhar a essa determinação.

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), no que se refere às Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio, dentre as competências específicas e habilidades que os alunos precisam adquirir nessa etapa, está a competência 1, que consistem em

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global. Nesta competência específica, os fenômenos naturais e os processos tecnológicos são analisados sob a perspectiva das relações entre matéria e energia, possibilitando, por exemplo, a avaliação de potencialidades e de limites e riscos do uso de diferentes materiais e/ou tecnologias para tomar decisões responsáveis e consistentes diante dos diversos desafios contemporâneos (BRASIL, 2018, p. 553).

É possível perceber que há um interesse em associar os conteúdos aprendidos no contexto escolar ao cotidiano do aluno e à atualidade, preparando o aluno para resolver problemas e refletir sobre eles de modo crítico, pensando nas consequências locais, regionais e globais de suas ações.

Sobre isso, Moreira (2018) declara:

A Física permeia a vida dos seres humanos. Está na base das Tecnologias de Informação e Comunicação, da engenharia, das técnicas de diagnósticos e tratamento usadas na medicina. A Física tem modelos e teorias que explicam grande parte do mundo físico em que vivemos. Biologia, Química, Neurociência e outras áreas científicas usam conceitos, princípios, modelos e teorias derivados da Física. Então, aprender Física é um direito do ser humano (MOREIRA, 2018, p. 76-77).

Nesse sentido, o ensino de física precisa preparar o aluno para ser esse cidadão atuante, que utiliza seus conhecimentos sobre física para desempenhar bem seu papel na sociedade. Complementando as informações sobre a competência 1, o texto da BNCC prossegue afirmando:

Dessa maneira, podem estimular estudos referentes a: estrutura da matéria; transformações químicas; leis ponderais; cálculo estequiométrico; princípios da conservação da energia e da quantidade de movimento; ciclo da água; leis da termodinâmica; cinética e equilíbrio químicos; fusão e fissão nucleares; espectro eletromagnético; efeitos biológicos das radiações ionizantes; mutação; poluição; ciclos biogeoquímicos; desmatamento; camada de ozônio e efeito estufa; entre outros (BRASIL, 2018, p. 554).

Nesse ponto, se observa o destaque aos conteúdos selecionados para este estudo, como princípios da conservação da energia e da quantidade de movimento, o que reforça a importância da aprendizagem desses assuntos por alunos do Ensino Médio. A habilidade que deve ser adquirida é a seguinte: “(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais” (BRASIL, 2019, p. 555).

Vale destacar as palavras “previsões em situações cotidianas e processos produtivos” e também “uso racional dos recursos naturais”, o que reafirma os objetivos que se pretende alcançar com a educação, preparando e qualificando o aluno para sua atuação como cidadão e trabalhador na sociedade. Esses conteúdos então não são importantes apenas para embasar os futuros conteúdos dos anos seguintes do Ensino Médio, mas para a vida e formação do aluno como pessoa.

No entanto, é de conhecimento geral que muitos alunos possuem dificuldades diversas para aprender realmente os conteúdos escolares, por motivos que vão desde questões pessoais e emocionais do aluno, questões sociais, nutricionais que dificultam sua aprendizagem, os quais já vêm sendo discutidos por diversos pesquisadores em diferentes áreas do conhecimento.

Mas essas dificuldades também podem ser causadas pelo método de ensino adotado pelo professor ou pela escola. É esse tipo de dificuldade que se pretende minimizar quando se propõem novas abordagens para os conteúdos, como as que são propostas neste estudo.

Moreira (2018) afirma que o ensino de física está em crise. Para esse autor,

A carga horária semanal que chegou a 6 horas-aula por semana, hoje é de 2 ou menos. Aulas de laboratório praticamente não existem. Faltam professores de Física nas escolas e os que existem são obrigados a treinar os alunos para as provas, para as respostas corretas, ao invés de ensinar Física. A interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade são confundidas com não disciplinaridade e tiram a identidade da Física. Os conteúdos curriculares não vão além da Mecânica Clássica e são abordados da maneira mais tradicional possível, totalmente centrada no professor (...). O resultado desse ensino é que os alunos, em vez de desenvolverem uma predisposição para aprender Física, como seria esperado para uma aprendizagem significativa, geram uma indisposição tão forte que chegam a dizer, metaforicamente, que “odeiam” a Física (MOREIRA, 2018, p. 73).

O posicionamento de Moreira (2018) mostra que a metodologia adotada pelo professor tem grande influência sobre a aprendizagem do aluno, podendo contribuir para o sucesso ou para o fracasso do processo de aprendizagem. O autor prossegue:

É preciso pensar em como ensinar esses conteúdos, é preciso dar atenção à didática específica, à transferência didática, a como abordar a Física de modo a despertar o interesse, a intencionalidade, a predisposição dos alunos, sem os quais a aprendizagem não será significativa, apenas mecânica para “passar”. A modelagem está na base da Física, conceitos são muito mais importantes do que fórmulas, aprender a perguntar em Física é mais importante do que saber respostas corretas. As melhores pesquisas decorrem das melhores perguntas. Tudo isso é Física e deveria estar na formação de professores. Mas não está, e o resultado é que a Física na Educação Básica, particularmente no Ensino Médio, é ensinada como se as teorias físicas fossem acabadas, como se as respostas às perguntas da Física fossem definitivas, como se os conceitos físicos fossem apenas definições. Isso não é Física, mas no ensino é abordada como se fosse (MOREIRA, 2018, p. 76).

Desse modo, é preciso discutir essa temática, refletir sobre ela e propor novas metodologias que possam estimular os alunos a aprenderem de modo que seja satisfatório para eles e que garanta a aprendizagem dos conteúdos, que são tão importantes para seu desenvolvimento pessoal e profissional. As afirmações de Moreira (2018), apresentadas acima, destacam muitos aspectos que precisam ser observados no ensino de física e que precisam ser ainda modificados. O autor destaca a necessidade de se despertar o interesse do aluno, sua intencionalidade e predisposição, para que sua aprendizagem seja realmente significativa.

Além disso, Moreira (2018) também afirma que o foco deve estar mais nas perguntas do que nas respostas prontas e corretas. Em outras palavras, é preciso fazer o aluno pensar de modo crítico sobre a física e seus conceitos, pensando em como a física influencia no seu dia a dia, na sua vida, no seu trabalho. No entanto, os professores não são preparados para ensinar física de um modo que seja realmente significativo, o que traz consequências para a aprendizagem dos alunos. Assim, a raiz do problema é bem mais profunda do que se pode imaginar, não reside apenas nas escolhas metodológicas dos professores, mas sim em sua formação durante a graduação.

Até aqui, esse texto abordou a importância de oferecer aos alunos a oportunidade de uma aprendizagem significativa. Mas esse é um conceito que merece ser analisado separadamente, por causa de sua importância nas pesquisas atuais.

2.2 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E O ENSINO DE FÍSICA

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) foi proposta por Ausubel e consiste em uma teoria cognitivista e construtivista sobre o processo de aquisição do conhecimento (MASINI, 2010). De acordo com Silva (2020), essa teoria descreve o comportamento teórico do processo de aprendizagem cognitiva, a partir do raciocínio dedutivo do sujeito, baseado em seu conhecimento prévio.

Nesse contexto, adquirir conhecimentos implica o envolvimento do indivíduo no processo de aprendizado contínuo por meio da experiência vivida, o que pode acontecer, nos diferentes espaços e momentos ao longo da vida. A aprendizagem, portanto, ocorre desde início do nascimento e se estende em todas as fases do desenvolvimento humano caracterizando-se em um processo permanente (SOUSA; SILVANO; LIMA, 2018, p. 01).

Tendo como base sua insatisfação com a sua própria escolarização, marcada pela ausência de condições que favorecessem seu desenvolvimento profissional e a aprendizagem de novos conhecimentos, Ausubel desenvolveu essa teoria, tendo como foco sua aplicação na escola e na sala de aula (SILVA, 2020).

Esse psicólogo educacional identificou a existência e a importância de muitas variáveis relacionadas ao processo formal de ensino, de acordo com a TAS, com destaque para: conhecimentos prévios relevantes do aluno, ambiente adequado, professor capacitado, material didático apropriado e potencialmente significativo, contexto socioeconômico no qual o aluno está inserido, dentre outros. Apesar de essas variáveis serem indissociáveis, pois uma depende e interfere diretamente ou indiretamente na outra, o conhecimento prévio do aluno é considerado como a variável mais importante para esse processo (SILVA, 2020).

A atenção de Ausubel está constantemente voltada para a aprendizagem, tal como ela ocorre na sala de aula, no dia a dia da grande maioria das escolas. Para ele, o fator isolado que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe (cabe ao professor identificar isso e ensinar de acordo). Novas ideias e informações podem ser aprendidas e retidas, na medida em que novos conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ponto de ancoragem às novas ideias e conceitos (MOREIRA, 1995, p. 152).

Por isso que a aprendizagem pode ser tornar significativa, a partir do momento em que os conhecimentos prévios dos alunos são valorizados no processo de ensino, fazendo com que ele atribua mais sentido ao que está aprendendo, pois pode partir e relacionar esse novo aprendizado com o que ele já sabe.

Para Masini (2011), a TAS se afasta das teorias inatistas e comportamentais e tem seu foco na interação. Nesse ponto se encontra a originalidade dessa teoria, pois a relação é valorizada em diferentes vertentes:

- 1) relação do homem com o mundo que o cerca;
- 2) relação de quem ensina com aquele que aprende;
- 3) relação do compreender de quem ensina com o compreender de quem aprende;
- 4) relação do conteúdo a ser ensinado com o que aquele que aprende já conhece;
- 5) relação do que se propõe Ensinar com as condições de quem vai Aprender – seus interesses, nível de elaboração, representações e conceitos disponíveis nessa programação de ensino (MASINI, 2011, p. 17).

Tendo como foco as relações, Masini (2011) afirma que, para que haja as devidas condições para a ocorrência da aprendizagem significativa, é preciso que se leve em consideração a complexidade do contexto social em que o aluno está inserido e também sua

totalidade como um ser cultural e social, com sua própria individualidade. Além disso, é preciso também considerar a relação do sujeito-aprendiz com o objeto do conhecimento e com o sujeito-professor.

Nesse aspecto, é importante destacar o papel do professor nesse processo, pois sua relação com o aluno e o modo como trata o objeto do conhecimento podem afetar esse processo, tanto para facilitar como para dificultar a aprendizagem do aluno. Como já mencionado, cabe ao professor o papel de identificar quais os conhecimentos prévios dos alunos e ensinar de acordo, ou seja, valorizando aquilo que eles já sabem.

Moreira (2006) explica que, ao se referir “àquilo que o aluno já sabe”, Ausubel está tratando da “estrutura cognitiva”, que é todo o conteúdo organizado das ideias de um indivíduo, tanto de modo geral como sobre um único assunto, por exemplo. Então, para que a aprendizagem aconteça, é preciso que essa estrutura cognitiva seja de algum modo acessada e, para que isso aconteça, o conteúdo precisa ser aprendido de forma significativa.

Moreira (2006, p. 14) continua abordando esse assunto explicando que não é fácil para o professor averiguar o que o aluno já sabe, pois isso consiste em mapear “conceitos, ideias, proposições disponíveis na mente do indivíduo e sua organização”. Da mesma forma, ensinar um aluno considerando o que ele já sabe também pode ser complexo, pois o professor precisa “identificar os conceitos organizadores básicos do que vai ser ensinado e lançar mão de recursos que facilitem a aprendizagem de maneira significativa”.

Na TAS, há o importante conceito de “subsunçor”, que se trata de um conceito relevante pré-existente na estrutura cognitiva de quem aprende e que serve como um ponto de ancoragem para uma nova informação, a qual passa a ganhar um significado para o aluno (MOREIRA, 2006).

Moreira (2006) traz um importante exemplo envolvendo a Física:

Em Física, por exemplo, se os conceitos de força e campo já existem na estrutura cognitiva do aluno, estes servirão de subsunçores para novas informações referentes a certos tipos de forças e de campos como, por exemplo, a força e o campo eletromagnéticos. Todavia, este processo de ancoragem da nova informação resulta em crescimento e modificação dos conceitos subsunçores (força e campo). Isso significa que os subsunçores existentes na estrutura cognitiva podem ser abrangentes, bem elaborados, claros, estáveis ou limitados, pouco desenvolvidos, instáveis, dependendo da frequência e da maneira com que serviram de ancoradouro para novas informações e com elas interagiram (MOREIRA, 2006, p. 15).

Com isso, é possível compreender que o importante de acordo com a teoria de Ausubel é que haja um subsunçor para ancorar a nova informação, ainda que esse conceito

preexistente seja limitado ou pouco desenvolvido. É preciso partir dele, daquilo que o aluno já sabe, para tornar a aprendizagem significativa.

No exemplo dado, uma ideia intuitiva de força e campo serviria como subsunçor para novas informações referentes a força e campo gravitacional, eletromagnético e nuclear, porém, na medida em que esses novos conceitos fossem aprendidos de maneira significativa isso resultaria em crescimento e elaboração dos conceitos subsunçores iniciais. Ou seja, os conceitos de força e campo ficariam mais abrangentes e elaborados e mais capazes de servir de subsunçores para novas informações relativas a forças e campos correlatas (MOREIRA, 2006, p. 15-16).

Com esse exemplo sobre campo e força fica clara a importância de partir dos conhecimentos prévios dos alunos e é possível compreender como os conceitos e as novas informações vão se organizando na estrutura cognitiva. Um conhecimento prévio sobre um determinado assunto, ainda que seja somente uma ideia intuitiva, já poderá contribuir como subsunçor, como um ponto de partida e de ancoragem para novas aprendizagens.

Ainda no campo da Física, Moreira (2012) apresenta outro exemplo:

Por exemplo, para um aluno que já conhece a Lei da Conservação da Energia aplicada à energia mecânica, resolver problemas onde há transformação de energia potencial em cinética e vice-versa apenas corrobora o conhecimento prévio dando-lhe mais estabilidade cognitiva e talvez maior clareza. Mas se a Primeira Lei da Termodinâmica lhe for apresentada (não importa se em uma aula, em um livro ou em um moderno aplicativo) como a Lei da Conservação da Energia aplicada a fenômenos térmicos ele ou ela dará significado a essa nova lei na medida em que “acionar” o subsunçor Conservação da Energia, mas este ficará mais rico, mais elaborado, terá novos significados pois a Conservação da Energia aplicar-se-á não só ao campo conceitual da Mecânica mas também ao da Termodinâmica (MOREIRA, 2012 p. 03).

O autor continua sua explicação afirmando que:

Através de novas aprendizagens significativas, resultantes de novas interações entre novos conhecimentos e o subsunçor Conservação da Energia, este ficará cada vez mais estável, mais claro, mais diferenciado e o aprendiz dará a ele o significado de uma lei geral da Física, ou seja, a energia se conserva sempre. Por outro lado, o subsunçor Conservação da Energia, poderá servir de idéia-âncora para um outro novo conhecimento: a Conservação da Quantidade de Movimento, uma outra lei geral da Física (MOREIRA, 2012 p. 03).

Então, de acordo com o autor, sucessivamente, a cada nova aprendizagem, a aprendizagem do aluno sobre conservação vai se aplicando a outras grandezas físicas e se tornando cada vez mais significativas. Dessa forma, um conceito que inicialmente se referia ao entendimento do aluno sobre conservação de energia pode se expandir e facilitar sua compreensão e aprendizagem sobre conservação de quantidade de movimento, do momentum

angular, da carga elétrica, da corrente elétrica e levá-lo até mesmo a dar significado ao que é não-conservação de outras grandezas físicas como a entropia (MOREIRA, 2012).

Nas palavras do autor,

Progressivamente o subsunçor vai ficando mais estável mais diferenciado, mais rico em significados, podendo cada vez mais facilitar novas aprendizagens. No caso das conservações de grandezas físicas, o aprendiz pode chegar a um “novo subsunçor” – Leis de Conservação – que passa a subordinar todas as conservações anteriores. Ou seja, que se aplica a várias grandezas físicas e a outras não (MOREIRA, 2012 p. 03).

Diante desse novo exemplo, mencionado acima, percebe-se que cada subsunçor pode contribuir para a aprendizagem, ao relacioná-lo com o que está sendo aprendido no momento. Assim,

É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-litera e não-arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva (MOREIRA, 2012 p. 03).

Por esse motivo, o professor precisa buscar constantemente modos de compreender melhor seus alunos, averiguando seus conhecimentos prévios ao preparar suas aulas, além de saber utilizar materiais e recursos que possam tornar a aprendizagem mais significativa, deixando de lado métodos considerados como mecânicos:

A aquisição de conhecimentos informativos por métodos puramente mecânicos e instrucionais, certamente opera aprendizagem, não a significativa, defendida por David Ausubel, mas aquela também reconhecida pelo teórico como aprendizagem mecânica. À medida que não acontece uma reflexão, instigando o pensamento do indivíduo, pode ser considerado um conhecimento sem relevância, sem significado e sem sentido momentaneamente (SOUSA; SILVANO; LIMA, 2018, p. 01).

Uma das formas de tornar a aprendizagem mais significativa para o aluno consiste na utilização de recursos lúdicos no ensino, como abordado a seguir.

2.3 O LÚDICO E A IMPORTÂNCIA DOS JOGOS NO AMBIENTE ESCOLAR

O termo lúdico se origina do latim *ludus* que significa brincar. O lúdico é a brincadeira, é o jogo, é a diversão e é sob esse ponto de vista que desenvolveremos essa pesquisa, para que o aprendizado da Física se torne mais atrativo e divertido. O brincar sempre esteve presente em todas as épocas da humanidade, mantendo-se até os dias atuais.

Em cada época, conforme o contexto histórico vivenciado pelos povos e conforme o pensamento estabelecido para tal, sempre foi algo natural, vivido por todos e utilizado como um instrumento com um caráter educativo para o desenvolvimento do indivíduo (SANT'ANNA; NASCIMENTO, 2011).

Platão (427-348), na Grécia Antiga, primava para que a educação, nos primeiros anos da criança, se baseasse em jogos educativos praticados em comum por ambos os sexos. Dava ênfase ao esporte por sua colaboração na formação do caráter e da personalidade, bem como introduzia a prática da matemática lúdica, aplicando exercícios com cálculos ligados a problemas concretos extraído da vida e dos negócios (SANT'ANNA; NASCIMENTO, 2011).

A associação da educação com o lúdico não é algo novo, está remontando à antiguidade. Em “Leis”, o Ateniense salientava a importância do jogo para a educação, defendendo a ideia de que:

[...] brincando, aprenderá o futuro construtor, a medir e a usar trema; o guerreiro a cavalgar e a fazer qualquer outro exercício, devendo o educador esforçar – se por dirigir os prazeres e os gostos das crianças na direção que lhes permita alcançar a meta que se destinarem (PLATÃO *apud* SILVEIRA, 1998, p. 41).

Nesse período, determinou-se a importância da educação sensorial, o uso do jogo didático nas mais diferentes áreas do ensino. A brincadeira era considerada recreação e a imagem social da infância não permitia a aceitação de um comportamento infantil espontâneo que pudesse significar algum valor (SANT'ANNA; NASCIMENTO, 2011).

As atividades lúdicas contribuem para a aprendizagem e o desenvolvimento, propiciando descontração, aquisição de regras, a expressão do imaginário e a apropriação do conhecimento. Em Luckesi (2002) encontramos a ideia do lúdico relacionada com a experiência interna do indivíduo. O autor denomina de lúdico o estado interno do sujeito e de ludicidade a característica de quem está em estado lúdico. Segundo o pesquisador, como aspecto interno, a ludicidade nem sempre pode ser percebida no meio externo o que percebemos são as atividades lúdicas. A visão de ludicidade defendida por Luckesi, portanto, está relacionada ao mundo interior do sujeito e as atividades propostas pelos educadores serão lúdicas na medida em que estimularem o estado lúdico do indivíduo: é o que o autor denomina como *vivência lúdica*. Dessa forma, até mesmo uma aula expositiva pode ser uma vivência lúdica tanto para o aluno quanto para o professor (MASSA, 2015, p. 120-121).

Para Szymanski e Pereira (2006), a utilização do lúdico em ações pedagógicas que valorizam jogos e brincadeiras, é fundamental no processo de aprendizagem, porque sai da rotina e criam possibilidades de conhecimentos sócio interativos e humorados. A utilização do lúdico na educação tem também, além do objetivo de desenvolver o aprendizado de forma

mais atrativa para o aluno, o objetivo do resgate histórico-cultural dessas atividades. É um ótimo momento para o reconhecimento do seu histórico familiar e de sua cultura regional.

Conforme Huizinga (1971, p. 217) o jogo é uma ação que se desenvolve dentro de certos limites de lugar, tempo e vontade, seguindo certas regras livremente aceitas. Durante o jogo é importante a motivação e a emotividade, seja por diversão ou competência. O percurso do jogo por vezes deve estar acompanhado de tensão. No entanto, sempre provoca alegria e relaxamento.

Dentro das principais características dos jogos apontadas por Huizinga (1971): o jogo como atividade de diversão sem competência, no entanto, em algum nível produtivo. O jogo manifesta o espírito competitivo e a competência. Dentro dos jogos existe a limitação temporal e espacial, sendo melhor definida a última. A limitação espacial é definida de forma antecipada mesmo que seja física ou imaginária, nessa delimitação espacial se estabelecem e são assinadas as regras.

Do precedentemente expressado Huizinga (1971) extrai que o jogo é condição da existência da própria cultura e é inerente à natureza humana, ou seja, “sem certo desenvolvimento de uma atitude lúdica, nenhuma cultura é possível”.

Dentre as várias atividades lúdicas, o jogo é uma das ferramentas mais conhecidas e eficazes para a aprendizagem. Através dele há uma quebra do vínculo com o cotidiano e a inclusão de num ambiente muito particular, com regras, princípios, ordem, disciplina e principalmente o diálogo, muitas vezes ausente nos métodos tradicionais de ensino. Somado a isso, para Ramos (1998):

O aprendizado é inerente à natureza humana e os comportamentos lúdicos e exploratórios são igualmente naturais às espécies humanas. Entende-se que, numa situação não tão opressiva, o aprendizado é resultante de um processo interno ao sujeito. Sabe-se que os jogos e os brinquedos são fontes naturais de atração e, por sua natureza livre, são atividades voluntárias do ser humano” (RAMOS, 1998 *apud* LOPES, 2003, p. 01).

Durante a aplicação de uma atividade lúdica didática, pode-se criar um ambiente mais favorável para o aprendizado do aluno, estimulando o agir e o pensar, termos facilitadores para a aprendizagem. Além destes, o raciocínio lógico também é trabalhado durante a aplicação do jogo, para concluir determinados fenômenos. Ainda nesta perspectiva, Miranda (2001) diz que:

[...] mediante o jogo didático, vários objetivos podem ser atingidos, relacionados à cognição (desenvolvimento da inteligência e da personalidade, fundamentais para a

construção dos conhecimentos); afeição (desenvolvimento da sensibilidade e da estima e atuação no sentido de estreitar laços de amizade e afetividade); socialização (simulação de vida em grupo); motivação (envolvimento da ação, do desafio e mobilização da curiosidade) e a criatividade (MIRANDA, 2001 *apud* RAHAL, 2009, p. 02).

Desse modo, podemos perceber que a utilização de jogos e demais recursos lúdicos no ensino podem contribuir para tornar a aprendizagem significativa, se levarem em conta também os conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto abordado.

Essencialmente, são duas as condições para a aprendizagem significativa: 1) o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e 2) o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender. A primeira condição implica 1) que o material de aprendizagem (livros, aulas, aplicativos, ...) tenha significado lógico (isto é, seja relacionável de maneira não-arbitrária e não-literal a uma estrutura cognitiva apropriada e relevante) e 2) que o aprendiz tenha em sua estrutura cognitiva ideias-âncora relevantes com as quais esse material possa ser relacionado. Quer dizer, o material deve ser relacionável à estrutura cognitiva e o aprendiz deve ter o conhecimento prévio necessário para fazer esse relacionamento de forma não-arbitrária e não-literal (MOREIRA, 2012, p. 08).

Assim, o ato de ensinar e de aprender é mediado por diferentes representações sobre um mesmo conhecimento: A do professor, a do aluno e a do material de ensino (AGRA *et al.*, 2019). São maneiras de dinamizar as aulas e apresentar o conteúdo de modo mais agradável e leve, tornando a aula mais divertida.

3 PERCURSO METODOLÓGICO

Este capítulo aborda o desenvolvimento da pesquisa, indicando os métodos utilizados e, ainda, trazendo informações sobre a caracterização da pesquisa, o campo empírico da pesquisa, os participantes da pesquisa, as técnicas e instrumentos de produção de dados, os procedimentos de análise dos dados e, por fim, descreve brevemente o Produto Educacional.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Minayo, Deslandes e Gomes (2007) entendem por metodologia o caminho do pensamento e a prática exercida na abordagem da realidade. Ou seja, para esses autores, a metodologia inclui simultaneamente a teoria da abordagem (o método), os instrumentos de operacionalização do conhecimento (as técnicas) e a criatividade do pesquisador (sua experiência, sua capacidade pessoal e sua sensibilidade). Nessa ótica, a metodologia ocupa um lugar central no interior das teorias e está referida a elas.

Para Gil (2008), para que um conhecimento possa ser considerado científico, torna-se necessário identificar as operações mentais e técnicas que possibilitam a sua verificação. Para isso, é preciso determinar o método que possibilitou chegar a esse conhecimento. De acordo com esse autor, pode-se definir método como caminho para se chegar a determinado fim e, mais especificamente, o método científico pode ser entendido como o conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos adotados para se atingir o conhecimento (GIL, 2008).

No entanto, Severino (2007) comenta que não basta seguir um método e aplicar técnicas para se completar o entendimento do procedimento geral da ciência. Além disso, o autor destaca que é preciso referir-se a um fundamento epistemológico que sustenta e justifica a própria metodologia praticada, uma vez que, para ele, a ciência é sempre uma articulação do lógico com o real e do teórico com o empírico.

Dessa forma, o método seria o caminho a percorrer para desenvolver uma pesquisa, e tem como ponto de partida algum fundamento no conhecimento preexistente sobre o determinado tema. Sobre isso, Minayo, Deslandes e Gomes (2007) consideram a pesquisa como sendo a atividade básica da ciência na sua indagação e construção da realidade. Para eles, é a pesquisa que alimenta a atividade de ensino e a atualiza frente à realidade do mundo. De modo semelhante ao dito no parágrafo anterior, esses autores afirmam também que, embora seja uma prática teórica, a pesquisa vincula pensamento e ação, assim como o teórico/lógico e o empírico/real comentados por Severino (2007).

Nesse ponto, os autores comentam que

Nada pode ser intelectualmente um problema se não tiver sido, em primeiro lugar, um problema da vida prática. As questões da investigação estão, portanto, relacionadas a interesses e circunstâncias socialmente condicionadas. São frutos de determinada inserção na vida real, nela encontrando suas razões e seus objetivos. Toda investigação se inicia por uma questão, por um problema, por uma pergunta, por uma dúvida. A resposta a esse movimento do pensamento geralmente se vincula a conhecimentos anteriores ou demanda a criação de novos referenciais (MINAYO; DESLANDES; GOMES, 2007, p. 16).

Ao se referir aos conhecimentos anteriores, dentre eles, estão as teorias. Severino (2007) considera a teoria como uma lei mais abrangente que explica, em um nível mais geral, um conjunto maior de fatos aparentemente diferentes entre si. Minayo, Deslandes e Gomes (2007), por sua vez, consideram as teorias como os conhecimentos que foram construídos cientificamente sobre determinado assunto, por outros estudiosos que o abordaram antes de nós e lançam luz sobre nossa pesquisa. Dessa forma, a teoria é construída para explicar ou para compreender um fenômeno, um processo ou um conjunto de fenômenos e processos. Em nosso estudo, nos fundamentamos na Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por Ausubel.

Mas, é preciso ressaltar que “nenhuma teoria, por mais bem elaborada que seja, dá conta de explicar ou interpretar todos os fenômenos e processos”, principalmente porque “a realidade não é transparente e é sempre mais rica e mais complexa do que nosso limitado olhar e nosso limitado saber” e, além disso, porque “a eficácia da prática científica se estabelece, não por perguntar sobre tudo, e, sim, quando recorta determinado aspecto significativo da realidade, o observa, e, a partir dele, busca suas interconexões sistemáticas com o contexto e com a realidade” (MINAYO; DESLANDES; GOMES, 2007, p. 17).

Assim, podemos resumir da seguinte forma:

Teorias são explicações da realidade. [...] uma espécie de grade, a partir da qual olhamos e “enquadramos” a interpretação da realidade. Ela é um conhecimento, mas não deve ser uma camisa de força. Ela é feita de um conjunto de proposições. Quer dizer, ela é um discurso sistemático que orienta o olhar sobre o problema em pauta, a obtenção de dados e a análise dos mesmos (MINAYO; DESLANDES; GOMES, 2007, p. 17-18).

Partindo de uma teoria, o pesquisador procura desenvolver sua pesquisa aplicando métodos que sejam adequados teoricamente. Sobre esse assunto, Gil (2008) comenta diferença existente entre a pesquisa pura e a pesquisa aplicada. Inicialmente, para o autor, a pesquisa pura é aquela que busca o progresso da ciência, desenvolvendo os conhecimentos

científicos sem necessariamente ter uma preocupação direta com suas aplicações e consequências práticas. Dessa forma, esse tipo de pesquisa tende a ser bastante formalizada e objetiva a generalização, contribuindo para a construção de teorias e leis.

Por outro lado, a pesquisa aplicada, conforme Gil (2008), apresenta muitos pontos de contato com a pesquisa pura, pois depende de suas descobertas e se enriquece com o seu desenvolvimento. Mas, sua característica fundamental é o seu interesse na aplicação, ou seja, na utilização e consequências práticas dos conhecimentos.

Em nosso estudo, pretendemos realizar uma pesquisa aplicada. Por esse motivo, optamos por realizar uma pesquisa de campo. De acordo com Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa de campo é aquela utilizada com o objetivo de conseguir informações e/ou conhecimentos acerca de um problema para o qual procuramos uma resposta, ou de uma hipótese, que queiramos comprovar, ou, ainda, descobrir novos fenômenos ou as relações entre eles. Por isso, ela consiste na observação de fatos e fenômenos tal como ocorrem espontaneamente, na coleta de dados a eles referentes e no registro de variáveis que presumimos relevantes, para analisá-los.

Complementando esse entendimento, Severino (2007) comenta que, na pesquisa de campo, o objeto/fonte é abordado em seu meio ambiente próprio. Segundo o autor, a coleta dos dados é feita nas condições naturais em que os fenômenos ocorrem, sendo assim diretamente observados, sem intervenção e manuseio por parte do pesquisador. Assim, abrange desde os levantamentos (*surveys*), que são mais descritivos, até estudos mais analíticos.

Ainda sobre esse tema, Minayo, Deslandes e Gomes (2007) afirmam que o trabalho de campo consiste em levar para a prática empírica a construção teórica elaborada na primeira etapa da pesquisa. Para os autores, essa fase combina instrumentos de observação, entrevistas ou outras modalidades de comunicação e interlocução com os pesquisados, levantamento de material documental e outros. Com isso, se realiza um momento relacional e prático de fundamental importância exploratória, de confirmação e refutação de hipóteses e de construção de teoria.

Apesar de se basear em dados quantitativos, a pesquisa realizada neste estudo é predominantemente qualitativa, pois busca verificar se os alunos realmente aprenderam os conteúdos trabalhados, tendo como base a Teoria da Aprendizagem Significativa. Com isso, suas respostas aos questionários foram analisadas qualitativamente, verificando-se comparativamente as mudanças nos conceitos apresentados, o que sugere que houve, de fato,

uma aprendizagem significativa a partir dos recursos utilizados em sala, que é o nosso produto educacional desenvolvido neste estudo.

Considerando os objetivos da pesquisa, ela é considerada como explicativa. Prodanov e Freitas (2013) comentam que uma pesquisa tem objetivo de ser explicativa quando o pesquisador procura explicar os porquês das coisas e suas causas, por meio do registro, da análise, da classificação e da interpretação dos fenômenos observados. Por isso, visa a identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos; “aprofunda o conhecimento da realidade porque explica a razão, o porquê das coisas.” (GIL, 2008, p. 28).

Em resumo, esta pesquisa é do tipo aplicada, pois visa aplicar os conhecimentos oriundos da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel; possui abordagem predominantemente qualitativa, pois analisa as respostas dos alunos em momentos anteriores e posteriores à aplicação da atividade, comparando as respostas e verificando se houve aprendizagem dos conteúdos ensinados; possui objetivo de ser explicativa, pois pretende explicar o porquê de possíveis acertos ou erros dos alunos para os conceitos solicitados; e, ainda, foi realizada por meio de procedimento de estudo de campo, em uma escola pública descrita a seguir.

3.2 CAMPO EMPÍRICO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada na Unidade Escolar Antônio de Almendra Freitas, localizada na Rua Carajás, Parque Jurema, Dirceu II. O nome da escola é em homenagem ao Avô de Freitas Neto, sendo este economista que começou a carreira política como deputado estadual e chegou a ser governador do estado do Piauí. A escola funciona nos três turnos, com um total de aproximadamente 300 alunos, distribuídos da VI etapa ao 3^a ano do Ensino Médio. A pesquisa se deu na 1^a série do Ensino Médio, no turno da tarde.

A escola, como na maioria das escolas públicas do estado do Piauí, sofre com a pouca infraestrutura, mas isso não impede que os professores realizem um bom trabalho, pois no Ideb saiu de uma nota 3.1, nos anos anteriores a 2017, chegando a 5.0, no ano de 2017, e recuando pouco em 2019, pois ficamos com um Ideb de 4.9. O desempenho no Enem é acima da média das escolas públicas do estado.

3.3 PARTICIPANTES DA PESQUISA

A comunidade escolar é de baixa renda, vivendo a maioria na informalidade, devido à Pandemia Sars-Cov-2/Covid 19, provocada pelo novo Coronavírus. Com isso, a população vem sofrendo bastante com a falta de alimentação. Assim, visando melhorar o desempenho e amenizar o sofrimento causado pela pandemia, a Escola, na figura da Diretora Hisabel Pereira de Araújo, idealizou um projeto que premiava a família dos alunos com uma cesta básica, mas, para isso, os alunos deveriam ser presentes nas aulas online e também fazer a devolutiva do caderno de atividades propostas pelos professores.

Participaram da pesquisa alunos do 1º ano do Ensino Médio, em sua maioria do sexo feminino, com faixa etária entre 14 e 18 anos.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE PRODUÇÃO DE DADOS

Por se tratar de uma pesquisa qualitativa, explicativa e de campo, optamos por aplicar um questionário junto aos alunos em dois diferentes momentos, antes e depois da aplicação do produto educacional, pois assim seria possível verificar o nível de conhecimento prévio dos alunos e também analisar o nível de aprendizagem dos conteúdos trabalhados após a utilização do recurso mencionado.

De acordo com Severino (2007), o questionário se refere a um conjunto de questões, sistematicamente articuladas, que se destinam a levantar informações escritas por parte dos sujeitos pesquisados, com vistas a conhecer a opinião dos mesmos sobre os assuntos em estudo. Esse autor orienta que as questões devem ser pertinentes ao objeto e claramente formuladas, de modo a serem bem compreendidas pelos sujeitos. Além disso, elas devem ser objetivas, de modo a suscitar respostas igualmente objetivas, evitando provocar dúvidas, ambiguidades e respostas lacônicas. Vale ressaltar, ainda, que as questões podem ser fechadas ou questões abertas. No primeiro caso, o autor indica que as respostas serão escolhidas dentre as opções predefinidas pelo pesquisador; no segundo, o sujeito pode elaborar as respostas, com as suas próprias palavras, a partir de sua elaboração pessoal.

Tendo como fundamento essa explicação, o questionário elaborado para este estudo foi formulado com questões abertas, ou seja, os alunos puderam elaborar as respostas com suas palavras. Essas questões se referiam principalmente a conceitos da Física que seriam/foram estudados por meio de aulas expositivas que culminaram com a utilização do produto educacional, isto é, um jogo de tabuleiro que reforçava e testava os conhecimentos adquiridos pelos alunos.

3.5 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS DADOS

De acordo com Minayo, Deslandes e Gomes (2007), a análise e tratamento do material empírico e documental diz respeito ao conjunto de procedimentos para valorizar, compreender, interpretar os dados empíricos, articulá-los com a teoria que fundamentou o projeto ou com outras leituras teóricas e interpretativas cuja necessidade foi dada pelo trabalho de campo. Os autores subdividem esse momento em três tipos de procedimento: (a) ordenação dos dados; (b) classificação dos dados; (c) análise propriamente dita.

Para esses autores, o tratamento do material conduz a uma busca da lógica peculiar e interna do grupo que estamos analisando, sendo esta a construção fundamental do pesquisador. Ou seja, análise qualitativa não é uma mera classificação de opinião dos informantes, mas sim a descoberta de seus códigos sociais a partir das falas, símbolos e observações. A busca da compreensão e da interpretação à luz da teoria aporta uma contribuição singular e contextualizada do pesquisador.

Nesse sentido, adotamos nesta pesquisa a Análise do Conteúdo, proposta por Laurence Bardin (2011). De acordo com o autor, a Análise do Conteúdo se trata de “um conjunto de técnicas de análise das comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens” (BARDIN, 2011, p. 35). Por esse motivo, “a Análise de Conteúdo trabalha a palavra, a prática da língua realizada por emissores identificáveis” (BARDIN, 2011, p. 35).

Assim, utilizamos a Análise de Conteúdo por categorias, que seria a análise categorial. De acordo com Bardin (2011, p. 153), “a análise categorial funciona por operações de desmembramento do texto em unidades, em categorias segundo reagrupamentos analógico” (BARDIN, 2011, p. 201). Desse modo, considerando a sequência metodológica para a organização da Análise de Conteúdo apresentada por Bardin (2011), a análise ocorreu da seguinte forma: etapa pré-analítica (organização do material a ser estudado, ou seja, das respostas dos questionários); etapa analítica (estudo do material, da codificação, classificação e categorização, começando pela codificação dos alunos, classificando as respostas dos questionários pré-teste e pós-teste para cada questão); etapa da interpretação inferencial (realizando reflexões que possibilitaram o estabelecimento de relações com a realidade pesquisada, realizando-se as inferências necessárias, tendo como base outras pesquisas sobre o tema e também a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel).

3.6 PRODUTO EDUCACIONAL

3.6.1 Jogo Na Trilha Da Física

Descrição:

O jogo “Na Trilha da Física” possui um tabuleiro que pode ser utilizado em dois formatos, permitindo a participação de quatro ou de dezesseis participantes.

Materiais:

- Tabuleiro: O tabuleiro contém 160 casas, interligadas horizontalmente e verticalmente;
- Um dado para o lançamento aleatório em cada jogada;
- 16 pinos para representar os jogadores ou grupos de jogadores no tabuleiro, sendo 04 verdes, 04 amarelos, 04 azuis e 04 vermelhos.

Objetivo: Chegar ao centro do tabuleiro na sua respectiva cor (válido para jogador único ou para grupos de jogadores, conforme o formato adotado).

Formatos de jogo:

- Primeiro formato: 04 participantes.

Peças: Para o primeiro formato do jogo (04 participantes), cada jogador tem direito a um pino, totalizando 04 pinos em jogo, nas seguintes cores: Verde, Amarelo, Azul e Vermelho.

- Segundo formato: 16 participantes.

Peças: Para o segundo formato do jogo (16 participantes), cada jogador terá direito a um pino, totalizando 16 pinos, cada grupo de 04 jogadores escolherá uma respectiva cor, que serão distribuídas entre: Verde, Amarelo, Azul e Vermelho.

O Jogo:

O jogo Na Trilha da Física terá dois formatos para ser jogado: o primeiro permite a participação de quatro jogadores e o segundo inclui dezesseis jogadores. Na primeira situação, cada jogador inicialmente escolherá entre as cores (Verde, Amarelo, Azul e Vermelho) aquela que será a sua durante toda a partida. Em seguida, os participantes deverão lançar um dado. Aquele jogador que obtiver o maior número no lançamento, será aquele que dará início ao

jogo. Os demais jogadores terão sua ordem de início mediante o número que acertarem com o lançamento do dado, por exemplo: no lançamento aleatório dos dados, o jogador azul tirou o número 5, o jogador verde o número 3, o jogador amarelo o número 2 e o jogador vermelho o número 6, então a ordem de início do jogo será: O primeiro a iniciar o jogo será o vermelho, seguido pelo azul, verde e amarelo. Caso no lançamento aleatório os jogadores acertem o mesmo número, cada jogador terá direito a outro lançamento para saber qual irá tirar o maior número.

A dinâmica do jogo para dezesseis jogadores se dá inicialmente dividindo em quatro grupos de quatro jogadores. Dentro desses grupos, os participantes em comum acordo deverão escolher uma cor característica (Verde, Amarelo, Azul e Vermelho), para designar sua equipe. Cada grupo de jogadores deverá escolher um membro para dar início às jogadas, o qual irá iniciar o jogo com a ajuda dos outros membros do grupo. Os jogadores escolhidos dentro de cada grupo irão lançar os dados com o intuito de tirar o maior número, para com isso iniciarem o jogo. Em cada jogada, os jogadores irão lançar os dados e o número que sair em cada lançamento é a quantidade de casas que eles devem pular, lembrando que haverá perguntas sobre a física das colisões em casas alternadas. As perguntas serão dos tipos: Certo ou Errado, teóricas e algumas que necessitam de um conhecimento mais aprimorado do estudo das colisões. O jogador que em um lançamento tirar o número seis (06) poderá escolher os alunos que não estão participando diretamente da jogo, e sim assistindo o jogos para auxiliar nas respostas das perguntas propostas.

As cartas distribuídas nas cores Verde, Amarelo, Azul e Vermelho irão conter as perguntas a serem respondidas em cada jogada. Em cada lançamento, a cor da carta com a pergunta que cada jogador irá responder está condicionada ao número que sair no lançamento aleatório do dado. Sendo como regra o seguinte: o número 01 corresponde a carta de cor Verde, número 02 corresponde a cor Amarelo, número 03 corresponde a cor Azul, número 04 corresponde a carta de cor Vermelha. Caso o jogador, no lançamento do dado, acerte os números 05 ou 06, terá direito a escolher uma das cores das cartas. As cartas em que os participantes acertarem as perguntas serão excluídas do jogo; já as cartas que os alunos não responderem de maneira correta deverão retornar ao jogo. Nas jogadas, se as perguntas forem respondidas corretamente, os jogadores deverão avançar 04 casas; se as perguntas forem respondidas erroneamente, os jogadores deverão retornar 01 casa.

O objetivo do jogo é que cada jogador (ou grupo de jogadores) chegue ao centro do tabuleiro na sua respectiva cor, mas, para isso, ele deverá percorrer toda a trilha, onde encontrará várias perguntas relacionadas ao estudo das colisões, até a chegada à porta da sua

respectiva cor, em que entrará e continuará até a chegada ao centro do tabuleiro. Uma vez chegando nessa posição, o jogador irá responder à pergunta final: respondendo corretamente, o jogador será o vencedor; caso a resposta esteja incorreta, o jogador irá voltar à porta de entrada da sua respectiva cor e novamente percorrerá até a chegada ao centro, onde terá direito a outra pergunta.

As cartas elaboradas e o registro da aplicação do jogo estão apresentados no Apêndice, onde descrevemos integralmente o produto educacional e sua proposta de utilização.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS DADOS COLETADOS NOS QUESTIONÁRIOS

A fim de compreender o nível de conhecimento dos alunos sobre o tema das colisões, foi aplicado um questionário pré-teste para catorze alunos do 1º ano do Ensino Médio. Após a aplicação do jogo “Na Trilha da Física”, sobre o conteúdo “Conservação da quantidade de movimento e Colisões”, apenas nove alunos responderam ao questionário pós-teste. A faixa etária dos alunos varia entre 14 e 18 anos, havendo predominância do sexo feminino.

Para facilitar a compreensão dos dados, as respostas dos alunos foram apresentadas integralmente e codificadas como PRÉ ou PÓS, conforme o momento de aplicação, antes ou após a participação dos alunos no jogo proposto, e também de acordo com a quantidade de alunos respondentes. Ressalta-se que, devido a desafios diversos, as quantidades de alunos que responderam aos questionários nos dois momentos são diferentes e, por esse motivo, avaliou-se a compreensão da turma de modo geral, e não apenas individualmente.

Além disso, considerando a solicitação de respostas dissertativas, em sua maioria, as mesmas foram analisadas qualitativamente, ou seja, em sua assertividade e coerência em relação ao conteúdo estudado. Assim, nas respostas consideradas completas, grifamos os termos utilizados pelos alunos que se relacionam à resposta esperada.

A primeira pergunta indagava: Qual sua compreensão sobre o termo impulso de uma força? Como resposta, esperava-se que os alunos respondessem algo relacionado à seguinte afirmação: “O impulso é uma grandeza física vetorial definida pelo produto da força média aplicada sobre um corpo pelo intervalo de tempo”.

As respostas a essa pergunta estão listadas a seguir:

PRÉ.1: Impulso é uma **grandeza física** que mede a mudança da quantidade de movimento sofrida por um **corpo** sobre o qual atua uma **força (F)** durante um **intervalo de tempo (Δt)**. O impulso é uma grandeza vetorial, isto é, apresenta módulo, direção e sentido.

PRÉ.2: Minha compreensão sobre o tema é que, se você coloca força em algo a tendência dele é ir pra frente, desde que sua força seja maior que a quantidade de massa de tal coisa.

PRÉ.3: É a relação entre uma **força** aplicada sobre um **corpo** e o **intervalo de tempo** dessa aplicação.

PRÉ.4: Impulso de uma **força** é a quantidade que uma **força** exerce em um determinado **período de tempo**.

PRÉ.5: De quando um corpo age, conforme é o movimento do impulso sofrido sobre uma determinada força, como por exemplo: se o impulso for grande maior será a

força, e da mesma forma ela voltará pro corpo meio que isso pelos meus entendimentos.

PRÉ.6: Impulso é uma **grandeza física vetorial**. O impulso pode ser calculado por meio do produto da **força** média aplicada sobre um **corpo** pelo **intervalo de tempo** de aplicação dessa força.

PRÉ.7: É a mudança da quantidade de movimento de um corpo.

PRÉ.8: O impulso é como uma **grandeza física**, ele estuda a interação de uma **força** que é aplicada em um **corpo** durante um **intervalo de tempo**. Já que a variação do tempo é uma grandeza escalar, então o vetor impulso terá sempre a mesma direção e sentido da força.

PRÉ.9: É uma **grandeza física** que mede a **força** aplicada em um **corpo** num determinado **espaço de tempo**.

PRÉ.10: É quando você empurra um objeto para que ele se movimente.

PRÉ.11: Nenhuma. Não sei se já estudei esse conteúdo.

PRÉ.12: SEM RESPOSTA

PRÉ.13: Impulso é força.

PRÉ.14: Impulso é uma força que se faz para empurrar alguma coisa.

Dentre os catorze alunos participantes, apenas seis (42,86%) apresentaram o conceito de impulso de modo adequado, utilizando os termos força, corpo e tempo. Alguns ainda ressaltaram que se trata de uma grandeza física ou grandeza física vetorial. É interessante observar que há quatro (28,75%) respostas considerando impulso como força, as quais são incompletas, mas demonstram alguma compreensão do conceito por parte dos alunos. Outras duas (14,29%) respostas associam ao movimento e, além desses, outros dois alunos não responderam (14,29%).

Associando essas respostas aos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa, podemos perceber que os alunos possuem conhecimentos prévios que de algum modo os ajudou a responder à questão, elaborando um conceito do que seja impulso. Seja ressaltando aspectos como força ou movimento em suas respostas, isso demonstra que os alunos recorreram a subsunçores já preexistentes em sua estrutura cognitiva para responder desse modo sobre um conceito que ainda não conheciam bem.

Ainda considerando a pergunta “Qual sua compreensão sobre o termo impulso de uma força?”, na aplicação do questionário pós-teste, os alunos apresentaram as seguintes respostas:

PÓS.1: É uma **grandeza vetorial**, resultado do produto de uma **força** aplicado sobre um **corpo** em um **determinado tempo**.

PÓS.2: Acredito que impulso seja o que um corpo realiza após receber uma força.

PÓS.3: Que o impulso é uma **grandeza física vetorial**, o qual pode ser calculado pela multiplicação da sua **força** e o **tempo** ao qual esta foi aplicada, sobre um **corpo**.

PÓS.4: Impulso de uma **força** é o produto da **força** pelo **intervalo de tempo**, sendo uma **grandeza vetorial**.

PÓS.5: Relação entre uma **força** e o **tempo** que ela é exercida.

PÓS.6: O impulso de uma força constante é uma grandeza vetorial que possui a mesma direção e o mesmo sentido da força.

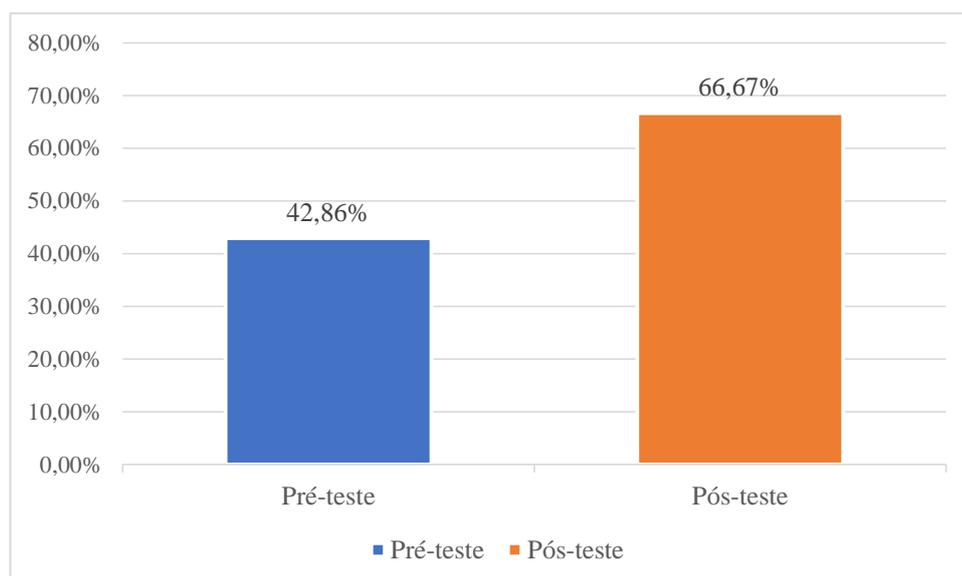
PÓS.7: É a mudança da quantidade de movimento de um corpo.

PÓS.8: Impulso é uma **grandeza física** que mede a mudança da quantidade de movimento sofrida por um **corpo** sobre o qual atua uma **força (F)** durante um **intervalo de tempo (Δt)**. O impulso é uma **grandeza vetorial**, isto é, apresenta módulo, direção e sentido, e sua unidade no sistema internacional de unidades.

PÓS.9: O impulso é uma **grandeza vetorial** que possui intensidade, direção e sentido e é obtido através do produto da **força** pelo **intervalo de tempo**.

De modo semelhante, após a participação no jogo, dentre os nove alunos que responderam ao questionário pós-teste, seis (66,67%) responderam à questão 1 de modo adequado. Considerando as respostas dos demais alunos, dois (22,22%) ainda mencionam força em suas respostas e um (11,11%) associa a ideia de impulso ao movimento. A comparação entre as respostas nos dois momentos de aplicação dos questionários está demonstrada no Gráfico 1:

Gráfico 1. Comparação entre as respostas à Questão 1 nos questionários pré-teste e pós-teste.



Fonte: Dados coletados na pesquisa.

Com isso, é possível perceber um aumento (23,81%) na quantidade de acertos após a aplicação do produto educacional, em comparação com os conhecimentos dos alunos no momento anterior à aplicação. Entende-se assim que houve uma melhor assimilação do conceito estudado a partir da utilização desse recurso lúdico.

A segunda pergunta questionava o aluno sobre o que ele entende a respeito da quantidade de movimento. Eram esperadas respostas que considerassem a quantidade de movimento como “uma grandeza física vetorial, definida pelo produto entre a massa, em quilogramas, e a velocidade, em metros por segundo”. Logo, a explicação do aluno precisaria relacionar massa e velocidade para ser considerada como uma resposta adequada à questão.

As respostas apresentadas para essa pergunta estão listadas a seguir. Observe-se as palavras grifadas:

PRÉ.1: A quantidade de movimento é uma **grandeza vetorial** determinada pela **massa** de um corpo multiplicada pelo seu vetor **velocidade**, como a massa será uma grandeza escalar, a quantidade de movimento será paralelo ao vetor velocidade, que assim serão a mesma direção e sentido.

PRÉ.2: Quantidade de movimento no meu entender é que, quanto menos a massa maior pode ser a quantidade de movimento!

PRÉ.3: Relação entre a **massa** de um corpo e sua **velocidade**.

PRÉ.4: Quantidade de movimento é a velocidade alcançada por um corpo.

PRÉ.5: Sobre o movimento, é que, se não me engano dependendo do impulso da quantidade do movimento sofre o corpo por causa do impacto do impulso.

PRÉ.6: A quantidade de movimento relaciona a **massa** de um corpo com sua **velocidade**.

PRÉ.7: É uma grandeza vetorial.

PRÉ.8: A quantidade de movimento é uma **grandeza** determinada pela **massa** do corpo multiplicada pela sua **velocidade**. Já que a massa é uma grandeza escalar, a quantidade de movimento será de modo paralelo a velocidade, tendo assim, a mesma direção e sentido.

PRÉ.9: É uma **grandeza** obtida pelo produto da **massa** de um corpo pela sua **velocidade**.

PRÉ.10: É o movimento que pode ser medido.

PRÉ.11: É aquele negócio de movimento uniforme, movimento variado, movimento uniformemente variado? Já estudei, mas não lembro das fórmulas.

PRÉ.12: É o movimento que pode ser medido.

PRÉ.13: Quantidade de movimento é movimentar corpo.

PRÉ.14: Quantidade de movimento deve ser algo que produz um movimento nos corpos.

Pode-se observar que apenas cinco (35,71%) respostas relacionaram massa e velocidade para explicar o conceito de quantidade de movimento. As outras respostas foram consideradas incompletas, tendo em vista que focam apenas em movimento de corpos ou em massa, ainda que, assim como na questão anterior, de algum modo recorram à noções prévias que os alunos já tinham sobre esse conceito.

No segundo momento, após a aplicação do produto educacional, os alunos responderam a essa questão do seguinte modo:

PÓS.1: A quantidade de movimento é uma **grandeza vetorial**, resultado do produto da **massa** e da **velocidade**, e possui intensidade, direção e sentido.

PÓS.2: Não entendo muito bem, a quantidade de movimento é a intensidade do impulso.

PÓS.3: É a **grandeza vetorial**, que possui intensidade, direção e sentido dada por:
 $Q = mv$.

PÓS.4: Quantidade de movimento é o produto da **massa** pela **velocidade**.

PÓS.5: Relação entre a **massa** e a **velocidade** de um corpo.

PÓS.6: A quantidade de movimento relaciona a **massa** de um corpo com sua **velocidade**.

PÓS.7: É uma grandeza vetorial.

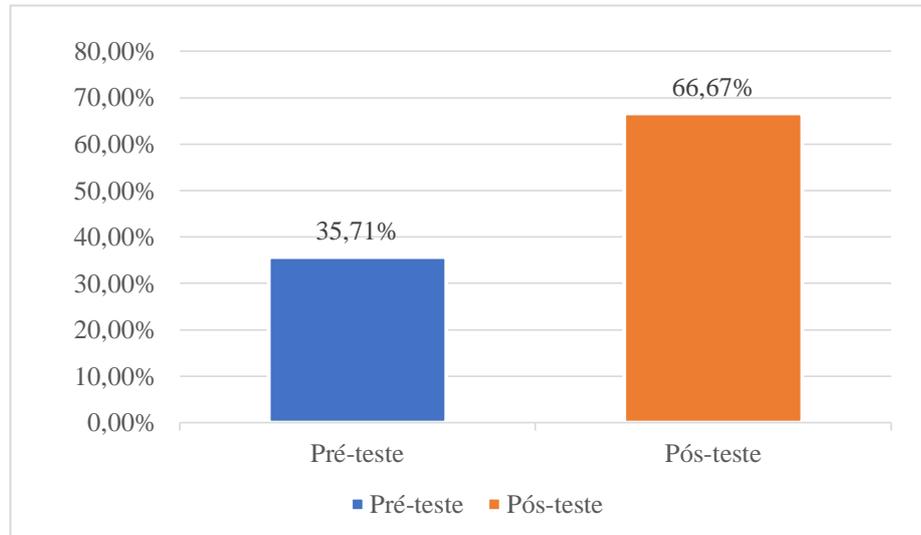
PÓS.8: A quantidade de movimento é uma grandeza vetorial determinada pela **massa** do corpo multiplicada pelo seu vetor **velocidade**: Como a massa é uma grandeza escalar, o vetor quantidade de movimento será paralelo ao vetor velocidade.

PÓS.9: A quantidade de movimento é a intensidade de direção e sentido que é armazenada dentro de um corpo.

Considerando estas respostas, dentre os nove questionários respondidos no momento pós-teste, seis (66,67%) responderam conforme o esperado. Nesse sentido, mais uma vez, percebemos que as aulas expositivas e a utilização do produto educacional contribuíram para essa melhora, pois os alunos puderam ver na prática como esses conceitos funcionam e, ainda, associá-los às situações do seu cotidiano, conforme previsto nas orientações da BNCC (BRASIL, 2018), já comentadas neste trabalho

Observe-se a comparação entre as respostas coletadas para esta questão nas duas aplicações do questionário (Gráfico 2):

Gráfico 2. Comparação entre as respostas à Questão 2 nos questionários pré-teste e pós-teste.



Fonte: Dados coletados na pesquisa.

Esses dados indicam que houve um aumento significativo (30,96%) na quantidade de alunos que compreenderam o conceito estudado.

A terceira questão abordava especificamente sobre o entendimento dos alunos a respeito do termo colisões. Uma resposta adequada consideraria a colisão como um evento em que dois ou mais corpos exercem forças um sobre o outro por um tempo relativamente curto. As respostas a essa questão estão apresentadas a seguir:

PRÉ.1: Colisão é quando **dois ou mais corpos exercem forças um sobre o outro, por um curto tempo.**

PRÉ.2: Colisão é quando **algo ou dois corpos se chocam levando grande força um sobre o outro**, então no caso é nada mais nada menos que um **impacto entre dois objetos.**

PRÉ.3: Choque entre corpos.

PRÉ.4: Colisão é o embate entre dois ou mais corpos.

PRÉ.5: Não me retrato bem, mais penso que é quando **dois ou mais corpos tem forças iguais ou uma sobre a outra.**

PRÉ.6: É um tipo de choque que pode ocorrer entre dois objetos distintos.

PRÉ.7: Colisão é quando **dois ou mais corpos exercem forças um sobre o outro.**

PRÉ.8: Colisões é **quando dois ou mais corpos exercem forças um no outro por um tempo muito curto.**

PRÉ.9: É o **choque entre dois ou mais corpos onde um exerce forças sobre o outro.**

PRÉ.10: É quando duas coisas se batem.

PRÉ.11: Que durante uma colisão os corpos envolvidos podem sofrer desvios em suas rotas, ou não.

PRÉ.12: É quando duas coisas se batem.

PRÉ.13: Colisão é quando corpos batem.

PRÉ.14: Colisão é quando dois corpos se batem.

É possível verificar que os alunos compreendem bem o sentido do conceito de colisões como choque ou batida entre dois corpos, mas apenas seis (42,86%) mencionam a palavra força(s) e somente (14,29%) dois apresentaram respostas completas, mencionando juntamente as palavras força(s) e tempo. Com isso, entende-se que as respostas, em sua maioria, foram mal elaboradas e fundamentadas no senso comum, ou seja, no conhecimento cotidiano que se tem sobre a palavra colisão, e não foram devidamente baseadas no conceito físico estudado.

Como já comentamos acima, os subsunçores existentes na estrutura cognitiva podem ser abrangentes, bem elaborados, claros, estáveis ou limitados, pouco desenvolvidos, instáveis, dependendo da frequência e da maneira com que serviram de ancoradouro para novas informações e com elas interagiram (MOREIRA, 2006, p. 15). Dessa forma, entendemos que os alunos possuíam algum conhecimento prévio, ainda que não conseguissem explicar o conceito do modo como esperado, associando força e tempo, mas foram em direção a ele com base nos subsunçores preexistentes em sua estrutura cognitiva ao se depararem com a palavra “colisão”.

No questionário pós-teste, foram identificadas as seguintes respostas:

PÓS.1: É o choque entre dois corpos.

PÓS.2: Entendo mais ou menos, é quando dois corpos se chocam.

PÓS.3: É quando ocorre o choque entre dois ou mais corpos.

PÓS.4: Colisão significa um evento em que **dois corpos exercem forças um sobre o outro por um curto período de tempo.**

PÓS.5: Choque entre dois corpos ou um corpo é uma superfície.

PÓS.6: **Colisões entre dois corpos constituem uma interação rápida e violenta, pois as forças trocadas são de grande intensidade.** Nesse breve **intervalo de**

tempo, os corpos trocam entre si forças de intensidades muito maiores do que as ações externas.

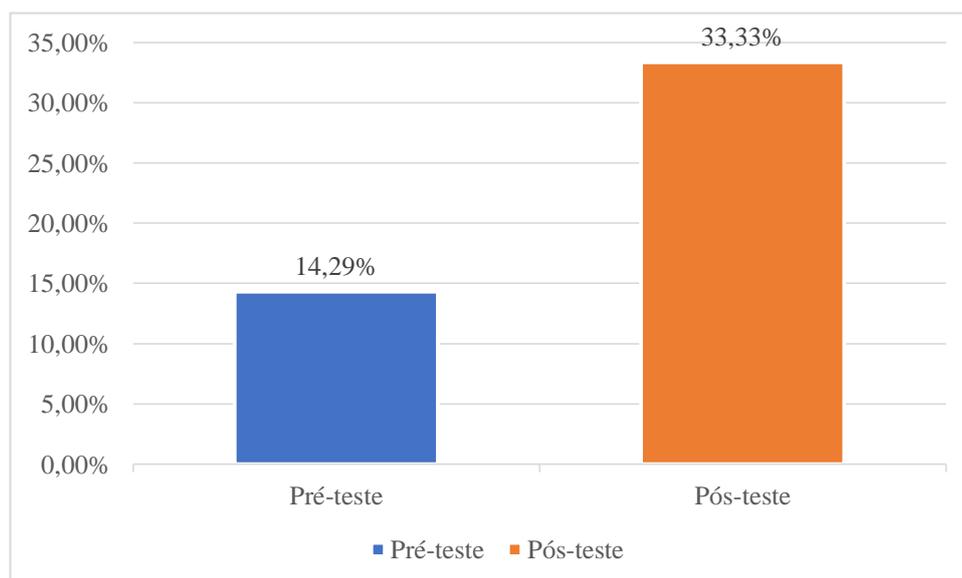
PÓS.7: Colisão é quando dois ou mais corpos exercem forças um sobre o outro.

PÓS.8: colisão é um evento em que **dois ou mais corpos exercem forças um sobre o outro por um tempo relativamente curto**.

PÓS.9: São eventos onde dois objetos de direção e sentidos opostos se encontram ocorrendo uma intensidade de força.

No segundo questionário, três (33,33%) alunos relacionaram o conceito de colisão à força e ao tempo. No entanto, anteriormente, no pré-teste, seis (42,86%) alunos mencionaram a palavra força(s) e, desta vez, apenas dois (22,22%) alunos fizeram menção a ela. Além deles, quatro (44,44%) alunos permaneceram com o entendimento de que colisão é o choque entre dois corpos. O Gráfico 3 compara o nível de acertos nas duas aplicações do questionário:

Gráfico 3. Comparação entre as respostas à Questão 3 nos questionários pré-teste e pós-teste



Fonte: Dados coletados na pesquisa.

Assim, verificou-se que houve um aumento (19,04%) na quantidade de alunos que apreenderam o conceito de modo adequado.

Em seguida, os alunos foram questionados a respeito de sua compreensão sobre o conceito de energia. Além disso, foram solicitados a citar algumas formas de energia que conhecem. Como resposta, esperava-se que os alunos respondessem que energia é a

capacidade que um corpo possui de realizar trabalho. Como exemplos, seriam aceitos: Energia cinética, Energia potencial gravitacional, Energia potencial elástica, energia elétrica, energia potencial elétrica, dentre outros.

Nas respostas abaixo, o conceito adequado foi grifado em negrito e os exemplos citados foram marcados com sublinhado.

PRÉ.1: Energia é algo relacionado à **capacidade de produzir trabalho**, mas ela pode causar modificações na matéria e, muitas vezes de forma irreversível. Energia solar que é proveniente de uma fonte inesgotável, ou seja, o sol. Energia térmica que é usada quando vamos passar roupas. Energia mecânica que é usada nas indústrias.

PRÉ.2: É a capacidade de um corpo ou algo exerce uma função sobre outra coisa. A mecânica é aquela quando um movimento é capaz de produzir energia ou algo como um motor. Outra energia é a térmica que é aquela que está ligada mais ao calor e às temperaturas. Ex.: caldeira de máquinas a vapor e balão de ar.

PRÉ.3: **Capacidade de um corpo em realizar trabalho**. Energia potencial, energia mecânica e energia cinética.

PRÉ.4: Energia é **a capacidade que um corpo tem de realizar trabalho**, existem vários tipos de energia, como energia solar e nuclear.

PRÉ.5: Existe vários tipos de energia no nosso cotidiano, como por exemplo energia potencial gravitacional, energia elétrica e energia térmica.

PRÉ.6: Não há uma definição exata para energia, mas podemos dizer que ela está associada à **capacidade de produção de ação ou movimento** e manifesta-se de diferentes formas. Energia cinética, energia térmica, energia potencial, energia química.

PRÉ.7: Energia é a **capacidade de algo de realizar trabalho ou gerar força** num determinado corpo, as formas de energia: movimento, calor, potencial elétrico, reações químicas.

PRÉ.8: O conceito de energia está relacionado à **capacidade de produzir trabalho**. A energia elétrica é a forma de energia mais utilizada no mundo.

PRÉ.9: Energia é **a capacidade de um corpo realizar trabalho**. Energia elétrica, nuclear, solar, eólica, entre outros.

PRÉ.10: É tudo que tem na natureza. Energia solar, energia eólica, energia elétrica.

PRÉ.11: Energia térmica, energia elétrica, energia potencial, energia cinética, energia solar, energia mecânica. Só essas.

PRÉ.12: É tudo que tem na natureza. Energia solar, energia eólica, energia elétrica.

PRÉ.13: Energia é algo que é usado para acender as lâmpadas. Energia elétrica.

PRÉ.14: Energia é o que os corpos possuem para se movimentar. Energia elétrica; Energia térmica.

De acordo com as respostas, verifica-se que metade (50,00%) dos alunos respondeu adequadamente ao considerar a energia como a capacidade que um corpo possui de realizar trabalho. Todos os alunos apresentaram exemplos de energia, sendo a energia elétrica, a energia solar e a energia mecânica as mais citadas. Mais uma vez, ressalta-se o conhecimento prévio dos alunos que, embora alguns não soubessem conceituar energia, conseguiram lembrar dos tipos de energia que conhecem. Esse conhecimento já poderia contribuir para sua aprendizagem do conceito nas aulas, se os tipos de energia mencionados por eles e conhecidos em seu dia a dia forem valorizados nessas aulas.

Na mesma questão, no momento do pós-teste, os alunos responderam:

PÓS.1: É **capacidade que um corpo possui de realizar trabalho**. Ex.: energia elétrica, energia solar, energia nuclear, energia cinética, energia mecânica.

PÓS.2: Energia é a **capacidade de um corpo de realizar trabalho**. Energia nuclear, energia elétrica...

PÓS.3: É forma que um corpo possui para **realizar um trabalho**.

PÓS.4: Energia é a **capacidade de um corpo realizar trabalho**, existem várias formas de energia, como a energia solar, eólica, nuclear e etc.

PÓS.5: Não sei explicar o que é. Energia cinética, energia mecânica, energia térmica, etc.

PÓS.6: **Capacidade que um corpo, uma substância ou um sistema físico têm de realizar trabalho**, existe a energia elétrica, eólica, etc.

PÓS.7: Energia é a **capacidade de algo de realizar trabalho ou gerar força** num determinado corpo, as formas de energia: movimento, calor, potencial elétrico, reações químicas.

PÓS.8: O conceito de energia está relacionado à **capacidade de produzir trabalho**. A energia causa modificações na matéria e, em muitos casos, de forma irreversível. Energia elétrica é a que eu mais conheço

PÓS.9: É a **capacidade de algo de realizar trabalho**, isto é, de criar força num determinado corpo.

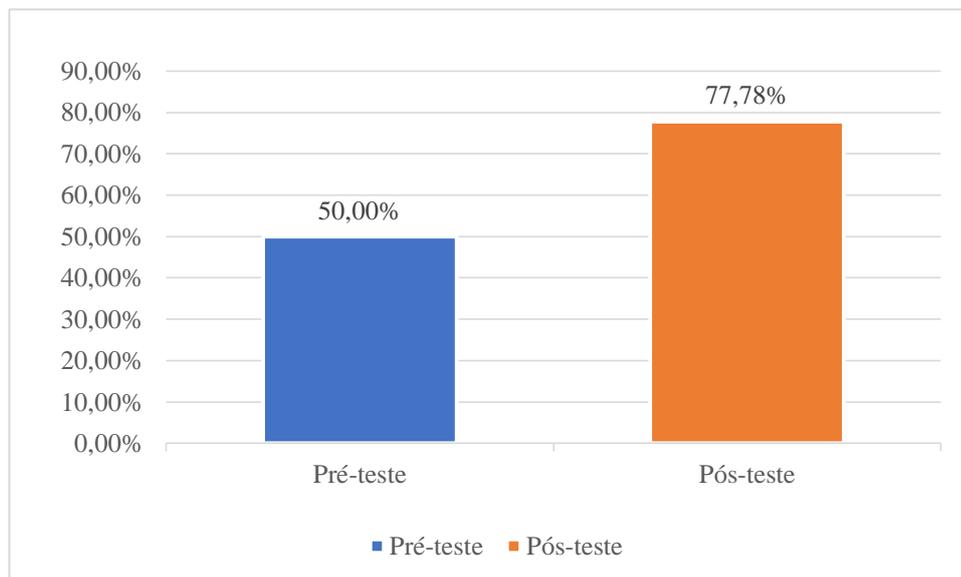
Diferentemente do primeiro momento, nem todos os alunos apresentaram exemplos, apenas sete alunos citaram os tipos de energia que conhecem. Mas, isso não sugere que desconheçam os tipos de energia e que por isso deixaram de citar. Supõe-se que os alunos apenas esqueceram de responder à segunda etapa da questão.

Entretanto, observando as respostas listadas acima, é possível conferir um aumento de 27,78% na quantidade de respostas corretas, pois sete (77,78%) alunos conseguiram apresentar o conceito de energia adequadamente, conforme o esperado.

Sobre isso, Assis e Teixeira (2003) comentam que uma possibilidade concreta para a apropriação do sentido de energia seria trabalhar a dimensão histórica do processo de produção do conceito e buscar os pontos similares entre o conhecimento de senso comum dos alunos com o conhecimento científico no decorrer da história. Isso possibilitaria aos estudantes formarem um conceito a partir de seus conhecimentos iniciais e entender as teorias científicas como uma construção humana e não como verdades absolutas. Esse entendimento vai ao encontro dos princípios abordados por Ausubel na Teoria da Aprendizagem Significativa.

Para verificar o quanto os alunos aprenderam após a aplicação do produto educacional, observe-se o Gráfico 4.

Gráfico 4. Comparação entre as respostas à Questão 4 nos questionários pré-teste e pós-teste



Fonte: Dados coletados na pesquisa.

Na quinta questão foi proposto o seguinte problema aos alunos: “duas bolinhas de massas iguais estão sobre uma superfície horizontal e sem atrito. Uma das bolinhas desloca-se com velocidade v , de encontro a outra, que está parada. Ocorre o choque entre as duas bolinhas, de forma perfeitamente elástica e frontal. O que ocorrerá após a colisão?”. Partindo do conteúdo estudado em sala de aula, esperava-se que os alunos respondessem que, após a colisão, a bolinha que estava parada começa a mover-se com velocidade v e a bolinha que estava com velocidade v ficara em repouso.

PRÉ.1: Após o choque a velocidade das bolinhas muda de direção, mais a velocidade relativa entre as duas permaneceram iguais.

PRÉ.2: Elástica que é no mesmo caso como bolas de bilhar, o que acontecerá é que após a batida elas vão se separar novamente ou a outra estava parada vai receber toda aquela força e vai cair.

PRÉ.3: Elas irão se afastar, mas não iria acontecer perda de energia cinética.

PRÉ.4: A bolinha que foi atingida vai entrar em movimento após a colisão, e a bolinha que já estava em movimento vai se mover mais um pouco até parar.

PRÉ.5: Eu penso que logo depois da colisão entre as duas bolinhas é que vão seguir rumos diferentes e velocidade, perdendo energia.

PRÉ.6: Nada.

PRÉ.7: Não haverá perda de energia, continuaram iguais.

PRÉ.8: Elas iriam se afastar em direções contrárias, cada um pra um lado.

PRÉ.9: Após o choque a bolinha que estava parada passa a ganhar velocidade e a que já estava com velocidade “V” vai perdendo a velocidade aos poucos.

PRÉ.10: Depois da colisão cada bolinha será jogada para um lado diferente.

PRÉ.11: Elas irão voltar para a posição inicial.

PRÉ.12: Depois da colisão cada bolinha será jogada para um lado diferente.

PRÉ.13: **Acho que uma bola para e a outra se movimenta**, igual peteca.

PRÉ.14: Acredito que as duas bolas passam a se mover com mesma velocidade.

Dentre as catorze respostas obtidas no pré-teste para essa pergunta, apenas duas foram consideradas completamente adequadas (PRÉ.4 e PRÉ.9) e, apesar de ser menos explicativa, PRÉ.13 também foi considerada como adequada, totalizando três (21,43%) respostas corretas no total. Observou-se, no entanto, que as demais respostas dos alunos não podem ser consideradas nem como incompletas, pois não mencionam o efeito esperado a partir da colisão, demonstrando baixa assimilação do conceito entre os alunos.

Isso pode indicar que, sobre esse aspecto, que os subsunçores dos alunos precisam ser melhor trabalhados para que possam facilitar sua aprendizagem. Como é possível observar, o conceito de colisão está bem compreendido pela maioria, mas eles ainda não haviam conseguido apreender ou compreender completamente esse conteúdo.

Já em um segundo momento, após a aplicação do produto educacional, coletou-se as seguintes respostas para esse problema:

PÓS.1: Após a colisão a bolinha que estava parada passou a ter movimento.

PÓS.2: A bolinha de velocidade v fará a bolinha parada entrar em movimento.

PÓS.3: A bolinha que estava parada entrou em movimento quando ocorreu a colisão.

PÓS.4: Quando ocorre a colisão a segunda bolinha vai começar a se mover, a primeira bolinha continuará em movimento, pois a superfície não tem atrito.

PÓS.5: A bolinha que estava parada também vai se mexer.

PÓS.6: **A bolinha que estava parada, após a colisão, começou a se movimentar e a bolinha que se deslocou em uma velocidade v , por conta do atrito que ela teve com a outra bolinha, deu impulso para outra bolinha se movimentar e a mesma diminuir sua velocidade.**

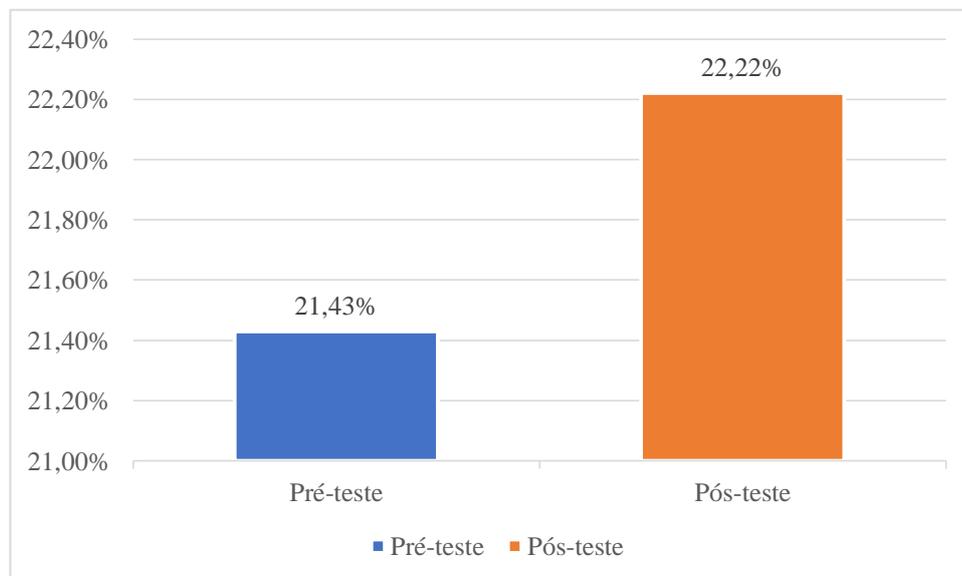
PÓS.7: Não haverá perda de energia, continuaram iguais.

PÓS.8: Não haverá perda de energia, continuaram iguais

PÓS.9: **A bolinha que já estava em movimento perde velocidade e a bolinha que estava parada começa a ganhar velocidade.**

Partindo dessas respostas, observa-se que dois (22,22%) alunos apresentaram respostas consideradas completamente adequadas, em uma quantidade semelhante às respostas corretas identificadas no pré-teste. Essa comparação está demonstrada no Gráfico 5:

Gráfico 5. Comparação entre as respostas à Questão 5 nos questionários pré-teste e pós-teste



Fonte: Dados coletados na pesquisa.

É válido ressaltar que, diferentemente do primeiro momento, a maior parte das outras respostas pode ser considerada completa nesse segundo momento, pois, mesmo sem indicar que a segunda bolinha pararia, os alunos compreenderam que o choque entre elas faria com

que a bolinha que estava parada começaria a se mover, conforme as respostas sublinhadas (55,56%). Isso demonstra que houve um avanço no entendimento do conceito por parte dos alunos, pois apresentaram respostas mais direcionadas ao que era esperado para a questão.

Assim, depois dos conteúdos ensinados em sala de aula e de sua aplicação por meio do Jogo “Na trilha da Física”, os alunos puderam assimilar melhor o conceito de colisão envolvendo o entendimento sobre velocidade e movimento.

A questão seguinte solicitou que os alunos observassem a tirinha abaixo:



Em seguida, os alunos deveriam marcar a alternativa que respondesse adequadamente qual o princípio físico foi ilustrado na tirinha e a que ele se deve. As alternativas apresentadas foram as seguintes:

- a) ao *Princípio de Bernoulli*: o aumento da velocidade de um fluido está associado à diminuição da sua pressão, assim o aumento da velocidade nas bolas ocorre com a diminuição da sua pressão fazendo ela subir.
- b) à *Lei de Boyle-Mariotte*: a temperatura constante, a pressão e volume são constantes para uma massa gasosa, assim, a pressão de uma bola é transferida para outra integralmente, sendo que a massa das bolas é constante.
- c) à *Lei da Conservação da Quantidade de Movimento*: em um sistema isolado, a quantidade de movimento total se conserva. Assim a quantidade de movimento de uma bolinha é transferida integralmente à outra, descontados os efeitos térmicos, sonoros oriundos da colisão.
- d) à *Lei de Joule*: a corrente elétrica gera um aquecimento que repele a bola adjacente.

Para ser considerada correta, a alternativa marcada deveria ser a letra C, uma vez que o princípio ilustrado se refere à Lei da Conservação da Quantidade de Movimento, pois a quantidade de movimento de uma bolinha é transferida integralmente à outra, descontados os efeitos térmicos, sonoros oriundos da colisão.

Comparando-se as respostas dos questionários pré-teste e pós-teste, as alternativas indicadas pelos alunos foram:

| Questionário pré-teste | Questionário pós-teste |
|--------------------------|--------------------------|
| PRÉ.1: A | PÓS.1: C |
| PRÉ.2: C | PÓS.2: C |
| PRÉ.3: C | PÓS.3: C |
| PRÉ.4: C | PÓS.4: C |
| PRÉ.5: C | PÓS.5: C |
| PRÉ.6: C | PÓS.6: C |
| PRÉ.7: C | PÓS.7: C |
| PRÉ.8: C | PÓS.8: B |
| PRÉ.9: C | PÓS.9: C |
| PRÉ.10: C | |
| PRÉ.11: C | |
| PRÉ.12: C | |
| PRÉ.13: A | |
| PRÉ.14: C | |
| Total de acertos: 85,71% | Total de acertos: 88,89% |

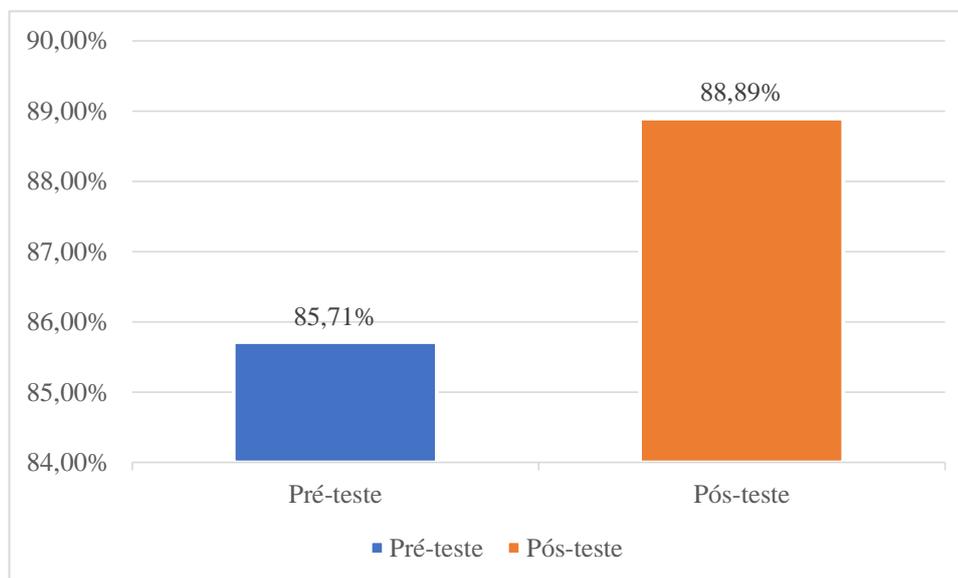
Quadro 1. Alternativas indicadas pelos alunos para a Questão 6 do questionário

Fonte: Dados coletados na pesquisa.

Ressalta-se que não é possível comparar os dados individualmente, pois os dois momentos de aplicação não envolveram exatamente os mesmos alunos. Com isso, se pode afirmar que o aluno do questionário PRÉ.1 compreendeu o conteúdo e adequou sua resposta no questionário PÓS.1, tendo em vista que foram respondidos por alunos diferentes e a codificação empregada visa apenas indicar quantitativamente os tipos de respostas encontradas nos questionários.

Dessa forma, considera-se apenas o valor total de acertos, o que indica que não houve mudança significativa entre os dois momentos, no que se refere à questão indicada. No entanto, destaca-se que a quantidade de acertos, nas duas situações, foi alta, acima de 85,00%, conforme demonstrado no Gráfico 6.

Gráfico 6. Comparação entre as respostas à Questão 6 nos questionários pré-teste e pós-teste



Fonte: Dados coletados na pesquisa.

Por fim, solicitou-se a análise da seguinte situação: “Duas esferas idênticas, A e B, feitas do mesmo material e com mesma massa, são abandonadas da mesma altura, a esfera A cai no solo rígido e a esfera B cai em uma almofada. Em qual das duas esferas o Impulso da força será maior?”. Como resposta, esperava-se que os alunos comentassem que o impulso da força será maior na esfera A, que cai no corpo rígido, pois a interação da esfera com o solo dura um curto intervalo de tempo, o que gera um impulso maior, uma vez que impulso é o produto entre força e tempo.

Para essa pergunta, os alunos apresentaram as seguintes respostas no momento pré-teste:

PRÉ.1: O impulso será maior na esfera B.

PRÉ.2: **Na bolinha A** pois o impulso foi maior nela.

PRÉ.3: SEM RESPOSTA

PRÉ.4: **O impulso será maior na bola A**, já que a energia na bola B será absorvida pela almofada.

PRÉ.5: Penso que deverá ser **a esfera A** por causa do impacto e duração da aplicação dessa força assim entendo, porém não tenho certeza.

PRÉ.6: **O impulso da esfera A.**

PRÉ.7: **A esfera A.**

PRÉ.8: (Na minha opinião) O impulso da força será igual, pois tanto a esfera A como a B, caíram da mesma altura.

PRÉ.9: **O impulso da força será maior no solo rígido**, pois a esfera que cai na almofada tende a amortecer o impulso da força na queda.

PRÉ.10: **A da esfera A**

PRÉ.11: **Esfera A**

PRÉ.12: **A da esfera A**

PRÉ.13: **Acho que na bola A**

PRÉ.14: **Acho que na bola A**

Nessa última questão, um total de onze alunos (78,57%) respondeu adequadamente que o impulso da força será maior na esfera A. No questionário pós-teste foram encontradas as seguintes respostas:

PÓS.1: **Na esfera A**

PÓS.2: **Na esfera A**, que cai no solo rígido.

PÓS.3: **Na esfera A.**

PÓS.4: **Na esfera A**, porque irá ter uma variação da aceleração quando a bolinha se chocar com o solo.

PÓS.5: **No solo rígido** pois quanto menor a área de contato maior a força.

PÓS.6: **A esfera A** que cai no solo rígido.

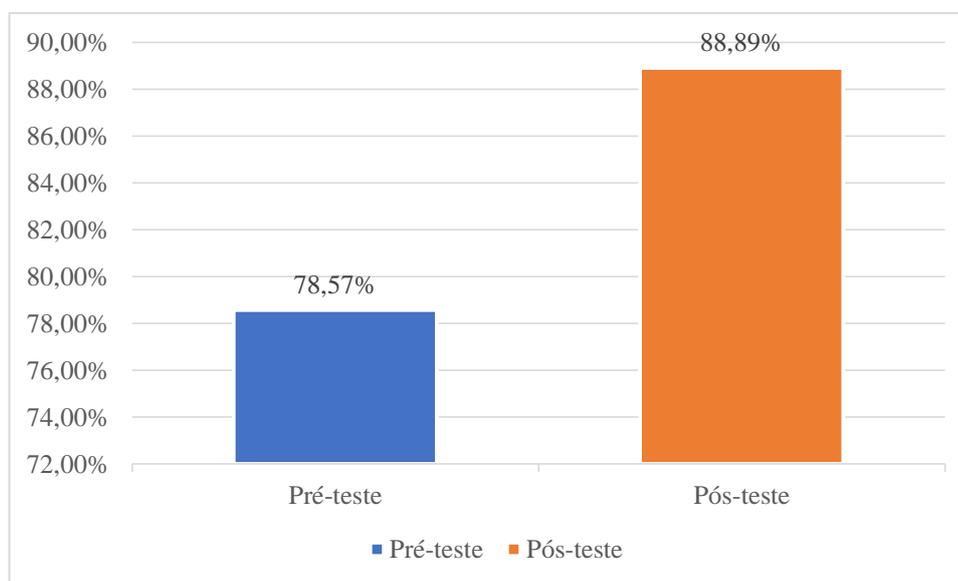
PÓS.7: **A esfera A**

PÓS.8: SEM RESPOSTA

PÓS.9: **A esfera A**

Dentre os nove alunos que responderam ao questionário no segundo momento, oito (88,89%) responderam de modo adequado que o impulso seria maior na esfera A, havendo um aumento de 10,32% na quantidade de acertos, em comparação ao momento pré-teste, de acordo como pode ser verificado no Gráfico 7.

Gráfico 7. Comparação entre as respostas à Questão 7 nos questionários pré-teste e pós-teste



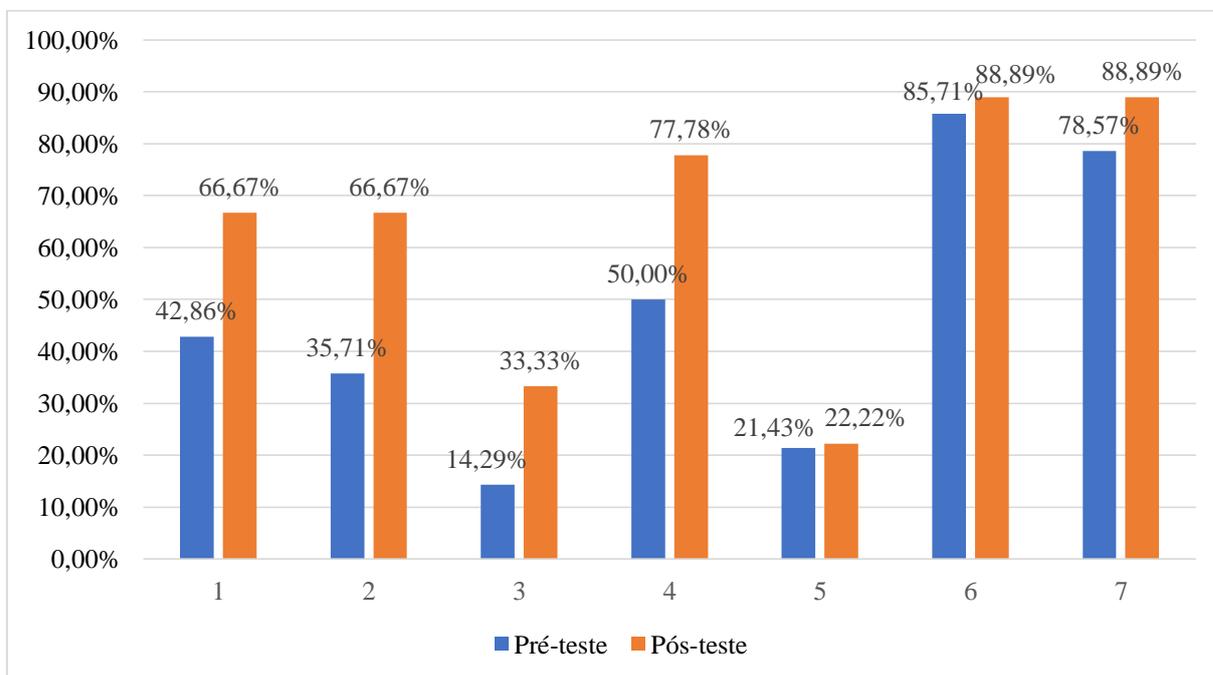
Fonte: Dados coletados na pesquisa.

De modo geral, pode-se perceber que houve uma melhora na quantidade de acertos após a aplicação do produto educacional “Na Trilha da Física”, pois as respostas se mostraram mais adequadas e completas para a maior parte das questões. Não houve, desse modo, redução no nível de acertos após a participação no jogo, mas sim a manutenção do que já se sabia ou a demonstração de que novos conhecimentos foram aprendidos ou melhor assimilados por parte dos alunos.

Vale ressaltar, mais uma vez, que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-litera e não-arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva (MOREIRA, 2012 p. 03). Foi esse fenômeno que observamos por meio da análise das respostas aos questionários pré-teste e pós-teste.

A relação entre a quantidade de acertos nos momentos pré-teste e pós-teste pode ser melhor observada no gráfico a seguir:

Gráfico 8. Comparação entre a quantidades de acertos nas questões dos questionários pré-teste e pós-teste



Fonte: Dados coletados na pesquisa.

Com isso, encerramos essa análise diante da grande melhora apresentada pelos alunos principalmente quanto à aprendizagem dos conceitos de impulso, quantidade de movimento, colisões e energia, conforme observável no Gráfico 8. Diferentemente, em questões que visavam somente resolver problemas, não houve tanta melhora no desempenho dos alunos.

Sobre isso, Moreira (2018) ressalta a importância da aprendizagem de conceitos para a compreensão da Física. Dessa forma, os alunos devem ser levados a compreender esses conceitos e sua aplicabilidade em seu cotidiano. Uma vez compreendido, o conceito assimilado pelo aluno, por meio de uma aprendizagem significativa, poderá servir como base para outras aprendizagens de outras grandezas, tendo mais utilidade em sua formação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo principal o desenvolvimento de um jogo de tabuleiro, do tipo trilha, como ferramenta pedagógica para auxiliar os educandos no aprimoramento de sua capacidade de concentração e abstração de conceitos da Física no estudo das colisões para os alunos da primeira série do ensino médio. Podemos afirmar que esse objetivo geral foi atingido, pois o jogo foi elaborado e aplicado com alunos de uma escola pública de Teresina-PI.

No que se refere aos demais objetivos específicos, comentaremos um a um brevemente. Nosso primeiro objetivo específico era identificar o nível de conhecimento prévio dos alunos pesquisados sobre conceitos estudados. Isso ocorreu por meio da aplicação do questionário pré-teste. Por meio de suas respostas, verificamos que os alunos já possuíam algum conhecimento prévio que de algum modo os direcionou ao conceito solicitado, embora poucos alunos tenham conseguido, já nesse primeiro momento, apresentar uma resposta considerada completa.

O segundo objetivo se refere a desenvolver e aplicar um jogo de trilhas para o ensino das colisões, o que, como já dito, foi efetivado de modo satisfatório, embora as limitações decorrentes da pandemia mundial em virtude do novo coronavírus tenham exigido modificações na dinâmica do jogo, o qual ocorreu de modo virtual, por meio da Plataforma Zoom. No entanto, isso não impediu a participação dos alunos, os quais demonstraram gostar da atividade proposta.

O terceiro objetivo consistia em aplicar os conteúdos de física aprendidos em sala de aula com situações práticas do cotidiano. Por meio das cartas utilizadas no jogo, com diversas situações-problema, foi possível atingir esse objetivo. Como já mencionado nos capítulos teóricos desta pesquisa, é importante que o ensino de Física esteja relacionado à vida cotidiana dos alunos, para que eles possam ver sentido no que estão aprendendo e assim possam aplicar esse conhecimento na prática, atuando como cidadãos participativos e conscientes na sociedade, de modo tanto pessoal quanto profissional.

Por fim, o último objetivo consistiu em reavaliar o conhecimento dos alunos após a aplicação do jogo, identificando as aprendizagens decorrentes do uso desse recurso. Isso ocorreu por meio da aplicação do questionário pós-teste. A análise das respostas dadas a ele evidenciou um importante avanço na compreensão dos conceitos de impulso, colisões, quantidade de movimento e energia por parte dos alunos, o que indica que o recurso utilizado,

o jogo “Na trilha da Física”, associado à valorização dos conhecimentos prévios dos alunos, proporcionou uma aprendizagem significativa para esses alunos.

Portanto, espera-se que esse recurso possa contribuir para que mais professores tornem suas aulas mais lúdicas e dinâmicas, pois essa forma de aplicação do conteúdo estudado pode contribuir para a consolidação da aprendizagem, principalmente de conceitos, como evidenciado neste estudo. Ressalta-se ainda a importância de se considerar os princípios oriundos da Teoria da Aprendizagem Significativa nas aulas de Física, tema que vem sendo estudados por diversos autores e que muito pode contribuir com nossa prática docente e para a aprendizagem dos alunos.

Além disso, ressalta-se que essa pesquisa possuiu algumas limitações, sobretudo por causa do cenário mundial atual, em decorrência da pandemia já mencionada, mas sugere-se que outros estudos semelhantes sejam realizados, sejam presencialmente, quando for possível, ou mesmo em ambiente virtual. Sobre isso, vale ressaltar o quanto a utilização do jogo dinamizou a aula, mesmo virtual. Entendemos com isso que é possível adaptar jogos já existentes para serem jogados via plataformas virtuais, bastando ao professor fazer as adaptações necessárias. Em outras palavras, o fato de a aula ser remota não impede que recursos lúdicos sejam utilizados e contribuam com a aprendizagem dos alunos.

REFERÊNCIAS

AGRA, G.; FORMIGA, N. S.; OLIVEIRA, P. S.; COSTA, M. M. L.; FERNANDES, M. G. M.; NÓBREGA, M. M. L. Analysis of the concept of Meaningful Learning in light of the Ausubel's Theory. **Rev Bras Enferm [Internet]**. 2019;72(1):248-55. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-7167-2017-0691>

ARISTÓTELES, in **Aristotelis Opera**, (Didot, Paris, 1850), tomo II, p. 464-465, citado por P.M.M. Duhem *Le Syst`eme du Monde: Histoire des Doctrines Cosmologiques de Platon a Copernic*, (Hermann, Paris, 1997), v. 1, p. 163.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e ANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Tradução ao português, de Eva Nick et al., da segunda edição de EDUCATIONAL PSYCHOLOGY: A COGNITIVE VIEW. 623 p. Rio de Janeiro, Interamericana, 1980.

BAPTISTA, José Plínio, Ferracioli, Laércio – A construção do Princípio de Inércia e do Conceito de Inércia Material – **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 22, no. 2, Junho, 2000.9p

BARBOSA, J. P. V.; BORGES, A. T. O Entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n.2, agosto 2006. p. 182-217.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa, Portugal: Edições 70, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, **LDB**. Lei 9394/1996, 1996.

COUSINET, R.; **A Pedagogia da aprendizagem**. Trad. De J. B. Damasco Penna, São Paulo, Editora Nacional, 1974.

DAVÝDOV, V. V. **Tipos de generalización em la enseñanza**. 3ª. ed. Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1982.

DUHEM, P.M.M. *Le Syst`eme du Monde: Histoire des Doctrines Cosmologiques de Platon a Copernic* (Hermann, Paris, 1997), v. 1, p. 161.

FRANKLIN, S.; PEAT, M.; LEWIS, A. Non-traditional interventions to stimulate on: the use of games and puzzles. **J. Biological Educ.**, 37 (2): 79-84., 2003.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

GONCALVES, C. L; PIMENTA, S. G. **Revedo o ensino de 2º grau**: propondo a formação de professores, 2 ed. São Paulo: Cortez, 1992.

HEWITT, P. G., **Física Conceitual**. Ed. Bookman. 9ª edição, 2002.

HUIZINGA, H. **Homo ludens**. São Paulo: Perspectiva, 1971.

KUHN T. S., **A Estrutura das Revoluções Científicas**. Editora Perspectiva. 5ª edição, 1998.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1994.

LIRA DA SILVA, R. M. **Ciência lúdica**: brincando e aprendendo com jogos sobre ciências. Edufba, Salvador-BA, 2008.

LOPES, L. A. & VIANNA, A. D. M. **Utilização de jogos para a prática de física no ensino fundamental**. Universidade do Rio de Janeiro. 2003. Disponível no site: nutes2.nutes.ufrj.br/interage/download2.php?file=../arquivos/...

LUCKESI, C. C. **Avaliação da Aprendizagem Escolar**, 19 ed. São Paulo: Cortez, 2008.

MALACHIAS, María Elena Infante; DOS SANTOS, Diana Borges. Aprendizagem Significativa Crítica pela proposição explicativa de analogias através do Modelo Didático Analógico (MDA). **Revista electrónica de investigación en educación en ciencias**, v. 8, n. 2, p. 21-32, 2013.

MASSA, Monica de Souza. Ludicidade: da Etimologia da Palavra à Complexidade do Conceito. **Aprender-Caderno de Filosofia e Psicologia da Educação**, v. 15, 2015.

MASINI, Elcie F. Salzano. Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos (Meaningful learning: conditions for occurrence and gaps that may hinder it). Versão revisada e estendida de conferência proferida no VI Encontro Internacional de Aprendizagem Significativa (VI EIAS) e 3o Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa (3º ENAS) ocorrido em São Paulo, na Universidade Bandeirantes, de 26 a 30 de julho de 2010. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review** – V1(1), pp. 16-24, 2011.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. Deslandes, Suely Ferreira; Gomes, Romeu (2007). **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade. rev. ampl. 2007.

MIRANDA, M. G. O processo de socialização na escola: a evolução da condição social da criança. In: Lane, S. T. M. & CODO, W. **Psicologia social**: o homem em movimento. São Paulo: Ed. Brasiliense, 2001.

MOREIRA, M. A. O Que é Afinal Aprendizagem Significativa? Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010.

Aceito para publicação, **Currículum**, *La Laguna*, Espanha, 2012.

MOREIRA, M. A. Organizadores Prévios e Aprendizagem Significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, ISSN 0717- 9618, Vol. 7, No 2, 2008, pp. 23-30. Revisado em 2012.

MOREIRA, Marco Antonio. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos avançados**, v. 32, n. 94, p. 73-80, 2018.

MOREIRA, M.A. **A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel**. Monografia n" 10 da Série Enfoques Teóricos. Porto Alegre. Instituto de Física da UFRGS. 1995. (Originalmente divulgada, em 1980, na série “Melhoria do Ensino”, do Programa a de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino Superior (PADES)/ UFRGS, N° 15. Publicada, em 1985, no livro “Ensino e aprendizagem: enfoques teóricos”, São Paulo, Editora Moraes, p. 61-73. Revisada em 1995).

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

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa: a Teoria de David Ausubel**. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2011.

NETO, E. R. Laboratório de matemática. In: **Didática da Matemática**. São Paulo: Editora Ática, 1992. 200p. p. 44-84.

NUSSENNZVEIG, H. M. **Curso de Física básica**. Vol. 1. 4ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

PEREIRA, Maria Alice. **A Importância do Ensino de Ciências: Aprendizagem Significativa na Superação do Fracasso Escolar**. Universidade Estadual de Marília–SP, Programa de Desenvolvimento Educacional (PDE), SEED, Estado do Paraná, p. 7-25, 2008.

PIASSI, L. P. C. **Que Física ensinar no 2º grau?** Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidade Física). Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1995.

POZO, J. I. **Aquisição de conhecimento: quando a carne se faz verbo**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição**. Editora Feevale, 2013.

RAMOS, E. A. Aprendizagem humana. **Cadernos de Educação**, Fortaleza, v. 23, p. 37-49, 1999.

REALE, G. **Metafísica**. Ed. Loyola, São Paulo, 2001, v. 1.

RIZZO, G. O Método Natural de Alfabetização. In: **Alfabetização Natural**. Rio de Janeiro: Francisco Alvez, 1988. p. 33-129.

SALVADOR, Edgard; USBERCO, João. **Química**, volume único. 1ª ed., Ed. Saraiva, São Paulo – SP, 2006. p. 672.

SCHROEDER, C. A Importância da Física nas Quatro Primeiras Séries do Ensino Fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. Vol. 29, n. 1, 2007, pp. 89 – 84.

SERAFIM, M.C. A Falácia da Dicotomia Teoria-Prática. **Rev. Espaço Acadêmico**, v. 7. , 2001. Disponível em: www.espacoacademico.com.br. Acesso em 05 nov. 2017.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. Cortez editora, 2007.

SILVA, João Batista da. A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel: uma análise das condições necessárias. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, p. e09932803-e09932803, 2020.

SILVEIRA, Maria Joaete Martins da. **O Ensino e o Lúdico**. Santa Maria: Multiprees, 1998.

SONCINI, M. I. e Castilho Jr., M. (1990). **Biologia**. 2. Ed. São Paulo: Cortez.

SOUSA, C. O.; SILVANO, AM da C.; LIMA, I. P. Teoria da aprendizagem significativa na prática docente. **Revista espacios**, v. 39, n. 23, p. 1-27, 2018.

SZYMANSKI, M. L. S.; PEREIRA Junior, A. A. (Org.). **Diagnóstico e intervenção psicopedagógica**: reflexões sobre relatos de experiências. Cascavel: Edunioeste, 2006.

YOUNG, H. D., FREEDMAN, R. A. Sears Zamansky **Física**. Tradução e revisão técnica: Adir Moysés Luiz. 10ª ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2003.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE

Nome do aluno (optativo):

Sexo: () Feminino () Masculino

Idade:

Questionário inicial (pré-teste) para avaliar conhecimentos prévios dos alunos acerca da Conservação da quantidade de movimento e Colisões.

1. Qual sua compreensão sobre o termo impulso de uma força?
2. O que você entende sobre quantidade de movimento?
3. E sobre o termo colisões, o que você entende?
4. Qual sua compreensão sobre energia? Cite algumas formas de energia que você conhece.
5. Duas bolinhas de massas iguais estão sobre uma superfície horizontal e sem atrito. Uma das bolinhas desloca-se com velocidade v , de encontro a outra, que está parada. Ocorre o choque entre as duas bolinhas, de forma perfeitamente elástica e frontal. O que ocorrerá após a colisão?
6. Observe a tira abaixo:



O princípio físico ilustrado na tira acima, deve-se...

- a) ao Princípio de Bernoulli: o aumento da velocidade de um fluido está associado à diminuição da sua pressão, assim o aumento da velocidade nas bolas ocorre com a diminuição da sua pressão fazendo ela subir.
 - b) à Lei de Boyle-Mariotte: a temperatura constante, a pressão e volume são constantes para uma massa gasosa, assim, a pressão de uma bola é transferida para outra integralmente, sendo que a massa das bolas é constante.
 - c) à Lei da Conservação da Quantidade de Movimento: em um sistema isolado, a quantidade de movimento total se conserva. Assim a quantidade de movimento de uma bolinha é transferida integralmente à outra, descontados os efeitos térmicos, sonoros oriundos da colisão.
 - d) à Lei de Joule: a corrente elétrica gera um aquecimento que repele a bola adjacente.
7. Analise a seguinte situação: Duas esferas idênticas A e B, feitas do mesmo material e com mesma massa, são abandonadas da mesma altura, a esfera A cai no solo rígido e a esfera B cai em uma almofada. Em qual das duas esferas o Impulso da força será maior?

MUITO OBRIGADO.

APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

EZEQUIAS DA CRUZ LIMA

**PRODUTO EDUCACIONAL – JOGO DE TABULEIRO “NA TRILHA
DA FÍSICA”**

**Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique
Ribeiro Barbosa.**

TERESINA**2021****SUMÁRIO**

| | |
|---|-----------|
| 1 APRESENTAÇÃO | 02 |
| 2 PÚBLICO-ALVO | 04 |
| 3 OBJETIVO GERAL | 04 |
| 4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 04 |
| 5 RECURSOS DIDÁTICOS..... | 05 |
| 6 DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO | 05 |
| 7 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM | 11 |
| 8 JOGO “NA TRILHA DA FÍSICA” | 11 |
| 8.1 REGRAS DO JOGO | 11 |
| 8.2 CARTAS UTILIZADAS NO JOGO “NA TRILHA DA FÍSICA” | 13 |
| REFERÊNCIAS..... | 36 |

1 APRESENTAÇÃO

Neste documento, estão abordados os principais aspectos relacionados à produção e à aplicação do Produto Educacional denominado Jogo “Na trilha da Física”. Desse modo, os professores que consultarem este material poderão compreender como utilizá-lo durante as aulas para os conteúdos didáticos referentes a Colisões e Quantidade de movimento, envolvendo também o conceito de energia, por exemplo.

De acordo com Moreira (2006), a Aprendizagem Significativa é o conceito central da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel e consiste em um processo pelo qual uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva de um indivíduo. Trata-se, assim, de uma teoria que valoriza os conhecimentos prévios dos alunos. Em outras palavras, essa teoria preconiza que “um conceito, uma ideia ou uma proposição já existente na estrutura cognitiva é capaz de servir de ‘ancoradouro’ a uma nova informação de modo que esta adquira significado para o indivíduo” (MOREIRA, 2006, p. 15).

Assim, a partir do momento em que os conhecimentos prévios dos alunos são valorizados no processo de ensino, fazendo com que ele atribua mais sentido ao que está aprendendo, a aprendizagem se torna significativa, pois o aluno pode partir e relacionar esse novo aprendizado com o que ele já sabe.

Ressaltamos, assim, o papel do professor nesse processo, pois sua relação com o aluno e o modo como trata o objeto do conhecimento podem afetar esse processo, tanto para facilitar como para dificultar a aprendizagem do aluno. Como já mencionado, cabe ao professor o papel de identificar quais os conhecimentos prévios dos alunos e ensinar de acordo, ou seja, valorizando aquilo que eles já sabem. Para Moreira (2017), é assim que o ensino de Física deveria ser atualmente:

1. Centrado no aluno e no desenvolvimento de competências científicas como modelagem, argumentação, comunicação, validação...
2. Focado na aprendizagem significativa de conteúdos clássicos e contemporâneos.
3. Fazendo uso intensivo de tecnologias de informação e comunicação, por exemplo, em laboratórios digitais.
4. O professor e o computador como mediadores.
5. Não ficar buscando talentos, por exemplo, em Física, mas começar a desenvolver talentos, fundindo a aprendizagem ativa centrada no aluno com a prática deliberada. Ensino de Física não é uma questão de encher um cérebro de conhecimentos, mas de desenvolver esse cérebro em Física.

Dessa maneira, entendemos que o professor precisa buscar constantemente modos de compreender melhor seus alunos, averiguando seus conhecimentos prévios ao preparar suas aulas, além de saber utilizar materiais e recursos que possam tornar a aprendizagem mais significativa, deixando de lado métodos considerados como mecânicos.

O documento “Cultura científica: um direito de todos”, produzido pela Unesco (2003) levanta a seguinte questão:

Um dos principais problemas que enfrentamos na formação inicial ou permanente de professores é a contradição apresentada entre seus ideais de ensino e o seu desempenho em sala de aula (Carvalho, 1989). De um lado, na Universidade, discutindo teoricamente o ensino, muitos professores apresentam um discurso aberto e receptivo às novas tendências educacionais, entretanto, nas escolas, em suas aulas, eles agem dogmática e repressivamente. Todas as teorias que serviram para o preparo das aulas, cujo objetivo principal deveria ser levar o seu aluno a pensar, a construir o próprio conhecimento, cai por terra quando ele transmite o conteúdo de forma impositiva, fechada, fazendo perguntas que se limitam a: “Vocês têm dúvidas?” “Vocês estão entendendo?” Antes que eles se deem conta estarão ensinando da mesma forma como sempre haviam feito, adaptando os novos materiais ou métodos aos padrões tradicionais (UNESCO, 2003, p. 39).

Portanto, a partir desse contexto, compreendemos que os professores precisam encontrar formas de tornar a aprendizagem mais significativa para o aluno. Assim, uma das principais maneiras discutidas atualmente tem sido a utilização de recursos lúdicos no ensino, como, por exemplo, o jogo de tabuleiro que foi desenvolvido nesta pesquisa. Associando o lúdico ao conhecimento prévio dos alunos, acreditamos que estamos diante de uma proposta que se enquadra nos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, nosso principal fundamento teórico neste estudo.

Partindo dessa teoria, sabemos que os alunos do Ensino Médio, de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), no que se refere às Ciências da Natureza e suas Tecnologias, precisam assimilar competências e habilidades específicas nessa etapa. Dentre elas, mais especificamente relacionada a este trabalho, está a competência 1, que consiste em “analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global” (BRASIL, 2018, p. 553).

Esse documento norteador da educação no país fundamenta nosso interesse em associar os conteúdos aprendidos no contexto escolar ao cotidiano do aluno e à atualidade, preparando o aluno para resolver problemas e refletir sobre eles de modo crítico, pensando nas consequências locais, regionais e globais de suas ações. Nesse sentido, conforme a

habilidade (EM13CNT101), o aluno precisa concluir o Ensino Médio sendo capaz de analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais” (BRASIL, 2018, p. 555).

Por esse motivo, entendemos que o ensino de física precisa preparar o aluno para ser esse cidadão atuante, que utiliza seus conhecimentos sobre física para desempenhar bem seu papel na sociedade. No entanto, é de conhecimento geral que muitos alunos possuem dificuldades diversas para aprender realmente os conteúdos escolares, por motivos que vão desde questões pessoais e emocionais do aluno, questões sociais, nutricionais que dificultam sua aprendizagem, os quais já vêm sendo discutidos por diversos pesquisadores em diferentes áreas do conhecimento. Mas essas dificuldades também podem ser causadas pelo método de ensino adotado pelo professor ou pela escola. É esse tipo de dificuldade que se pretende minimizar quando se propõem novas abordagens para os conteúdos, como as que são propostas neste estudo.

2 PÚBLICO-ALVO

Alunos do 1º ano do Ensino Médio da Unidade Escolar Antônio de Almendra Freitas, situada no Bairro Dirceu Arcoverde em Teresina - Piauí. A escolha da primeira série do ensino médio se deu porque nessa etapa entendemos que os alunos teoricamente devem possuir um nível de maturidade maior e, portanto, podem ser capazes de prosseguir nas etapas seguintes.

3 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um jogo de tabuleiro, do tipo trilhas como ferramenta pedagógica para auxiliar os educandos no aprimoramento de sua capacidade de concentração, e abstração de conceitos da Física no estudo das colisões para os alunos da primeira série do ensino médio.

4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos, destacamos:

- 1) Identificar o nível de conhecimento prévio dos alunos pesquisados sobre conceitos de colisão;
- 2) Desenvolver e aplicar um jogo de trilhas para o ensino das colisões;
- 3) Aplicar os conteúdos de física aprendidos em sala de aula com situações práticas do cotidiano;
- 4) Reavaliar o conhecimento dos alunos após a aplicação do jogo, identificando as aprendizagens decorrentes do uso desse recurso.

5 RECURSOS DIDÁTICOS

Jogo (tabuleiro e cartas) e apostila preparada pelo professor (ambos disponibilizados virtualmente), notebook com câmera e microfone para acessar o ambiente virtual via Plataforma Zoom.

6 DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

Primeiro Encontro: Apresentação à turma (1 AULA)

O primeiro contato que tivemos com os alunos ocorreu no primeiro dia de aula, eram alunos oriundos do 9º ano do Ensino Fundamental, que estavam ingressando no 1º ano do Ensino Médio, a grande maioria já era estudante da própria escola. Nesse primeiro momento foi feita a apresentação da disciplina e logo a seguir foram informados que no primeiro mês do terceiro bimestre do ano letivo, participariam da aplicação de um projeto com o assunto Colisões, sendo então apresentado de maneira bem rápida o objetivo da pesquisa.

Após a apresentação do objetivo da pesquisa, surgiram algumas dúvidas tais como: Professor, mas como irei fazer para atingir o objetivo, se eu não sei nada do assunto de colisões? Uma pergunta muito pertinente naquele momento. O que respondemos foi: Antes de iniciarmos toda a pesquisa, mostraremos o conteúdo, após a explanação do conteúdo aplicaremos o projeto e analisaremos os dados obtidos.

Ao final do primeiro encontro e com o consentimento da participação no projeto de todos os alunos da turma, foi feito a leitura do Termo de Consentimento, a seguir foi feito a entrega do termo para que os mesmos entregassem aos responsáveis para a devida assinatura e que fosse feito a entrega do documento no segundo encontro.

Segundo Encontro: Início das atividades (2 AULAS)

O segundo encontro aconteceu de maneira remota, pois nesse momento o mundo passa por uma pandemia causada pelo vírus [Sars-CoV-2](#) (Coronavírus) o que impossibilitou as aulas presenciais. As aulas remotas foram um grande desafio para os profissionais da educação, pois nem sempre os educandos dispunham de meios para assistir as aulas e o poder público não forneceu no período das aulas meios para que os o alunado minimizasse as dificuldades que eles estavam passando naquele momento, com isso tivemos um baixo número de alunos que se dispuseram a participar da pesquisa. Mesmo assim, com todas as adversidades um pequeno número de alunos participou da pesquisa e tivemos resultados.

A aula transmitida pelo aplicativo Zoom ocorreu de maneira reduzida, pois o aplicativo só disponibiliza gratuitamente 40 minutos. Iniciamos a aula com questionado os alunos sobre alguns temas vistos por eles no ensino fundamental, tais com: O que você entende por Energia? Qual o conhecimento que você possui sobre Força? Existe alguma relação física entre Trabalho de uma força e energia? Quais os tipos de energia que você conhece? Sobre o termo Colisões, qual o seu conhecimento? Já ouviu em algum momento os termos Quantidade de Movimento e Impulso de uma força? Em uma colisão entre um carro e um caminhão, a força aplicada nos dois carros é diferente? O que você ainda lembra sobre as Leis de Newton?

Após essa tempestade mental (Termos usados pelo Professor-Pesquisador, para indagar os alunos com várias perguntas sem fornecer as respostas), foi repassado em PDF para o questionário pré-teste, para que soubéssemos um pouco do conhecimento prévio dos educandos, os mesmos questionaram sobre a resolução afirmando: Professor eu não sei muito sobre esses conteúdos, o professor pediu apenas para que com os seus próprios conhecimentos tentassem resolver, e que não se importassem se as respostas estavam corretas ou não.

Para casa foram repassadas duas atividades, a primeira era para os alunos fazerem uma breve leitura sobre alguns temas que seriam abordados na aula seguinte (Volume 2 • Módulo 2 • Física • Unidade 6 Aprendendo sobre energia). Como segunda atividade o Professor-Pesquisador pediu para que os alunos buscassem no seu cotidiano aplicações sobre o tema Energia, que fizessem um breve relato, pois discutiríamos nas aulas seguintes.

Terceiro Encontro: Equações, uma grande realidade (2 AULAS)

Dando continuidade a nossa pesquisa, a aula começou com a retomada das atividades propostas anteriormente, os educandos realmente em enviaram por e-mail alguns relatos do cotidiano sobre aplicação do tema Energia, alguns causaram boas impressões a respeito do tem, e como foi relatado anteriormente, alguns alunos não entregaram por falta de recursos

devido ao fato de estarmos fazendo a pesquisa de maneira remota. Após a breve iniciação com o relato dos alunos, o professor-pesquisador questionou os alunos o uso de equações, os mesmos já começaram a comentar que as experiências passadas com equações não foram muito interessantes, pois os educadores anteriores não priorizavam as fórmulas, com isso eles afirmaram que não lembravam de nenhuma equação. Nesse momento o professor-pesquisador entrou com uma simulação interativa disponibilizada pelo *PhET*¹ mostrando como funciona alguns tipos de energia e suas devidas transformações.

O que se pôde perceber foi uma grande interação por parte dos educandos, pois os mesmos nunca haviam visto o conceito de energia e suas transformações aplicadas no caso concreto.

Após a demonstração das simulações, foi projetado pelo aplicativo Zoom slides (ANEXO B) com o assunto energia. Inicialmente foi mostrado o conceito de Energia, logo após comentamos sobre Energia Cinética, Energia Potencial Gravitacional, Energia Potencial Elástica e Energia Mecânica, todas com suas devidas equações. Algumas atividades envolvendo essas equações foram respondidas pelo professor-pesquisador e foi notado que na Energia Cinética e Energia potencial Elástica, os alunos tiveram um pouco de dificuldade, uma vez que se faz necessário o uso de artifícios matemáticos. Fórmula da Energia Cinética ($E_c = \frac{mv^2}{2}$), fórmula da Energia Potencial Elástica ($E_{pel} = \frac{kx^2}{2}$), é claro que as duas equações são muito parecidas por isso que tiveram dificuldades matemáticas para resolver.

Como foi analisada a dificuldade matemática dos alunos, o Professor-Pesquisador mostrou um tópico matemático que seria de grande ajuda para os educandos sanarem suas dificuldades com o tema. A seguir foi passado uma atividade para que os mesmos tentassem resolver e que seria analisado no encontro posterior.

Quarto Encontro: necessidade de rever assuntos anteriormente vistos (2 AULAS)

Nosso encontro começou com a resolução das atividades de Matemática que foram propostas no encontro anterior, foi notada a grande dificuldade dos alunos e mais uma vez as aulas remotas não nos ajudou muito, pois a presença dos alunos se torna cada mais difícil, e temos que compreender pois nem sempre os mesmos dispõem de internet em casa e ou internet móvel. Mesmos assim, com todas as dificuldades e com os alunos presentes damos continuidade a nossa pesquisa.

Após a resolução das questões propostas na aula anterior fizemos uma breve revisão sobre o assunto Leis de Newton, assunto esse que será base para o entendimento do conteúdo

¹ (https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_pt_BR.html)

proposto na pesquisa. O tópico Leis de Newton, é de extremo interesse para os alunos, pois encontramos várias aplicações no cotidiano, a aula consegui fluir de maneira muito agradável, pois os alunos se apresentam com grande entusiasmo para seus questionamentos. Foi mostrado o Princípio da Inércia, o Princípio Fundamental da Dinâmica e o Princípio da Ação e Reação, sendo essa a lei ao qual os alunos mais se dedicam ao entendimento. Logo após a explanação do conteúdo, repassamos algumas atividades e o Professor-Pesquisador respondeu com os seus educandos. Esse tópico estudado houve menos dificuldades por parte os alunos, uma vez que os mesmos ainda tinham alguma lembrança desse assunto oriundo do Ensino Fundamental.

Ao final do encontro, como atividade para casa foi pedido que os alunos munidos do livro didático fizessem uma leitura no tópico impulso e quantidade de movimento, que se encontra no livro didático.

Quinto Encontro: introdução ao estudo das colisões (2 AULAS)

Iniciamos nosso encontro com uma simulação interativa disponibilizada pelo *PhET*² sobre o tema colisões. Muitos alunos fizeram perguntas sobre “na linguagem deles” (aquelas bolinhas que batem uma na outra) o professor-pesquisador corrigi-os e informou o nome correto: Pêndulo de múltiplo, e realmente expos que os alunos tinham razão em perguntar sobre esse Pêndulo, pois tinha tudo a ver com o conteúdo que seria ministrado posteriormente.

Depois dessa breve conversa com os alunos, através do aplicativo Zoom e com o auxílio dos slides (ANEXO C) começamos o nosso conteúdo. Nessa primeira introdução foi mostrado para os alunos o que seria Impulso, Quantidade de Movimento, Teorema do impulso e seus devidos gráficos, como as fórmulas são relativamente simples e como o professor-pesquisador mostrou a importância das equações no estudo das colisões, os educandos não mostraram resistência ao tópico estudado.

Após toda a explicação do conteúdo foram resolvidas algumas atividades pertinentes ao nosso conteúdo e o que se notou foi um amadurecimento dos alunos com as habilidades em matemática.

Ao término desse encontro e como sempre estávamos fazendo e o alunos acatando, passamos uma pequena atividade com os tópicos vistos, atividade essa que se encontra no livro didático.

² (https://phet.colorado.edu/sims/collision-lab/collision-lab_pt_BR.html)²

Sexto Encontro: estudo das colisões (2 AULAS)

Iniciamos nosso encontro, como sempre estávamos fazendo, resolvendo as atividades propostas no encontro anterior, notamos que os alunos que estavam participando, resolveram sem grandes dificuldades as questões propostas no livro didático, isso é de um grande avanço, pois os mesmos não tinham costume de resolver as questões propostas no livro. O relato dos alunos é que educadores anteriores não costumavam resolver as questões do livro com isso o uso do livro se tornava obsoleto, mas o professor-pesquisador sempre recorre ao livro o que levou o interesse dos alunos.

Após a introdução da nossa aula, começamos com os conteúdos que seriam mais importantes para nossa Pesquisa. Iniciamos com Conservação da Quantidade de Movimento, Colisões e Coeficiente de Restituição, a aula foi bem aproveitada, alguns alunos conseguiram fazer uma relação entre Colisões e Leis de Newton, o que deixou o professor-pesquisador muito empolgado, pois Leis de Newton é base, e se os educandos conseguiram notar, é porque alguma coisa ficou na mente dos alunos.

Após todos os procedimentos com o assunto, resolvemos algumas questões propostas e notamos mais uma vez que os educandos não sofreram muita resistência com a resolução dessas atividades.

Ao fim de mais um encontro, repassamos uma atividade extra (ANEXO D) para que os mesmos tentassem resolver em casa.

Sétimo Encontro: aplicando o produto educacional (4 AULAS)

O sétimo encontro foi destinado à aplicação do produto educacional (PE), ao qual foi cedida duas aulas de outro educador, para que o PE fosse totalmente aplicado.

Iniciamos a aplicação do PE com a divisão dos grupos. Cada grupo continha 4 participantes. Projetamos na tela através do aplicativo Zoom a jogo “Na trilha da Física”, notamos que houve certa euforia dos alunos, pois nunca tinha feito algo parecido e principalmente com disciplinas exatas.

O professor-pesquisador fez a leitura das regras para que os educandos pudessem entender a dinâmica do jogo.

A dinâmica do jogo para dezesseis jogadores se deu inicialmente dividindo em quatro grupos de quatro jogadores. Dentro desses grupos, os participantes em comum acordo deveriam escolher uma cor característica (Verde, Amarelo, Azul e Vermelho), para designar sua equipe. Cada grupo de jogadores deveria escolher um membro para dar início às jogadas, o qual iria iniciar o jogo sem a ajuda dos outros membros do grupo. Os jogadores escolhidos

dentro de cada grupo iriam lançar os dados com o intuito de tirar o maior número, para com isso iniciarem o jogo. Em cada jogada, os jogadores iriam lançar os dados e o número que sair em cada lançamento seria a quantidade de casas que eles deveriam pular, lembrando que havia perguntas sobre a física das colisões em casas alternadas. As perguntas eram dos tipos: Certo ou Errado, teóricas e algumas que necessitam de um conhecimento mais aprimorado do estudo das colisões. O jogador que em um lançamento tirasse o número seis (06) poderia escolher um dos participantes do seu grupo para lhe auxiliar nas respostas das perguntas propostas.

As cartas distribuídas nas cores Verde, Amarelo, Azul e Vermelho iriam conter as perguntas de diferentes níveis do conhecimento a serem respondidas em cada jogada. Em cada lançamento, a cor da carta com a pergunta que cada jogador iria responder estava condicionada ao número que sair no lançamento aleatório do dado. Sendo como regra o seguinte: o número 01 corresponde a carta de cor Verde, número 02 corresponde a cor Amarelo, número 03 corresponde a cor Azul, número 04 corresponde a carta de cor Vermelha. Caso o jogador, no lançamento do dado, acertasse os números 05 ou 06, teria direito a escolher uma das cores das cartas. Após a escolha da carta pelo jogador, o mediador iria fazer a pergunta e indicaria que cada pergunta tinha 1 minuto para ser respondida. O mediador teria a seu dispor um cronômetro para verificar o tempo. As cartas em que os participantes acertassem as perguntas seriam excluídas do jogo; já as cartas que os alunos não respondessem de maneira correta deveriam retornar ao jogo. Nas jogadas, se as perguntas fossem respondidas corretamente, os jogadores deveriam avançar 04 casas; se as perguntas fossem respondidas erroneamente, os jogadores deveriam retornar 01 casa.

Havia distribuídas entre as cartas quatro (4) cartas bônus. Cada equipe teria direito a escolha a qualquer momento do jogo da carta bônus, uma carta que, se respondida corretamente, permitiria que a equipe avançasse dez (10) casas, e caso respondida errada a equipe se manteria na mesma posição que estava antes da solicitação da carta bônus.

O objetivo do jogo é que cada jogador (ou grupo de jogadores) chegue ao centro do tabuleiro na sua respectiva cor, mas, para isso, ele deve percorrer toda a trilha, onde encontrará várias perguntas relacionadas aos estudos de Leis de Newton, Trabalho, Energia, impulso, quantidade de movimento e teoria das colisões, até a chegada à porta da sua respectiva cor, em que entrará e continuará até a chegada ao centro do tabuleiro. Uma vez chegando nessa posição, o jogador deve responder à pergunta final: respondendo corretamente, o jogador será o vencedor; caso a resposta esteja incorreta, o jogador irá voltar à

porta de entrada da sua respectiva cor e novamente percorrerá até a chegada ao centro, onde terá direito a outra pergunta.

Após toda a leitura começamos o jogo. Todo o jogo foi realizado de maneira remota, mas conseguimos fluir relativamente bem.

Ao fim do jogo foi repassado para os alunos ao questionário pós-teste para termos uma noção do quão o jogo pode ajudar na fixação do conteúdo por parte dos educandos.

7 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

A aprendizagem dos alunos foi avaliada previamente e posteriormente ao jogo. O questionário aplicado inicialmente foi chamado de pré-teste e contribuiu para a compreensão do nível de conhecimento dos alunos sobre o tema, ou como conseguiam responder às questões associando os conceitos solicitados ao seu cotidiano e ao seu conhecimento prévio. O questionário aplicado após a utilização do produto educacional foi chamado de pós-teste e nos permitiu verificar o nível de aprendizagem dos alunos após a aplicação do jogo, demonstrando se houve ou não aprendizagem e se ela foi realmente significativa.

8 JOGO “NA TRILHA DA FÍSICA”

8.1 REGRAS DO JOGO

Descrição: O jogo “Na Trilha da Física” possui um tabuleiro que pode ser utilizado em dois formatos, permitindo a participação de quatro ou de dezesseis participantes.

Materiais:

- Tabuleiro: O tabuleiro contém 160 casas, interligadas horizontalmente e verticalmente;
- Um dado para o lançamento aleatório em cada jogada;
- 16 pinos para representar os jogadores ou grupos de jogadores no tabuleiro, sendo 04 verdes, 04 amarelos, 04 azuis e 04 vermelhos.

Objetivo: Chegar ao centro do tabuleiro na sua respectiva cor (válido para jogador único ou para grupos de jogadores, conforme o formato adotado).

Formatos de jogo:

- Primeiro formato: 04 participantes.

Peças: Para o primeiro formato do jogo (04 participantes), cada jogador tem direito a um pino, totalizando 04 pinos em jogo, nas seguintes cores: Verde, Amarelo, Azul e Vermelho.

- Segundo formato: 16 participantes.

Peças: Para o segundo formato do jogo (16 participantes), cada jogador terá direito a um pino, totalizando 16 pinos, cada grupo de 04 jogadores escolherá uma respectiva cor, que serão distribuídas entre: Verde, Amarelo, Azul e Vermelho.

O Jogo:

O jogo Na Trilha da Física terá dois formatos para ser jogado: o primeiro permite a participação de quatro jogadores e o segundo inclui dezesseis jogadores. Na primeira situação, cada jogador inicialmente escolherá entre as cores (Verde, Amarelo, Azul e Vermelho) aquela que será a sua durante toda a partida. Em seguida, os participantes deverão lançar um dado. Aquele jogador que obtiver o maior número no lançamento, será aquele que dará início ao jogo. Os demais jogadores terão sua ordem de início mediante o número que acertarem com o lançamento do dado, por exemplo: no lançamento aleatório dos dados, o jogador azul tirou o número 5, o jogador verde o número 3, o jogador amarelo o número 2 e o jogador vermelho o número 6, então a ordem de início do jogo será: O primeiro a iniciar o jogo será o vermelho, seguido pelo azul, verde e amarelo. Caso no lançamento aleatório os jogadores acertem o mesmo número, cada jogador terá direito a outro lançamento para saber qual irá tirar o maior número.

A dinâmica do jogo para dezesseis jogadores se dá inicialmente dividindo em quatro grupos de quatro jogadores. Dentro desses grupos, os participantes em comum acordo deverão escolher uma cor característica (Verde, Amarelo, Azul e Vermelho), para designar sua equipe. Cada grupo de jogadores deverá escolher um membro para dar início às jogadas, o qual irá iniciar o jogo sem a ajuda dos outros membros do grupo. Os jogadores escolhidos dentro de cada grupo irão lançar os dados com o intuito de tirar o maior número, para com isso iniciarem o jogo. Em cada jogada, os jogadores irão lançar os dados e o número que sair em cada lançamento é a quantidade de casas que eles devem pular, lembrando que haverá perguntas sobre a física das colisões em casas alternadas. As perguntas serão dos tipos: Certo ou Errado, teóricas e algumas que necessitam de um conhecimento mais aprimorado do estudo das colisões. O jogador que em um lançamento tirar o número seis (06) poderá escolher um dos participantes do seu grupo para lhe auxiliar nas respostas das perguntas propostas.

As cartas distribuídas nas cores Verde, Amarelo, Azul e Vermelho irão conter as perguntas a serem respondidas em cada jogada. Em cada lançamento, a cor da carta com a pergunta que cada jogador irá responder está condicionada ao número que sair no lançamento aleatório do dado. Sendo como regra o seguinte: o número 01 corresponde a carta de cor Verde, número 02 corresponde a cor Amarelo, número 03 corresponde a cor Azul, número 04 corresponde a carta de cor Vermelha. Caso o jogador, no lançamento do dado, acerte os números 05 ou 06, terá direito a escolher uma das cores das cartas. As cartas em que os participantes acertarem as perguntas serão excluídas do jogo; já as cartas que os alunos não responderem de maneira correta deverão retornar ao jogo. Nas jogadas, se as perguntas forem respondidas corretamente, os jogadores deverão avançar 04 casas; se as perguntas forem respondidas erroneamente, os jogadores deverão retornar 01 casa.

O objetivo do jogo é que cada jogador (ou grupo de jogadores) chegue ao centro do tabuleiro na sua respectiva cor, mas, para isso, ele deverá percorrer toda a trilha, onde encontrará várias perguntas relacionadas ao estudo das colisões, até a chegada à porta da sua respectiva cor, em que entrará e continuará até a chegada ao centro do tabuleiro. Uma vez chegando nessa posição, o jogador irá responder à pergunta final: respondendo corretamente, o jogador será o vencedor; caso a resposta esteja incorreta, o jogador irá voltar à porta de entrada da sua respectiva cor e novamente percorrerá até a chegada ao centro, onde terá direito a outra pergunta.

8.2 CARTAS UTILIZADAS NO JOGO “NA TRILHA DA FÍSICA”

Cartas verdes

A energia cinética é a energia associada à distância do corpo em relação a um dado referencial.

FALSO

Um corpo de massa 50 kg com uma velocidade de 2 m/s possui quantidade de movimento de:

- a) 100 kg.m/s
- b) 30 kg.m/s
- c) 200 kg.m/s
- d) 240 kg.m/s
- e) 40 kg.m/s

Uma força de intensidade 40N é aplicada a um corpo durante um tempo de 2s. Determine o impulso da força aplicada nesse corpo.

- a) 100 kg.m/s
- b) 80 kg.m/s
- c) 200 kg.m/s
- d) 240 kg.m/s
- e) 40 kg.m/s

Um corpo de massa 20 kg possui uma quantidade de movimento de 600 kg.m/s. Determine a massa desse corpo.

- a) 100 kg.m/s
- b) 80 kg.m/s
- c) 10 kg.m/s
- d) 240 kg.m/s
- e) 30 kg.m/s

Durante um jogo de futebol, um jogador chuta a bola, aplicando sobre ela uma força de intensidade igual a 1000 N durante um intervalo de tempo de 2s. Calcule o impulso da força aplicada pelo jogador.

- a) 80 N.s
- b) 50 N.s
- c) 160 N.s
- d) 2000 N.s
- e) 60 N.s

Qual a unidade de medida de energia no sistema internacional?

Joule (J)

Uma força age sobre um corpo durante 4 s na direção vertical, orientada de baixo para cima, e produz um impulso de 200 N.s . Qual o valor dessa força?

Resposta: Força = 50 N.

Considere duas partículas A e B em movimento com energias cinéticas constantes e iguais. É necessariamente correto que:

- a) as trajetórias de A e B são retas paralelas.
- b) as velocidades de A e B têm módulos iguais.
- c) as quantidades de movimento de A e B têm módulos iguais.
- d) se a massa de A for o quádruplo da de B, então o módulo da quantidade de movimento de A será o quádruplo do de B.
- e) se a massa de A for o quádruplo da de B, então o módulo da quantidade de movimento de A será o dobro do de B.

Uma partícula percorre certa trajetória em movimento uniforme. Podemos afirmar que a energia cinética da partícula é constante?

RESPOSTA: SIM

Ao dar o saque “viagem ao fundo do mar” num jogo de vôlei, um jogador aplica uma força de intensidade 300N sobre a bola, durante um intervalo de tempo de 0,5s. Calcule a intensidade do impulso da força aplicada pelo jogador.

Resposta: 150 N.s

Uma força age sobre um corpo durante 6 s na direção vertical, orientada de baixo para cima, com intensidade de 20 N. Dê as características (direção, sentido e intensidade) do impulso dessa força.

Resposta: Impulso: 120 N.s

Direção e sentido: o mesmo da força (vertical para baixo)

Sobre um plano horizontal e perfeitamente liso, repousam, frente a frente, um homem e uma caixa de massas respectivamente iguais a 80 kg e 40 kg. Em dado instante, o homem empurra a caixa, que se desloca com velocidade de módulo 10 m/s. Desprezando a influência do ar, calcule o módulo da velocidade do homem após o empurrão.

RESOLUÇÃO: $v_H = 5 \text{ m/s}$

Uma partícula de massa $m = 5,0$ kg que tem velocidade V , de módulo $v = 3,0$ m/s.

- a) $8 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- b) $6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- c) $10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- d) $12 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- e) $15 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

Um projétil de massa 20 g é disparado perpendicularmente contra uma porta de madeira, de $8,0$ cm de espessura. O projétil atinge a porta com velocidade de 250 m/s e a abandona com 150 m/s. O módulo de impulso que o projétil recebeu ao atravessar a porta, em N.s, foi de:

- a) $2,0$
- b) 10
- c) 20
- d) 100
- e) 200

Dois patinadores de massas iguais deslocam-se numa mesma trajetória retilínea, com velocidades escalares respectivamente iguais a $1,5$ m/s e $3,5$ m/s. O patinador mais rápido persegue o outro. Ao alcançá-lo, salta verticalmente e agarra-se às suas costas, passando os dois a deslocarem-se com velocidade escalar v . Desprezando o atrito, calcule o valor de v .

RESULTADO: $v = 2,5$ m/s

Uma moto de 310 kg percorre dois semáforos abertos que distam 500 m com velocidade de 30 m/s é correto afirmar que sua energia cinética é 1000 J

Resposta: ERRADO

Bungee Jumping é um esporte radical praticado por muitos aventureiros corajosos, que consiste em saltar de uma altura num vazio amarrado aos tornozelos ou cintura a uma corda elástica. Quando o aventureiro está oscilando na corda elástica a uma determinada altura é correto afirmar que ele possui energia cinética, energia potencial gravitacional e energia potencial elástica.

Resposta: " CERTO "

Uma nave espacial de 1000 kg se movimenta, livre de quaisquer forças, com velocidade constante de 1m/s, em relação a um referencial inercial. Necessitando pará-la, o centro de controle decidiu acionar um dos motores auxiliares, que fornecerá uma força constante de 200N, na mesma direção, mas em sentido contrário ao do movimento. Esse motor deverá ser programado para funcionar durante:

a) 1s. b) 2s. c) 4s. d) 5s. e) 10s.

Quando duas forças de mesma direção e módulos diferentes são exercidas sobre um corpo de massa constante, esse corpo necessariamente:

- a) está iniciando seu movimento.
- b) está com o vetor quantidade de movimento linear apontando em sentido contrário ao da força resultante.
- c) está diminuindo sua velocidade.
- d) encontra-se em movimento, com a velocidade apontando no mesmo sentido da força resultante.
- e) apresenta uma variação em sua quantidade de movimento linear.

A quantidade de movimento linear de um objeto de massa m se conserva:

- a) quando o objeto não interage com o resto do universo, isto é, ele está isolado.
- b) quando sua velocidade é constante em módulo.
- c) quando sua velocidade tem sentido constante.
- d) quando sua massa varia.
- e) quando a única força que age sobre o corpo é seu próprio peso.

Cartas vermelhas

A energia cinética aplicada a um corpo pode assumir valores negativos?

FALSA

Uma força de intensidade 60N é aplicada a um corpo durante um tempo de 2s. Determine o impulso da força aplicada nesse corpo.

- a) 100 kg.m/s
- b) 80 kg.m/s
- c) 200 kg.m/s
- d) 120 kg.m/s
- e) 40 kg.m/s

Um corpo de massa 90 kg com uma velocidade de 10 m/s possui uma quantidade de movimento de:

- a) 100 kg.m/s
- b) 90 kg.m/s
- c) 900 kg.m/s
- d) 200 kg.m/s
- e) 700 kg.m/s

Qual a unidade de medida de impulso de uma força no sistema internacional?

Newton x segundos (N.s)

Um corpo de massa 60 kg possui uma quantidade de movimento de 600 kg.m/s. Determine a massa desse corpo.

- a) 100 kg.m/s
- b) 80 kg.m/s
- c) 10 kg.m/s
- d) 240 kg.m/s
- e) 40 kg.m/s

Durante um jogo de futebol, um jogador chuta a bola, aplicando sobre ela uma força de intensidade igual a 50 N durante um intervalo de tempo de 1s. Calcule o impulso da força aplicada pelo jogador.

- a) 80 N.s
- b) 50 N.s
- c) 240 N.s
- d) 40 N.s
- e) 60 N.s

Ao dar o saque "viagem ao fundo do mar" num jogo de vôlei, um jogador aplica uma força de intensidade 600N sobre a bola, durante um intervalo de tempo de 0,5s. Calcule a intensidade do impulso da força aplicada pelo jogador.

Resposta: 300 N.s

Uma força age sobre um corpo durante 1 s na direção vertical, orientada de baixo para cima, com intensidade de 20 N. Dê as características (direção, sentido e intensidade) do impulso dessa força.

Resposta: Impulso: 20 N.s
Direção e sentido: o mesmo da força (vertical para baixo)

Uma força age sobre um corpo durante 3 s na direção vertical, orientada de baixo para cima, e produz um impulso de 600 N.s . Qual o valor dessa força?

Resposta: Força = 200 N.

Um corpo de massa 30 kg possui aceleração igual a 2 m/s^2 , qual a força aplicada a esse corpo?

RESPOSTA: $F = 60\text{N}$

Considere duas partículas A e B em movimento com quantidades de movimento constantes e iguais. É necessariamente correto que:

- a) as trajetórias de A e B são retas divergentes.
- b) as velocidades de A e B são iguais.
- c) as energias cinéticas de A e B são iguais.
- d) se a massa de A for o dobro da de B, então, o módulo da velocidade de A será metade do de B.
- e) se a massa de A for o dobro da de B, então, o módulo da velocidade de A será o dobro do de B.

De acordo com um locutor esportivo, em uma cortada do Negrão (titular da Seleção Brasileira de Voleibol), a bola atinge a velocidade de 108 km/h. Supondo que a velocidade da bola imediatamente antes de ser golpeada seja desprezível e que a sua massa valha aproximadamente 270 g, então o valor do impulso aplicado pelo Negrão à bola vale, em unidade do S.I., aproximadamente:

- a) 8,0
- b) 29
- c) 80
- d) 120
- e) 290

Um casal participa de uma competição de patinação sobre o gelo. Em dado instante, o rapaz, de massa igual a 60 kg, e a garota, de massa igual a 40 kg, estão parados e abraçados frente a frente. Subitamente, o rapaz dá um empurrão na garota, que sai patinando para trás com uma velocidade de módulo igual a 0,60 m/s. Qual o módulo da velocidade do rapaz ao recuar, como consequência desse empurrão? Despreze o atrito com o chão e o efeito do ar.

RESOLUÇÃO: $v_R = 0,4 \text{ m/s}$

Uma esfera se move sobre uma superfície horizontal sem atrito. Num dado instante, sua energia cinética vale 20 J e sua quantidade de movimento tem módulo 20 N.s. Nestas condições, é correto afirmar que sua:

- a) velocidade vale 1,0 m/s.
- b) velocidade vale 5,0 m/s.
- c) velocidade vale 10 m/s.
- d) massa é de 1,0 kg.
- e) massa é de 10 kg.

Uma partícula A colide frontalmente com uma partícula B, na ausência de forças externas resultantes. A respeito dessa situação, indique a alternativa correta:

- a) A energia cinética da partícula A aumenta.
- b) O módulo da quantidade de movimento da partícula B aumenta.
- c) A energia mecânica (total) do sistema formado pelas partículas A e B permanece constante no ato da colisão.
- d) A quantidade de movimento total do sistema formado pelas partículas A e B permanece constante no ato da colisão.
- e) As partículas A e B adquirem deformações permanentes devido à colisão.

Dois corpos de massas diferentes sobem uma ladeira com a mesma velocidade, é correto afirmar que eles possuem a mesma energia cinética e potencial.

Resposta: "ERRADO"

Num sistema físico onde não existem forças de atrito, a energia mecânica total do sistema se conserva.

Resposta: " CERTO "

Uma partícula possui 20 kg de massa e velocidade de 20m/s. A partícula recebe um impulso de 500 N.s, na mesma direção e sentido do movimento. Qual a quantidade de movimento final desta partícula e a velocidade final?

RESPOSTA: 900 N.s e 45 m/s

A condição necessária e suficiente para que um corpo tenha quantidade de movimento nula é que:

a) a soma de todas as forças que atuam sobre o corpo seja nula.

b) a trajetória do corpo seja retilínea.

c) a velocidade do corpo seja constante e diferente de zero.

d) o corpo esteja em repouso.

e) o corpo esteja em queda livre.

Uma espingarda recua quando dispara um tiro, devido à conservação da:

a) velocidade

b) energia

c) massa

d) potência

e) quantidade de movimento

Cartas amarelas

Um corpo de massa 40 kg com uma velocidade de 6 m/s possui quantidade de movimento de:

- a) 20 kg.m/s
- b) 30 kg.m/s
- c) 200 kg.m/s
- d) 240 kg.m/s
- e) 40 kg.m/s

Uma força de intensidade 30N é aplicada a um corpo durante um tempo de 2s. Determine o impulso da força aplicada nesse corpo.

- a) 100 kg.m/s
- b) 80 kg.m/s
- c) 60 kg.m/s
- d) 240 kg.m/s
- e) 40 kg.m/s

Um corpo de massa 60 kg possui uma quantidade de movimento de 1200 kg.m/s. Determine a massa desse corpo.

- a) 100 kg.m/s
- b) 20 kg.m/s
- c) 10 kg.m/s
- d) 240 kg.m/s
- e) 40 kg.m/s

Durante um jogo de futebol, um jogador chuta a bola, aplicando sobre ela uma força de intensidade igual a 500 N durante um intervalo de tempo de 3s. Calcule o impulso da força aplicada pelo jogador.

- a) 80 N.s
- b) 50 N.s
- c) 160 N.s
- d) 2000 N.s
- e) 1500 N.s

A energia cinética aplicada a um corpo sempre assume valores positivos?

VERDADEIRO

Um corpo de massa 40 kg possui aceleração igual a 3 m/s^2 , qual a força aplicada a esse corpo?

RESPOSTA: $F = 120\text{N}$

Qual a unidade de medida de quantidade de movimento no sistema internacional?

Quilograma x metros por segundos
(kg.m/s)

Ao dar o saque "viagem ao fundo do mar" num jogo de vôlei, um jogador aplica uma força de intensidade 400N sobre a bola, durante um intervalo de tempo de 0,5s. Calcule a intensidade do impulso da força aplicada pelo jogador.

Resposta: 200 N.s

Na cobrança de uma penalidade máxima em um jogo de futebol, a bola, que está inicialmente parada na marca do pênalti, sai com velocidade de 20 m/s, imediatamente após ser chutada pelo jogador. A massa da bola é 0,45 kg, e o tempo de contato entre o pé do jogador e a bola é 0,25 s. A força média que o pé do jogador aplica sobre a bola, nessa cobrança, é:

- a) 23 N
- b) 2,3 N
- c) 3,6 N
- d) 36 N
- e) 80 N

Uma força age sobre um corpo durante 10 s na direção vertical, orientada de baixo para cima, com intensidade de 20 N. Dê as características (direção, sentido e intensidade) do impulso dessa força.

Resposta: Impulso: 200 N.s

Direção e sentido: o mesmo da força (vertical para baixo)

Uma força age sobre um corpo durante 2 s na direção vertical, orientada de baixo para cima, e produz um impulso de 300 N.s. Qual o valor dessa força?

Resposta: Força = 150 N.

Um corpo de massa $m = 10$ kg se movimenta sobre uma superfície horizontal perfeitamente polida, com velocidade escalar $v_0 = 4,0$ m/s, quando uma força constante de intensidade igual a 10 N passa a agir sobre ele na mesma direção do movimento, porém em sentido oposto. Sabendo que a influência do ar é desprezível e que quando a força deixa de atuar a velocidade escalar do corpo é $v = -10$ m/s, determine o intervalo de tempo de atuação da força.

RESPOSTA: 14s

Um astronauta de massa 70 kg encontra-se em repouso numa região do espaço em que as ações gravitacionais são desprezíveis. Ele está fora de sua nave, a 120 m dela, mas consegue mover-se com o auxílio de uma pistola que dispara projéteis de massa 100 g, os quais são expelidos com velocidade de 560 m/s. Dando um único tiro, qual o menor intervalo de tempo que o astronauta leva para atingir sua nave, suposta em repouso?

RESOLUÇÃO: $\Delta t = 150 \text{ s}$

Uma partícula de massa $m = 3,0 \text{ kg}$ tem uma quantidade de movimento cujo módulo é $Q = 24 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$. Qual o módulo da velocidade da partícula?

- a) 8,0 m/s
- b) 6,0 m/s
- c) 4,0 m/s
- d) 3,0 m/s
- e) 5,0 m/s

Uma locomotiva de massa 200 t movendo-se sobre trilhos retos e horizontais com velocidade de intensidade 18,0 km/h colide com um vagão de massa 50 t inicialmente em repouso. Se o vagão fica acoplado à locomotiva, determine a intensidade da velocidade do conjunto imediatamente após a colisão.

RESULTADO: $v = 14,4 \text{ km/h}$

Num sistema físico onde não existem forças de atrito, a energia mecânica total do sistema se conserva.

Resposta: "CERTO"

Um vaso de 2kg encontrasse a uma altura de 5m do solo, sendo $g=10\text{m/s}^2$ é correto afirmar que a sua energia potencial gravitacional vale 120J.

Resposta: " ERRADO "

Num certo instante, um corpo em movimento tem energia cinética de 100 joules, enquanto o módulo de sua quantidade de movimento é $40\text{kg}\cdot\text{m/s}$. A massa do corpo, em kg, é:

- a) 5,0 b) 8,0 c) 10 d) 16 e) 20

Sobre uma partícula, inicialmente em movimento retilíneo uniforme, é exercida, a partir de certo instante t , uma força resultante cujo módulo permanece constante e cuja direção se mantém sempre perpendicular à direção da velocidade da partícula. Nessas condições, após o instante t ,

- a) a energia cinética da partícula não varia.
 b) o vetor quantidade de movimento da partícula permanece constante.
 c) o vetor aceleração da partícula permanece constante.
 d) o trabalho realizado sobre a partícula é não nulo.
 e) o vetor impulso exercido sobre a partícula é nulo.

A quantidade de movimento total de um sistema de corpos permanecerá constante somente se:

- a) os corpos estiverem sujeitos apenas às forças internas.
 b) as forças internas ao sistema forem conservativas.
 c) o sistema for constituído de um só corpo.
 d) a força resultante sobre cada corpo for nula.
 e) as forças que atuam sobre os corpos forem conservativas.

Cartas azuis

Um corpo de massa 80 kg com uma velocidade de 2 m/s possui quantidade de movimento de:

- a) 100 kg.m/s
- b) 160 kg.m/s
- c) 200 kg.m/s
- d) 240 kg.m/s
- e) 40 kg.m/s

Durante um jogo de futebol, um jogador chuta a bola, aplicando sobre ela uma força de intensidade igual a 80 N durante um intervalo de tempo de 2s. Calcule o impulso da força aplicada pelo jogador.

- a) 80 N.s
- b) 50 N.s
- c) 160 N.s
- d) 40 N.s
- e) 60 N.s

Uma força de intensidade 20N é aplicada a um corpo durante um tempo de 2s. Determine o impulso da força aplicada nesse corpo.

- a) 100 kg.m/s
- b) 80 kg.m/s
- c) 200 kg.m/s
- d) 240 kg.m/s
- e) 40 kg.m/s

A energia cinética é a energia associada ao movimento.

VERDADEIRO

Um corpo de massa 50 kg possui uma quantidade de movimento de 100 kg.m/s. Determine a massa desse corpo.

- a) 2 kg.m/s
- b) 80 kg.m/s
- c) 10 kg.m/s
- d) 240 kg.m/s
- e) 40 kg.m/s

Qual a unidade de medida de trabalho de uma força no sistema internacional?

Joule (J)

Ao dar o saque “viagem ao fundo do mar” num jogo de vôlei, um jogador aplica uma força de intensidade 100N sobre a bola, durante um intervalo de tempo de 0,5s. Calcule a intensidade do impulso da força aplicada pelo jogador.

Resposta: 50 N.s

Uma força age sobre um corpo durante 2 s na direção vertical, orientada de baixo para cima, com intensidade de 20 N. Dê as características (direção, sentido e intensidade) do impulso dessa força.

Resposta: Impulso: 40 N.s

Direção e sentido: o mesmo da força (vertical para baixo)

Uma força age sobre um corpo durante 2 s na direção vertical, orientada de baixo para cima, e produz um impulso de 200 N.s . Qual o valor dessa força?

Resposta: Força = 100 N.

Uma partícula percorre certa trajetória em movimento uniforme. Podemos afirmar que a quantidade de movimento da partícula é constante?

RESPOSTA: NÃO

Uma partícula de massa igual a 2,0 kg, inicialmente em repouso sobre o solo, é puxada verticalmente para cima por uma força constante F , de intensidade 30 N, durante 3,0 s. Adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$ e desprezando a resistência do ar, calcule a intensidade da velocidade da partícula no fim do citado intervalo de tempo.

RESPOSTA: $V = 15 \text{ m/s}$

Um homem de massa 70 kg, sentado em uma cadeira de rodas inicialmente em repouso sobre o solo plano e horizontal, lança horizontalmente um pacote de massa 2,0 kg com velocidade de intensidade 10 m/s. Sabendo que, imediatamente após o lançamento, a velocidade do conjunto homem-cadeira de rodas tem intensidade igual a 0,25 m/s, calcule a massa da cadeira de rodas.

RESOLUÇÃO: $m_c = 10 \text{ kg}$

Um carrinho de massa igual a 1,50 kg está em movimento retilíneo com velocidade de 2,0 m/s quando fica submetido a uma força resultante de intensidade 4,0 N, na mesma direção e sentido do movimento, durante 6,0 s. Ao final dos 6,0 s, a quantidade de movimento e a velocidade do carrinho têm valores, em unidades do SI, respectivamente, iguais a:

- a) 27 e 18
- b) 24 e 18
- c) 18 e 16
- d) 6,0 e 16
- e) 3,0 e 16

Uma bola de massa 0,50 kg foi chutada diretamente para o gol, chegando ao goleiro com velocidade de 40 m/s. Este conseguiu espalmá-la para a lateral e a bola deixa as mãos do goleiro com velocidade de 30 m/s, perpendicularmente à direção inicial de seu movimento. O impulso que o goleiro imprime à bola tem módulo, em unidades do Sistema Internacional:

- a) 50
- b) 25
- c) 20
- d) 15
- e) 10

Dois corpos de massas diferentes sobem uma ladeira com a mesma velocidade, é correto afirmar que eles possuem a mesma energia cinética e potencial.

Resposta: "ERRADO"

O impulso que um corpo recebe de uma força contínua e constante é proporcional à variação:

- a) da energia cinética do corpo.
- b) de temperatura do corpo.
- c) da energia potencial.
- d) da quantidade de movimento.
- e) do espaço percorrido.

Em uma colisão perfeitamente elástica o coeficiente de restituição é igual a 1.

RESPOSTA: SIM

Ao deslocarmos de casa para a escola dirigindo um veículo a uma determinada velocidade, é correto afirmar que o veículo possui energia de movimento denominada energia cinética.

Resposta: "CERTO"

Uma bola de massa 50g é solta de uma altura igual a 3,2m. Após a colisão com o solo, ela alcança uma altura máxima de 1,8m. Se o impacto com o chão teve uma duração de 0,02 segundos, qual a intensidade da força média, em Newtons, que atuou sobre a bola durante a colisão? Use $g = 10\text{m/s}^2$.

RESPOSTA: 35N

Um vagão de trem encontra-se em repouso sobre uma ferrovia. Um segundo vagão, animado com velocidade V , colide com o primeiro, e os dois permanecem engatados após o choque. A lei da física que você aplicaria para determinar a velocidade do conjunto após a colisão é a:

- a) da Conservação das Forças de Colisão.
- b) da Conservação da Energia Mecânica.
- c) da Inércia.
- d) da Conservação da Quantidade de Movimento.
- e) da Conservação da Energia Cinética.

| | |
|---|--|
| <p>Quando um próton colide com um nêutron, ambos se unem formando o deutério. Sabendo que as duas partículas têm massas iguais e movem-se em sentidos opostos, com velocidade de 4.000 km/s, para o próton, e 6.000 km/s, para o nêutron, qual a velocidade do deutério formado?</p> <p>a) 1.000 km/s b) 2.000 km/s c) 3.000 km/s d) 5.000 km/s e) 10 000 km/s</p> | |
| | |

| | |
|--|--|
| <p>Um jogo de bilhar é formado por 4 bolas brancas e 4 bolas vermelhas, todas de mesma massa. Em um certo dia, quando estavam sobre a mesa apenas uma bola branca e uma vermelha, observou-se a seguinte situação: a bola branca, ao colidir com a vermelha, que se encontrava em repouso, ficou totalmente imóvel, enquanto a bola vermelha foi arremessada para uma das caçapas. Nessa situação idealizada, após a colisão, desprezando o atrito, é correto afirmar que:</p> <p>a) a quantidade de movimento da bola vermelha é o dobro da observada na bola branca antes da colisão. b) a aceleração da bola vermelha é três vezes maior que a da bola branca. c) a quantidade de movimento da bola vermelha é igual à quantidade de movimento que a bola branca possuía antes da colisão. d) a aceleração da bola vermelha é três vezes menor que a da bola branca. e) a quantidade de movimento da bola vermelha é a metade da observada na bola branca antes da colisão.</p> | |
| | |

| | |
|---|--|
| <p>As forças internas de um sistema de partículas causam variações na quantidade de movimento de cada partícula, _____ variações na quantidade de movimento total. Assinale a alternativa que completa, corretamente, os espaços.</p> <p>a) podem causar, mas NÃO causam b) podem causar, que resultam em c) NÃO podem causar, mas causam d) NÃO podem causar, portanto NÃO causam e) sempre causam, podendo causar</p> | |
| | |

| | |
|--|--|
| <p>Assinale falsa (F) ou verdadeira (V) em cada uma das afirmativas.</p> <p>() O impulso é uma grandeza instantânea. () A direção e o sentido do impulso são o mesmos da força aplicada sobre o corpo. () A força que produz o impulso é causada pela interação dos corpos que colidem. () O impulso mede a quantidade de movimento do corpo. A sequência correta é</p> <p>a) V - V - F - F. b) F - V - V - F. c) V - F - V - V. d) F - F - F - V. e) F - V - V - V.</p> | |
| | |

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

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

MOREIRA, M. A. O Que é Afinal Aprendizagem Significativa? Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, **Qurriculum**, *La Laguna*, Espanha, 2012.

UNESCO. **Cultura científica**: um direito de todos. Brasília: UNESCO, 2003. 172p.