

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

**TAYLA JOHANA DOS SANTOS COSTA**

**ESTÁTICA DO CORPO RÍGIDO NO ENSINO MÉDIO À LUZ DA APRENDIZAGEM  
SIGNIFICATIVA CRÍTICA**

**TERESINA  
2025**

**TAYLA JOHANA DOS SANTOS COSTA**

**ESTÁTICA DO CORPO RÍGIDO NO ENSINO MÉDIO À LUZ DA APRENDIZAGEM  
SIGNIFICATIVA CRÍTICA**

Dissertação de Mestrado/Produto Educacional  
apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado  
Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF,  
Polo 26, da Universidade Federal do Piauí – UFPI,  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
Mestre em Ensino de Física.

**Linha de Pesquisa:** Ensino de Física

**Orientador(a):** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Hilda Mara Lopes Araujo

**TERESINA  
2025**



FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco  
Divisão de Representação da Informação

C837e Costa, Tayla Johana dos Santos.

Estática do corpo rígido no ensino médio à luz da aprendizagem significativa crítica / Tayla Johana dos Santos Costa. – 2025.  
235 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Teresina, 2025.

“Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Hilda Mara Lopes Araujo”.

1. Sequência didática interativa. 2. Estática do corpo rígido.  
3. Teoria da aprendizagem significativa. 4. Teoria da aprendizagem significativa crítica. 5. Pesquisa translacional. I. Araujo, Hilda Mara Lopes.  
II. Título.

CDD 530.07



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO PIAUÍ

**MNPEF**

COORDENAÇÃO DO POLO 26 (UFPI) DO MNPEF



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ - UFPI**  
**Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF – Polo 26 UFPI**

**ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**TAYLA JOHANA DOS SANTOS COSTA**

Às 14 horas do dia dez de julho de dois mil e vinte e cinco, reuniu-se no auditório do Departamento de Física da UFPI a Comissão Julgadora da dissertação intitulada "ESTÁTICA DO CORPO RÍGIDO NO ENSINO MÉDIO À LUZ DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA" da discente TAYLA JOHANA DOS SANTOS COSTA, composta pelos professores: Profa. Dra. Hilda Mara Lopes Araujo (orientadora, UFPI), Prof. Dr. Fábio Soares da Paz (UFPI); Profa. Dra. Maria do Socorro Leal Lopes (CCE/UFPI) para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito para a obtenção do título Mestre em Ensino de Física. Abrindo a sessão o(a) Orientador(a) e Presidente da Comissão, Prof<sup>a</sup> Dra. Hilda Mara Lopes Araujo, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da defesa da Dissertação, passou a palavra ao discente para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos membros da Comissão Julgadora e respectiva defesa do discente. Nesta ocasião foram solicitadas correções no texto escrito, as quais foram acatadas de imediato. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença da discente e do público, para julgamento e expedição do resultado final. A discente foi considerado(a) APROVADO(A), por unanimidade, pelos membros da Comissão Julgadora, à sua dissertação. O resultado foi, então, comunicado publicamente a discente pela Presidente da Comissão. Registrando que a confecção do diploma está condicionada à entrega da versão final da dissertação à CPG após o prazo estabelecido de 60 dias, de acordo com o artigo 39 da Resolução No 189/07 do CONSELHO DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO DA UFPI. Nada mais havendo a tratar, a Presidente da Comissão Julgadora deu por encerrado o julgamento que tem por conteúdo o teor desta Ata que, após lida e achada conforme, será assinada por todos os membros da Comissão para fins de produção de seus efeitos legais.

Teresina-PI, 10 de julho de 2025.

Documento assinado digitalmente



HILDA MARA LOPES ARAUJO

Data: 24/07/2025 11:31:10-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof<sup>a</sup>. Dra. Hilda Mara Lopes Araujo - orientador (UFPI)

Documento assinado digitalmente



FABIO SOARES DA PAZ

Data: 24/07/2025 16:46:36-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Fábio Soares da Paz - avaliador (UFPI)

Documento assinado digitalmente



MARIA DO SOCORRO LEAL LOPES

Data: 26/07/2025 11:27:54-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Maria do Socorro Leal Lopes - avaliador (CCE/UFPI)

Dedico este trabalho ao meu amado esposo  
Anderson Kurunczi, aos meus pais Rosangela  
Maria e Osvaldo Ferreira e a Deus.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus pelos seus provimentos e absolutamente tudo o que permeou a minha trajetória desde o final da graduação até minha presente conclusão do mestrado, afinal, sem Ele, nada disso teria sido possível; foi por sua sabedoria e conhecimento, respeitando o tempo e o espaço, que pude estar nesta turma, neste polo, com estes colegas e professores, e com a consciência necessária para viver este processo de forma genuína e responsável

Agradeço à SBF, à comissão do MNPEF e aos professores do programa MNPEF da UFPI, campus Ministro Petrônio Portela, pela oportunidade e por todas as contribuições diretas e indiretas que aconteceram ao longo da minha trajetória e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) por nos proporcionar a oportunidade de realizar esta formação.

Agradeço a cada um dos professores que lecionaram disciplinas no programa ao longo desses dois anos de curso, em especial à prof<sup>a</sup>. Claudia Adriana e ao prof. Alexandre Maciel por terem nos proporcionado disciplinas enriquecedoras e ensinamentos sobre a Física e aplicações à educação que eu levarei à minha prática profissional. Gostaria de Agradecer a prof<sup>a</sup>. Maria do Socorro e ao prof. Micaías Andrade pelas valiosas contribuições ao meu produto educacional e a dissertação, sem eles este trabalho não seria o que se tornou.

Especialmente, agradeço a minha orientadora, a prof<sup>a</sup> Dra<sup>a</sup> Hilda Mara Lopes Araújo, por ter-me aceito em um momento tão avançado e pela sua incrível disciplina, lecionada com muita maestria e que, sem dúvida, me proporcionou todo o aporte teórico, não apenas para esta pesquisa, mas também para a vida profissional. Agradeço, principalmente, pela orientação maravilhosa, detalhista e que agregou em de inúmeras percepções de que eu precisava e que desejava para me tornar uma professora e pesquisadora melhor.

Também agradeço ao coordenador prof. Célio Borges pelas suas contribuições à minha formação, ao programa e aos integrantes da banca examinadora, prof<sup>a</sup>. Hilda Mara, prof<sup>a</sup>. Maria do Socorro e prof. Fábio Paz, e aos suplentes, prof. Micaías Andrade e prof. Ronaldo Albano, por contribuírem com a minha pesquisa.

Agradeço, e já o fiz inúmeras vezes, a Deus pelos meus colegas de sala, e agora agradeço diretamente a eles por todas as contribuições e momentos vividos

durante este curso. Sei que Deus havia reservado cada um de nós para estar nesta turma do MNPEF, polo 26, turma de 2023, juntos, pois precisaríamos da força uns dos outros, das dificuldades e superações compartilhadas, bem como de todo o apoio mútuo. Nominalmente, agradeço a Adriano Amaranes, Antonio Felipe, Antonio Huanderson, Edivaldo, Eduardo, Emmanuel, Fernando, Flávio, Guilherme Brendo, José Ayrton, Jorge, Paulo e Rebeca Geovana por terem estado comigo e contribuído durante todo este processo.

Em especial, agradeço ao meu grupinho, composto por Adriano Amaranes, Antônio Felipe e Rebeca Geovana, pelo apoio e, principalmente, à Rebeca — a ‘irritante Geovana’ — pelos estresses, mas também por ter me feito um ser humano minimamente mais acolhedor e que pensa melhor nas palavras. Sei que Deus a colocou no meu caminho por um propósito maior de amizade para a vida e, claro, levarei os meus três ‘xovens’ no coração para sempre.

Gostaria de agradecer também a alguns atores deste processo de mestrado que possivelmente nem saberão que estão sendo citados: meu amigo Rodolfo, que me deu suporte quando realizei as etapas do processo de seleção; ao meu agora amigo Fidelis Leal, da turma de 2022, que contribuiu muito para a construção do meu produto educacional e da dissertação; à minha nova amiga Ana Caroline Santos, que me acolheu em sua casa nesses dois anos de curso e que levarei no coração para a vida; e, por fim, ao sr. Antônio Erasmo, que me buscava de madrugada para levar a Teresina para as aulas, proporcionando inúmeras reflexões e oferecendo um apoio gigantesco para que eu pudesse percorrer esse caminho.

Não há palavras para agradecer à minha família: ao meu marido, Anderson Kurunczi, que me apoiou durante todo o curso, de inúmeras formas e com tudo o que podia, para que eu alcançasse a conclusão deste sonho; aos meus pais, Rosângela Maria e Osvaldo Ferreira, que mais uma vez em suas vidas fizeram de tudo para me ver realizar este objetivo, mesmo eu já estando em uma fase em que eles não precisavam, mas ainda assim me deram todo o suporte necessário; à minha sogra, Maria das Dores, que também me ajudou e apoiou da forma que pôde durante todo o tempo de curso.

E, por fim, à Organização Educacional Cristo, representada pela diretora, prof<sup>a</sup>. Osiely Santos, e pelo coordenador, prof. Ricardo Santos, que aceitaram minha pesquisa e ofereceram todo o apoio possível para a aplicação e construção do meu trabalho, tanto no chão da sala de aula quanto no desenvolvimento desta pesquisa.

*“Sempre haverá pedras na estrada à nossa frente. Eles serão pedras de tropeço ou degraus; tudo depende de como você os usa.”*

(Friedrich Nietzsche)

## RESUMO

Esta dissertação sob o título “Estática do Corpo Rígido no Ensino Médio à Luz Da Aprendizagem Significativa Crítica” partiu do problema de pesquisa: Como o estudo sobre Estática do Corpo rígido utilizando uma sequência didática interativa pode contribuir para a apreensão dos conceitos sobre equilíbrio e dinâmica e suas aplicações em sala de aula com alunos do Ensino Médio? Parte-se do pressuposto de que a utilização de uma Sequência Didática Interativa sobre Estática do Corpo Rígido favorece a compreensão conceitual dos alunos, promovendo aprendizagem significativa e crítica, autonomia e aplicação dos saberes em situações do cotidiano. O objetivo geral foi analisar como o estudo da Estática do Corpo Rígido pode contribuir para a compreensão de conceitos fundamentais relacionados à dinâmica corporal e cotidiana a partir da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (2003) e Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Marco Antonio de Moreira (2010) e da abordagem da pesquisa translacional em educação (Colombo *et al.*, 2019), no qual o trabalho buscou promover a reconstrução conceitual por meio da articulação entre conhecimentos prévios dos alunos e experiências significativas envolvendo práticas simples, movimentos corporais e jogos didáticos. A pesquisa teve produção o produto educacional intitulado “Missão Equilíbrio: uma sequência didática interativa como metodologia mediadora para o ensino de Estática do Corpo rígido no ensino médio”, no qual propõe uma Sequência Didática Interativa (SDI) (Ugalde e Roweder, 2020) composta por atividades práticas e reflexivas, que exploraram conceitos como centro de massa, torque e equilíbrio a partir de contextos do cotidiano, da dança e do esporte. A metodologia da pesquisa adotou uma abordagem qualitativa explicativa, com instrumentos como pré-teste, pós-teste, registros em quadros de análise e observação das interações durante as atividades (Bogdan e Biklen, 1994). As práticas simples, práticas corporais, jogos e simulações se mostraram eficazes não apenas na motivação dos alunos, mas também como ferramentas cognitivas para a construção de significados, favorecendo a aprendizagem ativa e crítica. O campo da pesquisa foi uma escola da rede privada da cidade de Parnaíba – Piauí, contou com 14 alunos/sujeitos da pesquisa. Para análise dos dados foi utilizado o método da análise de conteúdo de Laurence Bardin (2015) e os resultados evidenciaram um avanço significativos na apropriação da linguagem científica, na capacidade argumentativa dos estudantes e na consolidação de conceitos físicos antes percebidos apenas de forma mecânica ou a partir do senso comum, demonstrando sinais de uma aprendizagem significativa e crítica em inúmeros aspectos no que condiz a construção hierárquica de novos conceitos pela teoria ausubeliana e principalmente aspectos relacionados aos princípios da teoria de Moreira (2010).

**PALAVRAS-CHAVE:** Sequência Didática Interativa. Estática do Corpo Rígido. Teoria da Aprendizagem Significativa. Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Pesquisa Translacional

## **ABSTRACT**

This dissertation entitled “Rigid Body Statics in High School in the Light of Critical Significant Learning” was based on the following research problem: How can the study of rigid body statics using an interactive teaching sequence contribute to the understanding of concepts about equilibrium and dynamics and their applications in the classroom with high school students? It is assumed that the use of an Interactive Teaching Sequence (SDI) on Rigid Body Statics favors students’ conceptual understanding, promoting significant and critical learning, autonomy and application of knowledge in everyday situations. The general objective was to analyze how the study of Rigid Body Statics can contribute to the understanding of fundamental concepts related to body and everyday dynamics based on David Ausubel's Theory of Meaningful Learning (2003) and Marco Antonio de Moreira's Critical Theory of Meaningful Learning (2010) and the approach of translational research in education (Colombo et al., 2019), in which the work sought to promote conceptual reconstruction through the articulation between students' prior knowledge and meaningful experiences involving simple practices, body movements and educational games. The research produced the educational product entitled “Mission Balance: an interactive didactic sequence as a mediating methodology for teaching rigid body statics in high school”, which proposes an Interactive Didactic Sequence (SDI) (Ugalde and Roweder, 2020) composed of practical and reflective activities, which explored concepts such as center of mass, momentum and balance based on everyday contexts, dance and sport. The research methodology adopted a explanatory qualitative approach, with instruments such as pre-test, post-test, records in analysis tables and observation of interactions during activities (Bogdan e Biklen, 1994). Simple practices, physical practices, games and simulations proved effective not only in motivating students, but also as cognitive tools for constructing meanings, favoring active and critical learning. The research field was a private school in the city of Parnaíba – Piauí, with 14 students/research subjects. The content analysis method of Laurence Bardin (2015) was used to analyze the data and the results showed significant progress in the appropriation of scientific language, in the argumentative capacity of students and in the consolidation of physical concepts previously perceived only mechanically or from common sense, demonstrating signs of significant and critical learning in numerous aspects regarding the hierarchical construction of new concepts by Ausubelian theory and mainly aspects related to the principles of Moreira's theory (2010).

**KEYWORDS:** Interactive Didactic Sequence. Rigid Body Statics. Meaningful Learning Theory. Critical Meaningful Learning Theory. Translational Research



## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.1: Ilustração da diferença entre ponto material e corpo extenso.....                                                | 10 |
| Figura 1.2: Um taco de balsebol fazendo uma trajetória parabólica onde o ponto preto representa o centro de massa.....       | 12 |
| Figura 1.3: Exemplos de corpos homogêneos e seus centros de massa.....                                                       | 13 |
| Figura 1.4: Exemplo de centro de massa de um corpo não homogêneo.....                                                        | 14 |
| Figura 1.5: Bumerang do tipo salvador.....                                                                                   | 14 |
| Figura 1.6: Equilibrando dois corpos em uma gangorra. a) com corpos de massas iguais. b) com corpos de massas distintas..... | 17 |
| Figura 1.7: CM de um corpo humano masculino.....                                                                             | 19 |
| Figura 1.8: Exemplos dos tipos de equilíbrio em situações similares.....                                                     | 20 |
| Figura 1.9: Ilustração da diferença entre os movimentos de um corpo extenso.....                                             | 22 |
| Figura 1.10: Uma proposição de aplicação do torque na prática.....                                                           | 23 |
| Figura 1.11: Forças sendo aplicadas em uma porta.....                                                                        | 23 |
| Figura 1.12: Estrutura de uma alavanca.....                                                                                  | 24 |
| Figura 1.13: Tipos de alavancas.....                                                                                         | 25 |
| Figura 1.14: Alavanca interfixa.....                                                                                         | 25 |
| Figura 1.15: Alavanca inter-resistente.....                                                                                  | 26 |
| Figura 1.16: Alavanca interpotente.....                                                                                      | 26 |
| Figura 1.17: Ferramentas que são alavancas no cotidiano.....                                                                 | 27 |
| Figura 1.18: Exemplo de postura da luta e seu diagrama de forças para o cálculo de estabilidade.....                         | 29 |
| Figura 1.19: Ilustração da posição do CM e como ele se desloca de acordo com a distribuição espacial do corpo.....           | 30 |
| Figura 1.20: Análise mecânica do CM durante o salto de um jogador.....                                                       | 31 |
| Figura 1.21: Ilustração de quais movimentos estão sendo abordados na pesquisa de Frasson (2007).....                         | 33 |
| Figura 1.22: Elementos de uma alavanca aplicado ao corpo humano.....                                                         | 35 |
| Figura 2.1: Diagrama dos tipos de aprendizagem.....                                                                          | 44 |
| Figura 2.2: Diagrama dos Princípios da TASC.....                                                                             | 52 |
| Figura 2.3: Exposição dos contrapontos entre a visão clássica e a crítica.....                                               | 59 |
| Figura 3.1: Foto da frente da escola.....                                                                                    | 73 |
| Figura 3.2: Salas de aula da escola.....                                                                                     | 74 |
| Figura 3.3: Foto das fachadas da escola ao longo de sua história.....                                                        | 75 |

|                                                                                                                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 3.4: Alunos utilizando de seu Chromebook de uso pessoal em sala.....                                                                                                                                                               | 75  |
| Figura 3.5: Turma do 2º ano em uma das etapas da SD.....                                                                                                                                                                                  | 76  |
| Figura 4.1: Painel de entrada da atividade <i>Balancing Act</i> da plataforma <i>PhET Interactive Simulations</i> . a) Quando a opção de atividade introdutória é escolhida. b) Quando a opção de laboratório de balanço é escolhida..... | 97  |
| Figura 4.2: Painel de entrada da atividade <i>Balancing Act</i> da plataforma <i>PhET Interactive Simulations</i> selecionado na modalidade <i>game</i> .....                                                                             | 97  |
| Figura 4.3: Capa do jogo criado com a turma.....                                                                                                                                                                                          | 102 |
| Figura 4.4: Uma das afirmações do jogo Física – Fato ou Farsa feita por um grupo de alunos. a) Imagem que aparece com a afirmação. b) Imagem que aparece após responder a anterior.....                                                   | 102 |
| Figura 5.1: Aplicação do pré teste – Balanço Inicial.....                                                                                                                                                                                 | 105 |
| Figura 5.2: Proposta de práticas de Estática do Corpo Rígido.....                                                                                                                                                                         | 112 |
| Figura 5.3: Praticando encontrar o centro de massa com o material do laboratório.....                                                                                                                                                     | 113 |
| Figura 5.4: Prática do salto vertical em diferentes posições de braço.....                                                                                                                                                                | 114 |
| Figura 5.5: Alunos experimentando o limite do equilíbrio e do tombamento.....                                                                                                                                                             | 114 |
| Figura 5.6: Demonstração pró-ativa do aluno quanto aos movimentos do basquete com o CM.....                                                                                                                                               | 116 |
| Figura 5.7: Página inicial da simulação <i>Intro</i> .....                                                                                                                                                                                | 117 |
| Figura 5.8: Página inicial da simulação <i>Balance Lab</i> .....                                                                                                                                                                          | 118 |
| Figura 5.9: Ambiente de entrada do <i>Game</i> do <i>Balancing Act</i> .....                                                                                                                                                              | 119 |
| Figura 5.10: Preenchendo o <i>Quizizz</i> com as respostas deles das Missões Equilíbrio.....                                                                                                                                              | 120 |
| Figura 5.11: Interagindo com o jogo criado a partir de suas afirmações.....                                                                                                                                                               | 126 |
| Figura 5.12: Aplicação do pós teste – Balanço Final.....                                                                                                                                                                                  | 129 |

## LISTA DE QUADROS

|                                                                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Quadro 01: Categorias emergentes na pré-análise.....                                                                                                     | 81  |
| Quadro 02: Subsunções e conceitos subjetivos demonstrados pelos alunos.....                                                                              | 82  |
| Quadro 03: Descrição da SDI.....                                                                                                                         | 89  |
| Quadro 04: perguntas do pré teste para captura dos conhecimentos prévios.....                                                                            | 93  |
| Quadro 05: Descrição das práticas desenvolvidas nessa etapa da SDI.....                                                                                  | 93  |
| Quadro 06: Questionário do teste intermediário da SDI, perguntas e imagens norteadora para os alunos enviarem suas respostas da Missão Equilíbrio 1..... | 98  |
| Quadro 07: Questionário do teste intermediário da SDI, perguntas e imagens norteadora para os alunos enviarem suas respostas da Missão Equilíbrio 2..... | 100 |
| Quadro 08: Perguntas do Balanço Final – pós teste.....                                                                                                   | 103 |
| Quadro 09: 1ª pergunta do pré teste.....                                                                                                                 | 106 |
| Quadro 10: 2ª pergunta do pré teste.....                                                                                                                 | 107 |
| Quadro 11: 3ª pergunta do pré teste.....                                                                                                                 | 108 |
| Quadro 12: 4ª pergunta do pré teste.....                                                                                                                 | 109 |
| Quadro 13: 5ª pergunta do pré teste.....                                                                                                                 | 110 |
| Quadro 14: Categorias de atividades das Missões Equilíbrio 1 e 2.....                                                                                    | 120 |
| Quadro 15: Afirmações enviadas pelos alunos para o jogo.....                                                                                             | 123 |
| Quadro 16: Afirmações do jogo Física: Fato ou Farsa.....                                                                                                 | 127 |
| Quadro 17: Exposição das respostas quanto ao conceito de centro de massa.....                                                                            | 131 |
| Quadro 18: Exposição das respostas quanto ao conceito de equilíbrio.....                                                                                 | 132 |
| Quadro 19: Exposição das respostas quanto a porquê o “João Teimoso” sempre permanece na vertical.....                                                    | 133 |
| Quadro 20: Exposição das respostas quanto ao conceito de torque.....                                                                                     | 134 |
| Quadro 21: Exposição das respostas quanto ao conceito de equilíbrio.....                                                                                 | 135 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

|      |                                              |
|------|----------------------------------------------|
| AC   | Análise de conteúdo                          |
| AD   | Análise do discurso                          |
| BNCC | Base nacional curricular comum               |
| CG   | Centro de gravidade                          |
| CM   | Centro de massa                              |
| EM   | Ensino médio                                 |
| SD   | Sequência didática                           |
| SDI  | Sequência Didática Interativa                |
| TAS  | Teoria da aprendizagem significativa         |
| TASC | Teoria da aprendizagem significativa crítica |

## SUMÁRIO

|                                                                                                      |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                                                              | <b>1</b>  |
| <b>Da Vivência à Investigação.....</b>                                                               | <b>4</b>  |
| <b>1. CORPOS EM EQUILÍBRIO: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES DA ESTÁTICA DO CORPO RÍGIDO .....</b>           | <b>9</b>  |
| 1.1 Equilíbrio .....                                                                                 | 9         |
| 1.2 Centro de Massa .....                                                                            | 12        |
| 1.3 Centro de Massa em Sistema de Múltiplos Corpos.....                                              | 15        |
| 1.4 Equilíbrio de Um Corpo Extenso.....                                                              | 18        |
| 1.5 Torque .....                                                                                     | 21        |
| 1.6 Alavancas – corpo e ferramentas .....                                                            | 24        |
| 1.7 Corpos em Ação: Fundamentos da Estática Aplicados ao Movimento Humano.....                       | 28        |
| 1.7.1 Equilíbrio de corpos apoiados.....                                                             | 28        |
| 1.7.2 Centro de Massa e a Física no Esporte .....                                                    | 30        |
| 1.7.3 Torque no Durante o Giro Corporal.....                                                         | 32        |
| 1.7.4 Alavancas Corporais.....                                                                       | 34        |
| <b>2 CAMINHOS PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA.....</b>                                   | <b>37</b> |
| 2.1 David Ausubel e a Teoria Da Aprendizagem Significativa – TAS.....                                | 37        |
| 2.2 Origem da Teoria Da Aprendizagem Significativa Crítica – TASC e Seus Contrapontos Com a TAS..... | 48        |
| 2.3 TAS X TASC .....                                                                                 | 57        |
| 2.4 A TASC No Ensino De Física.....                                                                  | 61        |
| <b>3 METODOLOGIAS QUE FALAM: ENTRE SABERES, DISCURSOS E PRÁTICAS INVESTIGATIVAS .....</b>            | <b>65</b> |
| 3.1 Tipificação da Pesquisa .....                                                                    | 66        |
| 3.2 Pesquisa Translacional No Ensino e suas Contribuições na Unidade Teoria Prática.....             | 69        |
| 3.3 O Campo e os Atores da Pesquisa .....                                                            | 73        |

|       |                                                                                                  |     |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.3.1 | A Escola.....                                                                                    | 73  |
| 3.3.2 | Atores da Pesquisa.....                                                                          | 76  |
| 3.4   | Estratégias para a Produção dos Dados.....                                                       | 77  |
| 3.5   | Percurso Analítico: A Aplicação da Análise de Conteúdo Segundo Bardin<br>80                      |     |
| 4.    | SEQUÊNCIA DIDÁTICA INTERATIVA COMO METODOLOGIA PARA O<br>ENSINO DE ESTÁTICA DO CORPO RÍGIDO..... | 87  |
| 4.1   | Sequência Didática como Metodologia para a Aprendizagem .....                                    | 87  |
| 5     | ENTRE DADOS E DISCURSOS: PERCURSOS DE ANÁLISE NA PESQUISA<br>EM ENSINO .....                     | 104 |
| 5.1   | Balanco Inicial – explorando o ponto de partida .....                                            | 104 |
| 5.2   | Caça ao centro de massa.....                                                                     | 111 |
| 5.3   | Controle Corporal e Torque: A Física do Cotidiano .....                                          | 115 |
| 5.4   | Missão Equilíbrio 1 e 2.....                                                                     | 117 |
| 5.5   | Física: Fato ou Farsa.....                                                                       | 123 |
| 5.6   | Balanco Final .....                                                                              | 130 |
|       | CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                                                                       | 139 |
|       | REFERÊNCIAS.....                                                                                 | 143 |
|       | APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL.....                                                            | 148 |
|       | APÊNDICE B – PRÉ-TESTE .....                                                                     | 149 |
|       | APÊNDICE C – PÓS-TESTE .....                                                                     | 150 |
|       | APÊNDICE D – TESTE PROCESSUAL – MISSÕES EQUILÍBRIO.....                                          | 151 |
|       | APÊNDICE E – JOGO FÍSICA: FATO OU FARSA.....                                                     | 153 |
|       | APÊNDICE F – ALAVANCAS DIGITAIS: FERRAMENTAS PARA POTENCIALIZAR<br>O ENSINO DE FÍSICA .....      | 154 |

## INTRODUÇÃO

A dissertação de Mestrado sob o título “Estática do Corpo Rígido no Ensino Médio à Luz da Aprendizagem Significativa Crítica” partiu do seguinte problema de pesquisa: Como o estudo sobre Estática do Corpo rígido utilizando uma Sequência Didática Interativa pode contribuir para a apreensão dos conceitos sobre equilíbrio e dinâmica e suas aplicações em sala de aula com alunos do Ensino Médio?. Partimos do pressuposto de que o uso da Sequência Didática Interativa relacionada aos estudos sobre Estática do Corpo Rígido favorece aos alunos do Ensino Médio uma maior compreensão dos conceitos físicos de centro de massa, equilíbrio e torque, contribuindo não apenas para a aprendizagem significativa e crítica em sala de aula, mas, também, para o desenvolvimento da autonomia, da capacidade de observação e potencialmente na criticidade de situações do cotidiano, do raciocínio lógico, possibilitando-lhes aplicar tais conhecimentos em contextos práticos da vida diária, na tomada de decisões e no entendimento de fenômenos que envolvem estabilidade e segurança em diversas situações.

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo geral analisar como o estudo da Estática do Corpo rígido pode contribuir para a compreensão de conceitos fundamentais relacionados à dinâmica corporal e cotidiana. Como objetivos específicos 1) Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre Estática do Corpo rígido, 2) Apresentar os fundamentos teóricos da Estática do Corpo Rígido que embasam a proposta didática, 3) Correlacionar a teoria da aprendizagem significativa e crítica com os conceitos de Estática do Corpo rígido; 4) Aplicar a pesquisa translacional na unidade teoria-prática no conhecimento da Estática do Corpo Rígido, 5) Proporcionar fundamentos teóricos sobre Sequência Didática Interativa (SDI) como metodologia de ensino aprendizagem para apreensão dos fundamentos teóricos da Estática do Corpo Rígido; 6) Avaliar o desenvolvimento da aprendizagem dos alunos a partir da comparação entre o pré e o pós-teste considerando suas construções discursivas sobre o conteúdo de Estática do Corpo Rígido, 7) Produzir uma Sequência Didática Interativa como produto educacional sobre Estática do Corpo rígido para proporcionar reflexões acerca de conceitos de centro de massa, equilíbrio de um corpo extenso, tipos de equilíbrio e torque.

A Física, como ciência que busca compreender os fenômenos naturais por meio da observação, experimentação e modelagem, tem grande potencial formativo

para os estudantes da educação básica. No entanto, observa-se um cenário recorrente em muitas escolas brasileiras: a Física é percebida como uma disciplina difícil, distante e pouco conectada com as experiências vividas pelos alunos (Moreira, 2021). Essa percepção não apenas reduz o interesse pela área, mas também compromete o processo de aprendizagem, transformando conteúdos que poderiam ser significativos em meras fórmulas decoradas para provas.

Tendo em vista tal processo, os estudantes chegam ao Ensino Médio para estudar Física carregando uma concepção negativa e cristalizada sobre a disciplina. Para a maioria, a Física é vista como um conhecimento inacessível, excessivamente abstrato e desvinculado da realidade cotidiana (Enbang, 2016). Dessa forma, a expectativa dos alunos em relação à disciplina se limita a estratégias mínimas de aprovação, sem envolvimento afetivo ou cognitivo com os temas propostos, o que pode diretamente a aprendizagem significativa.

Essa desconexão entre os conteúdos escolares e a realidade dos estudantes é particularmente evidente quando se trata do currículo do 1º ano do Ensino Médio, enfatizando o tema do presente trabalho, inclusive Estática do Corpo Rígido, tema que abrange conceitos como centro de massa, torque e equilíbrio e que estão dispostos como últimos assuntos do ano letivo. Embora esses conceitos estejam presentes em inúmeras situações cotidianas, desde manter o corpo equilibrado em pé, até carregar uma mochila ou praticar esportes, seu ensino tradicional tende a restringir-se a problemas idealizados e abstratos, sem vínculo com o contexto de vida dos alunos. Como consequência, a aprendizagem torna-se superficial e limitada à memorização de definições e equações, sem a devida compreensão conceitual ou aplicabilidade prática (Moreira, 2021).

Diante do exposto, foi construída uma Sequência Didática Interativa com uma abordagem significativa e crítica, centrada na relação entre corpo e conceito, afim de contribuir para ressignificar o ensino da Estática do Corpo Rígido, ao propor uma Sequência Didática Interativa como metodologia que envolveu práticas experimentais simples fazendo uso de corpo e objetos, simulações, avaliações gamificadas e a criação de um jogo como recurso para vivenciar os conceitos de centro de massa, torque e equilíbrio. Com esta abordagem espera-se romper com a ideia da Física como algo distante e inacessível. A vivência prática, aliada à mediação reflexiva do professor e ao reconhecimento dos saberes prévios dos alunos, tem o potencial de



aproximar os estudantes dos conceitos físicos de forma contextualizada e experiencial e, por conseguinte, do novo conhecimento (Moreira, 2021).

No âmbito deste trabalho, foi possível estabelecer uma correlação entre os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC), proposta por Marco Antônio Moreira (2010), e os fundamentos da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (2003), articulando-os aos conceitos de Estática do Corpo Rígido com o objetivo de embasar teoricamente a proposta pedagógica desenvolvida. Essa abordagem fundamenta-se na valorização dos conhecimentos prévios dos estudantes, na contextualização dos conteúdos e na atuação mediadora e intencional do professor. A criticidade da aprendizagem foi evidenciada por meio dos discursos e das decisões tomadas pelos alunos ao longo da sequência didática.

Para unir a proposta da SDI com as teorias da aprendizagem foi feito uso da pesquisa translacional como estratégia metodológica para aproximar o conhecimento científico da sua aplicação no contexto pedagógico. Ao integrar experiências corporais, simulações virtuais e práticas reflexivas, a proposta buscou não apenas favorecer a compreensão conceitual dos fenômenos físicos, mas também fomentar práticas educativas mais engajadas, críticas e transformadoras, capazes de ressignificar o ensino de Física a partir da realidade e dos saberes dos próprios estudantes.

A presente pesquisa caracteriza-se por uma abordagem qualitativa (Bogdan e Biklen, 1994; Pregoner, 2024), cujo foco está na compreensão e interpretação dos significados atribuídos pelos estudantes aos conceitos de Física, especialmente os relacionados à Estática do Corpo Rígido. Optou-se por esse tipo de investigação por ela ser de natureza descritiva e permitir acessar as construções subjetivas dos participantes, suas linguagens, argumentações e modos de pensar. Seu objetivo é identificar e compreender os aspectos mais relevantes da realidade investigada, atribuindo centralidade aos significados construídos pelos participantes. Essa perspectiva também favorece um diálogo entre o pesquisador e os sujeitos, promovendo uma construção conjunta de sentidos.

A análise dos dados seguiu os princípios da Análise de Conteúdo de Bardin (2011), que permitiu categorizar e interpretar as respostas dos alunos no pré-teste, nas atividades e no pós-teste, a partir de núcleos de sentido presentes nas falas e registros. Essa estratégia de análise garantiu rigor metodológico à investigação e

possibilitou evidenciar as transformações conceituais ocorridas ao longo da SDI, bem como a apropriação crítica da linguagem científica por parte dos estudantes.

A pesquisa foi desenvolvida no contexto escolar, em uma instituição da rede privada de ensino localizada na cidade de Parnaíba, Piauí, denominada Organização Educacional Cristo, situada na região central do município. Os participantes do estudo foram 14 estudantes pertencentes a uma turma do 2º ano do Ensino Médio. O conteúdo curricular faz parte do 1º ano do Ensino Médio, contudo, devido a uma agenda da escola, não foi possível executar a pesquisa ainda no final do ano letivo deles de 1º ano, e, para fim também de cumprir uma agenda de conteúdo ainda do 1º ano do Ensino Médio, foi planejado previamente pela professora o deslocamento do conteúdo para o início do 2º ano letivo dos alunos. Em suma, o alvo da pesquisa são alunos de 1º ano do Ensino Médio no final do seu ano letivo.

### **Da Vivência à Investigação**

Refletir sobre o percurso de formação pessoal e profissional é reconhecer que a pesquisa não nasce de um ponto neutro, mas é atravessada por experiências, vivências e escolhas que moldam o olhar do pesquisador. Como aponta Moreira (2010), toda construção de conhecimento carrega marcas da trajetória de quem a produz, suas referências, inquietações e valores. Nesta seção, compartilho elementos da minha trajetória enquanto estudante e pesquisadora, destacando como minha relação com o ensino de Física, aliada a experiências formativas significativas, despertou meu interesse pela aprendizagem significativa crítica e pela busca por metodologias mais dialógicas, engajadas e transformadoras. Ao revisitar meu próprio itinerário, torno explícitas as bases que sustentam as escolhas teóricas, metodológicas e temáticas deste trabalho.

Desde os primeiros anos da minha trajetória escolar, sempre tive uma afinidade natural com cálculos e disciplinas da área das exatas. Quando tive meu primeiro contato com a Física, no 1º ano do ensino médio, essa afinidade se manteve, embora, à época, ainda não soubesse que essa disciplina viria a ocupar um papel tão central na minha vida. A compreensão de que a docência era minha verdadeira vocação, e que a Física seria o campo por onde eu trilharia esse caminho, veio aos poucos, mas se consolidou de forma intensa e definitiva já no primeiro período da graduação. A partir dali uma identificação profunda se estabeleceu, e o vínculo com o curso e com a profissão se fortaleceu continuamente.

Ingressei no ano de 2012 no curso de Licenciatura em Física, pelo Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Piauí – IFPI, campus Parnaíba e concluí em 2017.2. Assim que iniciei a graduação iniciei a participação em projetos de pesquisa, divulgação científica e ensino com o Grupo Observacional de Astronomia – GOA. No mesmo período, fiz parte do PIBID – Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência, financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior – CAPES durante 3 anos o que me proporcionou a participação em inúmeros eventos voltados para inovação e educação.

Dentre os meus principais trabalhos publicados estão: Dominó de Partículas e Revista Passa Tempo - Física Moderna: A Utilização de Jogos Didáticos Como Incentivo ao Aprendizado de Física no XXXIII Encontro de Físicos do Norte e Nordeste em 2015, esta produção visava verificar e popularizar entre os professores o uso de jogos como metodologia alternativa de ensino; também fiz parte do desenvolvimento de outro trabalho para este evento que foi o resumo de título Uma Aplicação de Física em Curso Superior: O Ensino de física Presente na Fisioterapia que visava expor aos alunos do ensino médio a Física presente em outros cursos de graduação e profissões.

Ao longo dos anos me envolvi ativamente com projetos de ensino de física, como através da Astronomia e com estudo sobre metodologias alternativas para tornar a Física cada vez mais atrativa para os alunos. Durante o curso superior fui por três períodos monitora no qual destaco duas delas, das disciplinas de Laboratório de Física Básica Experimental e Laboratório de Fluidos e Ondas. O que tanto as produções como as monitorias me conectaram diretamente com o tema da presente pesquisa uma vez que associa uma ferramenta onde o aluno se torna agente ativo, na outra associa a Física ao corpo humano, tema que irá aparecer lá na seção 1.7. Também conecta a experiência com práticas laboratoriais às minhas escolhas de levar práticas para sala de aula, expandindo para as simulações atualmente.

Trabalho como profissional na Educação Básica há 12 anos, desde o início da graduação. Iniciando com a disciplina de Matemática nas séries finais do ensino fundamental durante 3 anos na rede privada de Parnaíba – PI, em seguida iniciei no ensino médio da rede pública através da Secretaria de Educação do Piauí (SEDUC – PI) com Física até o início de 2021. Passei por várias escolas da rede pública de Parnaíba – PI com a disciplina da Base Nacional Curricular Comum (BNCC) entre ensino regular, técnico e ensino de jovens e adultos – EJA; dentre esses anos o mais

desafiador foi trabalhar com o EJA pois a bibliografia disponível publicada é muito escassa e não há muita orientação, buscando contornar essa situação, atraí-los para a Física e fazê-los aprender cada vez mais, comecei a desenvolver atividades práticas utilizando brinquedos para demonstrar fenômenos Físicos, onde é uma metodologia que têm dado certo até os dias de hoje no ensino médio.

Anterior ao EJA, para proporcionar um melhor aprendizado e prender atenção dos alunos, eu estava utilizando de práticas de baixo custo como avaliação qualitativa, pois na maioria das escolas onde trabalhei o sistema de ensino previa uma avaliação quantitativa no modelo tradicional e uma avaliação qualitativa no qual os professores ficavam livres para escolher a forma de avaliação, a minha era mediante apresentação de experimentos, explicação e entrega de relatório da prática.

De todos os anos a maior experiência profissional, no quesito equipe e crescimento profissional foi ao entrar para o corpo docente do CEMRA – Centro Educa Mais Raimundo Araújo no ano de 2021, escola esta que passou a funcionar como escola Integral no ano de 2018; nesta escola obtive experiência com laboratório de física voltado para o ensino médio nas séries de 1° e 2° ano onde atuei, me deparei com o desafio de ministrar a disciplina de eletiva da base diversificada por quase 3 semestres. No final de 2021 participei do Edital de Bolsa de Formação 02/2022 do Instituto Estadual de Educação, Ciências e Tecnologia – IEMA onde fui chamada em maio de 2022 e permaneci durante o mesmo ano.

Atualmente atuo na cidade de Parnaíba – Piauí, na Organização Educacional Cristo, como professora de Física, Laboratório Maker e Robótica, no qual leciono do 1° ao 3° ano do Ensino Médio a disciplina de Física, Laboratório Maker do 6° ao 9° ano do Ensino Fundamental e Robótica no 1° e 2° ano do Ensino Fundamental e no 2° ano do Ensino Médio, no qual a Robótica para os anos iniciais visa o desenvolvimento amplo dos alunos para além da tecnologia, já no ensino médio o objetivo da Robótica visa um desenvolvimento potencialmente profissional para o desenvolvimento de softwares, objetivando o planejamento desse ano, a criação de jogos digitais.

Até o presente ano, desde a época do PIBID, tenho feito parte da organização e aplicação de olimpíadas nas escolas onde trabalho, sendo uma grande entusiasta destas competições educativas pois acredito que seja uma oportunidade valiosa para meus alunos, é o momento em que eles podem pensar além das disciplinas da BNCC separadas, usando da interdisciplinaridade, podem adquirir experiências para

engrandecimento pessoal e intelectual por meio das provas teóricas e, principalmente, as práticas; sendo assim todos os anos eu atuo ativamente na Olimpíada Brasileira de Astronomia – OBA, Olimpíada Brasileira de Foguetes – OBAFOG.

Tendo uma trajetória tão plural e vasta de experiências, dentre as quais trabalhar com disciplinas eletivas me proporcionou ampliar mais ainda a perspectiva de que o ensino de Física não precisa ser algo fixo, engessado nos moldes que existem desde que conhecemos a escola como ela é. Interdisciplinaridade, multidisciplinaridade e a transdisciplinaridade viraram uma necessidade e uma realidade na minha prática docente após trabalhar com tantas possibilidades principalmente na escola integral.

Associada a isso, há uma paixão pela Física e a materialização dela para mim e para a exposição aos alunos e pessoas ao meu redor. Como bailarina e entusiasta dos esportes, consegui observar uma potencial ferramenta para ensinar a Física de uma perspectiva mais inovadora e a partir de um interesse. Na escola em que atuo há um movimento muito grande dos alunos para as práticas esportivas e percebi muitas conversas relacionadas ao tempo, bem como uma dedicação.

Tendo em vista o exposto, surgiu a ideia de utilizar a Estática do Corpo Rígido como tema da Física para proporcionar uma aprendizagem significativa e crítica, uma vez que é um conteúdo que as vezes fica no final do 1º ano do Ensino Médio e é passado de forma as vezes extremamente abstrata. Percebi na possibilidade de envolver práticas, simulações e o uso de movimentos corporais como um potencial motivador da aprendizagem.

Inicialmente o projeto deveria ter sido aplicado quando a turma ainda estava no 1º ano do Ensino Médio, contudo devido a agenda da escola e intercorrências do mestrado, o assunto foi ajustado para ser lecionado no início do 2º ano do Ensino Médio para não perder a conexão com a série anterior. A turma conta com 22 alunos, porém há uma inassiduidade de alguns alunos, resultando na presença constante de apenas 16 alunos em todas as etapas.

A presente pesquisa foi estruturada em introdução, 5 seções e as considerações finais: a primeira seção conta com a o caminho teórico da Estática do Corpo Rígido no qual apresenta a teoria e correlaciona com estudos propostos aplicados a prática com o corpo; a segunda trata do aporte da teoria da aprendizagem significativa e crítica, um visão contraponto as duas teorias e suas relações com o ensino de Física; a terceira conta com a metodologia da pesquisa, campo, atores da

pesquisa, estratégia para produção dos dados e aporte teórico da análise; a quarta seção discorre sobre a Sequência Didática Interativa e conta com a SDI construída por este estudo; a quinta seção traz a exposição e análise dos dados obtidos com a pesquisa e por fim, as considerações finais evidenciam as significações conclusivas a respeito do estudo. Logo após as referências utilizadas nesta pesquisa, consta os apêndices do estudo com os questionários, afirmações do jogo criado pelos alunos e o produto educacional final desta dissertação.

## **1. CORPOS EM EQUILÍBRIO: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES DA ESTÁTICA DO CORPO RÍGIDO**

Este capítulo tem como objetivo apresentar os fundamentos teóricos da Estática do Corpo Rígido que embasam a proposta didática desenvolvida nesta pesquisa, contribuindo para a articulação entre o conhecimento científico específico, a teoria da aprendizagem, a metodologia e a prática pedagógica crítica no ensino de Física.

Todos possuem algum conhecimento empírico de Física; entretanto, muitas vezes não reconhecem que tais saberes pertencem a esse campo científico. Partindo do pressuposto que o senso comum é algo enraizado na rotina das pessoas, o ser humano nasce, cresce, chega à vida adulta se desenvolvendo no meio desse processo e, mesmo indo à escola, muitas vezes não dá nomes científicos as coisas ao seu redor. Vemos muito no cotidiano coisas relacionadas a fala, a língua portuguesa, como dialetos locais e identidade linguística de inúmeras categorias.

O que, entretanto, frequentemente não se observa é que diversos fenômenos físicos, embora estejam associados a conceitos e definições específicas da área e sejam formalmente ensinados na escola, são comumente interpretados pelo senso comum de maneira não científica, sem que sejam explicitamente relacionados à Física enquanto ciência. Por exemplo, é de senso comum que se tentar levantar da cadeira sem projetar o tronco pra frente não vai conseguir levantar, ou se ficar em uma perna só sem jogar o peso do corpo pra perna vai acabar caindo. As vezes as pessoas até conhecem a palavra equilíbrio, uma ou outra menciona nos casos anteriormente citados, mas sem uma estrutura formal de conhecimento.

Este capítulo visa tratar dos conceitos Físicos por trás da Estática do Corpo Rígido para dar suporte ao trabalho e servir como base para professores em estudos posteriores ou contínuos a este, de maneira concisa, explicativa e visual para reunir os conceitos de livros do Ensino Básico e Superior.

### **1.1 Equilíbrio**

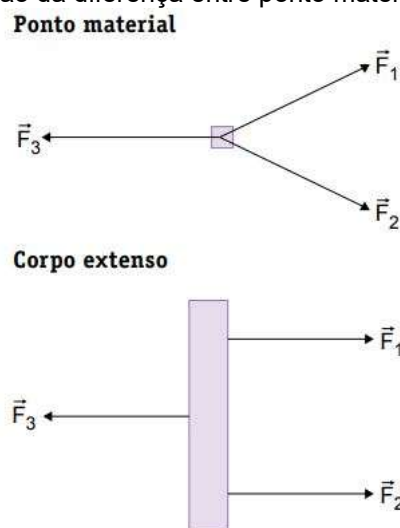
A palavra Equilíbrio pode remeter a inúmeros conceitos diferentes se não for colocada com um objetivo; os químicos podem pensar no equilíbrio químico de uma reação, segundo Godoy *et al.* (2020, p. 53) “O biólogo provavelmente pensará em equilíbrio do meio interno do corpo, também chamado de homeostase, ou o equilíbrio ecológico do ambiente.” Na atualidade equilíbrio pode remeter a vida social, como

equilibrar trabalho, família e vida pessoal, por exemplo. As definições são inúmeras e dentro da própria Física precisamos iniciar com a delimitação de alguns conceitos prévios.

Dentro dos conceitos de Dinâmica são estudados os seguintes critérios de análises: ponto material e corpo extenso. Podemos defini-los da seguinte forma:

- Ponto material – é um objeto no qual as dimensões são desprezíveis em relação ao estudo que está sendo feito. Por exemplo, um carro pequeno andando em uma rodovia longa, suas dimensões não serão necessárias para o estudo, só será necessário grandezas como velocidade e aceleração a depender do que está sendo analisado.
- Corpo extenso – é um objeto que se faz necessário considerar suas dimensões como largura e comprimento para o estudo. Por exemplo, um caminhão transitando em uma ponte, normalmente estudos de análise de tempo de ultrapassagem necessitam além de grandezas de velocidade, analisar-se a extensão do caminhão para saber em quanto tempo ele irá passar completamente a ponte.

Figura 1.1: Ilustração da diferença entre ponto material e corpo extenso.



Fonte: Planejativo. Disponível em: <https://app.planejativo.com/estudar/263/resumo/fisica-estatica-de-um-ponto-material>. Acesso em: 23 de maio de 2025.

A figura 1.1 mostra dois exemplos de aplicações onde se aplicam os conceitos de análise. Em ambos os casos estão sendo analisadas as forças atuantes nos corpos. Na parte superior da imagem vemos que as três forças atuam em direções e sentidos diferentes em uma única região, devido ao tamanho do corpo, podemos



supor que todas partem de um mesmo ponto, fazendo assim com que analisemos o corpo como sendo um ponto material.

Já na parte inferior da figura 1.1 é possível ver um corpo mais alongado, tendo uma largura considerável e principalmente um comprimento relevante, logo a disposição destas forças, mesmo que duas de um lado e uma do outro, importa muito na análise para determinação da força resultante, uma vez que ela poderá mudar de acordo com a configuração das três forças.

No ponto material o equilíbrio pode ser fisicamente definido como um estado onde o corpo está estável, sem oscilações ou movimento variado, ou seja, em um estado de repouso ou movimento retilíneo uniforme (Godoy *et al.*, 2020). Logo, tomando como fase a figura 1, podemos definir matematicamente como (Barreto e Xavier, 2016):

$$F_R = F_1 + F_2 + F_3 = 0$$

no qual  $F_R$  é a força resultante que é a soma de todas as outras forças  $F_1$ ,  $F_2$  e  $F_3$  atuantes no corpo, que para estar em repouso, a soma desses valores tem que ser nula.

Segundo Godoy *et al.* (2020) de acordo com a Primeira Lei de Newton, quando as forças que atuam sobre um corpo são nulas o corpo pode estar em estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme, logo em equilíbrio. Por conta dessas possibilidades, existem dois tipos de equilíbrio: o estático e o dinâmico.

$$\overrightarrow{F_R} = 0$$

logo, pela Segunda Lei de Newton podemos concluir que:

$$\vec{a} = 0$$

e a aceleração  $\vec{a}$  sendo nula a velocidade é constante, levando as seguintes conclusões:

- $v = 0 \rightarrow$  equilíbrio estático por repouso
- $v \neq 0 \rightarrow$  equilíbrio dinâmico por estar em movimento uniforme

Ao reconhecer que a ausência de aceleração e as condições de velocidade resultam de forças que se anulam mutuamente, criamos uma base sólida para compreender fenômenos mais complexos. Com isso, a próxima seção se volta ao estudo do centro de massa, aprofundando a análise da distribuição da matéria em

corpos extensos e sua influência na estabilidade e no comportamento físico dos sistemas.

## 1.2 Centro de Massa

Tais considerações podem ser utilizada também para os corpos extensos a partir da definição e conhecimento de outro conceito básico deste tema, o centro de massa. Podemos definir o centro de massa (CM) como sendo o ponto de um corpo, ou sistema de massas, que se comporta como se toda a massa do sistema estivesse concentrada nele (Halliday *et al.*, 2012). Um exemplo deste fenômeno está sendo mostrado na figura 1.2 abaixo, no qual um taco de baisebol faz uma trajetória parabólica girando em torno do seu próprio eixo onde se localiza o CM.

Figura 1.2: Um taco de baisebol fazendo uma trajetória parabólica onde o ponto preto representa o centro de massa.



Fonte: Halliday *et al.*, 2012, p. 207.

O conceito de centro de massa é especialmente útil porque permite simplificar a análise de movimentos complexos. Ao estudar um corpo extenso em rotação ou translação, pode-se considerar que todos os efeitos das forças externas aplicadas ao sistema agem como se estivessem concentrados em um único ponto: o centro de massa. Isso não apenas facilita o tratamento matemático das situações físicas, como também contribui para uma compreensão mais intuitiva do comportamento dos objetos em movimento ou em equilíbrio.

Devido a diferença de distribuição de massa nos corpos, existem duas análises. A mais simples é o corpo homogêneo. Podemos considerar um corpo homogêneo aquele que tem simetria de eixo e plano. Em alguns desses casos o CM coincide com

o centro de gravidade (CG), ponto onde se aplica toda a força peso<sup>1</sup> que atua sobre o corpo (Barreto e Xavier, 2016).

Figura 1.3: Exemplos de corpos homogêneos e seus centros de massa.



Fonte: Barreto e Xavier, 2016, p. 245.

Na figura 1.3 contém objetos, o primeiro é uma figura geométrica plana, um retângulo homogêneo onde o encontro das suas diagonais localiza o CM, o segundo é uma esfera, uma figura geométrica espacial, lugar que o CM se localiza exatamente no centro da esfera, no qual este ponto tem exatamente a mesma distância entre centro e borda para qualquer um dos lados. Por fim o terceiro é a demonstração de que um objeto homogêneo de figura geométrica fechada possui o seu CM exatamente no centro.

Já o CM em corpos não homogêneos, ou seja, quando a massa é distribuída ao longo do volume de forma não uniforme, o cálculo e a localização do centro de massa tornam-se mais complexos, pois não é suficiente considerar apenas a forma geométrica do objeto. Nesses casos, é necessário levar em conta como a densidade varia em diferentes regiões do corpo. O CM será deslocado na direção da região mais densa, refletindo o desequilíbrio na distribuição de massa.

Por exemplo, se pensarmos em uma vassoura, com seu cabo e escova juntos, o centro de massa não estará na metade do cabo, o CM estará mais deslocado para próximo da escova. Há casos também em que o CM não se localiza dentro da figura geométrica do objeto, como em alguns modelos de bumerang.

<sup>1</sup> Força peso: é a força que surge a partir da interação de um corpo com um campo gravitacional, também descrita pela Segunda Lei de Newton:  $F = m \cdot a$ , onde  $m$  é a massa total do corpo e  $a$  é a aceleração da gravidade do planeta, ou corpo celeste, onde o objeto se encontra (Godoy *et al.*, 2020, p. 26; Halliday *et al.*, 2012, p. 100).

Figura 1.4: Exemplo de centro de massa de um corpo não homogêneo.



Fonte: Adaptado Astropt, 2020. Disponível em: <https://www.astropt.org/2020/03/03/quando-a-ciencia-precedeu-a-etica-historias-de-experiencias-em-humanos-parte-iii/>. Acesso em: 23 maio 2025.

A figura 1.4 é uma ilustração de um corpo não homogêneo, um conhecido boneco João Teimoso. Este boneco costuma ter uma alta concentração de massa na parte inferior e a parte superior basicamente composto de ar ou um material com pouquíssima densidade, fazendo assim com que seu centro de massa seja muito próximo da parte inferior. Este brinquedo é conhecido pelas crianças por fazer jus ao nome, pois a criança pode empurrar, mas ele não deita de forma alguma devido ao seu CM ser muito baixo, o seu estado natural é de pé, logo ele não pode ser derrubado.

Figura 1.5: Bumerang do tipo salvador.



Fonte: Adaptado de Bumerssa, 2012. Disponível em: <https://bumerssa.blogspot.com/2012/11/centro-de-gravidade.html>. Acesso em: 23 maio 2025.

Vale ressaltar que os conceitos de CM e CG podem se confundir muito, uma vez que falam com relação a concentração de massa e atuação de forças, contudo o bumerang salvador, imagem da figura 1.5, pode exemplificar muito bem esta diferença uma vez que seu centro de gravidade se localiza fora do corpo, porém a sua concentração de massa fica na região do meio onde está o ponto vermelho. Em

resumo, o CM é a concentração da massa do corpo e CG é o ponto onde a força peso atua. No caso do bumerang salvador, o desenho que ele faz no ar é em torno do seu CG, uma figura quase similar a figura 1.2 do taco de balsebol.

Logo, concluímos que o centro de massa é um ponto fundamental para compreender o equilíbrio e o movimento de corpos extensos, pois representa a média ponderada da distribuição de massa e determina como o corpo reage às forças aplicadas. Essa noção se torna ainda mais relevante quando lidamos com sistemas compostos por mais de um corpo. Sendo assim, a próxima seção abordará o cálculo e a interpretação do centro de massa em sistemas de múltiplos corpos, ampliando a compreensão sobre sua aplicação em contextos mais complexos e realistas.

### 1.3 Centro de Massa em Sistema de Múltiplos Corpos

A compreensão do centro de massa é essencial para o estudo da Estática e da Dinâmica dos corpos, especialmente quando lidamos com sistemas compostos por múltiplas partículas. Em situações no qual os corpos podem ser considerados como pontos materiais, ou seja, quando suas dimensões são desprezíveis frente ao problema analisado, torna-se possível tratar o sistema como um conjunto de corpos pontuais.

O centro de massa, nesse contexto, representa um ponto de equilíbrio do sistema, onde toda a massa poderia ser concentrada para fins de análise do movimento e das interações. De acordo com Nussenzveig (2002) essa definição é útil, por exemplo, na análise de movimentos de corpos compostos, colisões e na aplicação das leis de Newton a sistemas mais complexos.

Para determinar a posição do centro de massa de um sistema de partículas localizadas em posições conhecidas, utiliza-se uma média ponderada das posições de cada partícula pela respectiva massa.

$$\vec{R} = \sum_{i=1}^n \frac{m_i \cdot r_i}{m_i} \quad (01)$$

no qual o  $\vec{R}$  é o vetor posição do centro de massa,  $m_i$  é a massa,  $r_i$  é a posição e isso é válido para todos os corpos envolvidos até a  $n$ -ésima massa e posição (Nussenzveig, 2002; Micha e Ferreira, 2013).

Villas Boas *et al.* (2012) destacam que essa abordagem permite simplificar problemas de equilíbrio e movimento, convertendo um sistema distribuído em um

ponto de aplicação de forças e torques. O cálculo é feito separadamente para cada coordenada, o que viabiliza a análise tanto em uma quanto em duas ou três dimensões, o vetor se tornando  $\vec{R} = X + Y + Z$  e a posição sendo definida a partir das seguintes equações:

$$X = \sum_{i=1}^n \frac{m_i \cdot x_i}{m_i} \quad (02)$$

$$Y = \sum_{i=1}^n \frac{m_i \cdot y_i}{m_i} \quad (03)$$

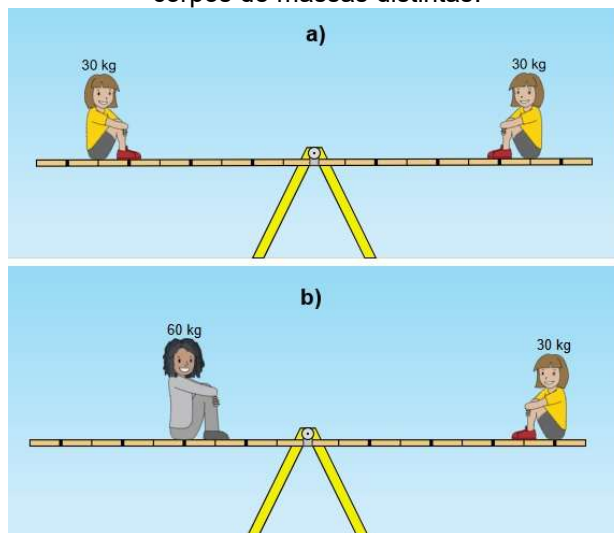
$$Z = \sum_{i=1}^n \frac{m_i \cdot z_i}{m_i} \quad (04)$$

Outro aspecto importante, mencionado por Nussenzveig (2002), é que a posição do centro de massa depende não apenas da distribuição espacial das partículas, mas também de suas massas relativas. Assim, em um sistema composto por uma partícula muito mais massiva que as demais, o centro de massa tenderá a se localizar mais próximo a ela.

Imagine uma gangorra em equilíbrio com duas crianças de massas diferentes sentadas em lados opostos. Para que a gangorra fique equilibrada (ou seja, em repouso sem girar), o centro de massa do sistema formado pelas duas crianças e pela gangorra precisa estar exatamente sobre o ponto de apoio (fulcro) (Villas Bôas *et al.*, 2012).

A figura 1.6 ilustra duas situações diferentes utilizando da gangorra. A figura 1.6a) o cálculo do centro de massa permite descobrir a que distância cada criança deve se sentar para equilibrar a gangorra. Se os dois corpos possuírem a mesma massa, as posições do ponto de apoio têm que ser equidistantes, já se uma pessoa for mais pesada que a outra, como mostra a figura 1.6b), ela deve se sentar mais perto do centro, enquanto a mais leve precisa se afastar mais.

Figura 1.6: Equilibrando dois corpos em uma gangorra. a) com corpos de massas iguais. b) com corpos de massas distintas.



Fonte: Elaboração própria utilizando o simulador *PhET Interactive Simulations*. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_all.html). Acesso em: 31 de maio de 2025.

Para ilustrar a aplicação do conceito de centro de massa em um sistema discreto de partículas, considera-se um exemplo composto por três massas pontuais dispostas sobre um plano cartesiano. A primeira partícula possui massa de  $2\text{ kg}$  e encontra-se na origem do sistema de coordenadas, no ponto  $(0, 0)$ . A segunda apresenta massa de  $3\text{ kg}$  e está localizada na posição  $(4, 0)$ , enquanto a terceira, com massa de  $5\text{ kg}$ , está posicionada em  $(2, 3)$ . Tais valores foram definidos com o propósito de permitir um cálculo direto, mas suficientemente robusto, da posição do centro de massa.

A determinação do centro de massa para um sistema de partículas requer o uso da média ponderada das posições que está descrito na equação 01 que para a situação proposta bidimensional, utilizaremos a equação na forma das equações 02, 03 e 04. Aprofundando a equação para um problema com 3 corpos, iremos utilizar:

$$X = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + m_3x_3}{M} \quad (05)$$

$$Y = \frac{m_1y_1 + m_2y_2 + m_3y_3}{M} \quad (06)$$

no qual  $M = m_1 + m_2 + m_3$ , logo substituindo os valores  $M = 2 + 3 + 5 = 10\text{ kg}$ . Substituindo os demais valores nas equações 05 temos:

$$X = \frac{2.0 + 3.4 + 5.2}{10}$$

$$X = \frac{0 + 12 + 10}{10} = \frac{22}{10}$$

$$X = 2,2 \quad (07)$$

e para a coordenada  $Y$ :

$$Y = \frac{2.0 + 3.0 + 5.3}{10}$$

$$Y = \frac{0 + 0 + 15}{10} = \frac{15}{10}$$

$$Y = 1,5 \quad (08)$$

Os valores encontrados nas equações 07 e 08 significam que o centro de massa está localizado nas coordenadas  $R = (2,2; 1,5)$  de um plano cartesiano bidimensional. Esse resultado revela que o ponto de equilíbrio do sistema, aquele em que a ação de forças externas produziria uma translação pura, sem rotação, está deslocado em relação às posições individuais das partículas, refletindo a influência desigual de suas massas.

A análise do centro de massa em sistemas compostos permitiu compreender como diferentes distribuições de massa influenciam o comportamento coletivo de um conjunto de corpos. Vimos que o cálculo do centro de massa é essencial para prever o movimento e as interações dentro desses sistemas, servindo como base para reflexões mais amplas sobre equilíbrio e estabilidade. Com esse entendimento consolidado, avançaremos na próxima seção para o estudo do equilíbrio do corpo extenso, aprofundando a discussão sobre as condições necessárias para que esses corpos permaneçam estáticos ou em movimento uniforme diante das forças e torques que atuam sobre eles.

#### 1.4 Equilíbrio de Um Corpo Extenso

Após a compreensão dos conceitos fundamentais de equilíbrio aplicados ao ponto material, é necessário avançar para uma análise mais realista e abrangente, que considere os corpos como entidades extensas, dotadas de forma, dimensão e distribuição de massa. Essa transição é essencial para lidar com situações cotidianas e tecnológicas em que os efeitos das forças não se restringem apenas à translação, mas também à possibilidade de rotação em torno de um eixo. Enquanto o equilíbrio de um ponto material está condicionado apenas à soma das forças que atuam sobre



ele, o equilíbrio de um corpo extenso exige a consideração simultânea das forças e dos torques envolvidos.

Aplicando a teoria do equilíbrio ao corpo extenso, Barreto e Xavier (2016) definem que o corpo está em equilíbrio quando obedece a duas condições:

- 1ª Condição: o corpo não translada com aceleração.

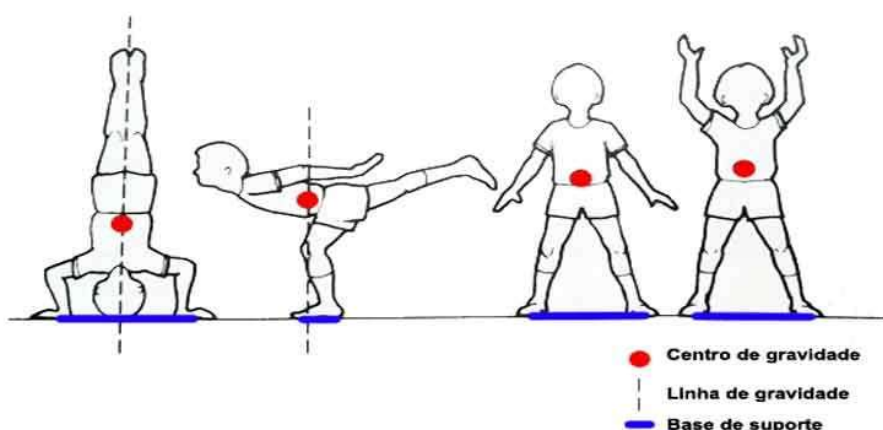
$$\vec{R} = \sum \vec{F} = 0$$

- 2ª Condição: o corpo não rotaciona.

$$\sum M = 0$$

O corpo humano se comporta como um corpo extenso, obedecendo assim a todas as condições e fenômenos citados anteriormente. Para ilustrar melhor, observe a figura 1.7 abaixo. Vale ressaltar que a figura está exemplificando o movimento do corpo masculino, pois a distribuição de massa do corpo feminino é diferente devido a morfologia específica da mulher na parte superior do tronco (Lemos e Teixeira, 2009), logo não obedece à mesma posição.

Figura 1.7: CM de um corpo humano masculino.



Fonte: Redu. Disponível em: <https://redu.com.br/fisica/centro-de-gravidade-e-tipos-de-equilibrio/>. Acesso em: 23 maio 2025.

No cotidiano, situações como permanecer em pé em um transporte em movimento, equilibrar uma escada contra a parede ou posicionar corretamente uma cadeira sobre um piso irregular envolvem diferentes formas de equilíbrio que influenciam diretamente a segurança e a estabilidade. Esses exemplos ilustram como, mesmo após atender às condições fundamentais de equilíbrio, um corpo pode apresentar comportamentos distintos diante de pequenas alterações em sua configuração. Assim, somos levados ao estudo dos tipos de equilíbrio: estável,

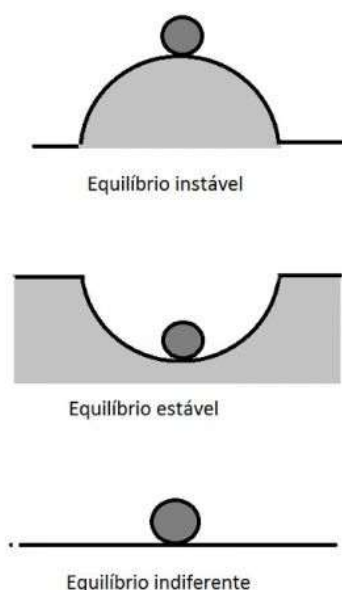
instável e indiferente; permitindo uma análise mais refinada da estabilidade dos corpos e amplia a compreensão de como a distribuição da massa e a posição do centro de massa afetam o comportamento físico dos sistemas no mundo real (Geekie one, 2025).

Se pensarmos numa cadeira, em seu perfeito estado de uso, quando ela é levemente empurrada ou inclinada, a sua tendência natural é voltar para o seu estado de pé. Isso acontece porque o centro de massa sobe durante a inclinação e, ao ser liberada, a gravidade atua para restaurar o corpo à posição de menor energia potencial. Este equilíbrio se chama estável.

Já o equilíbrio instável pode ser exemplificado ao tentar equilibrar uma vassoura na palma da mão. Se você tentar equilibrá-la e der um pequeno empurrão, ela rapidamente cairá. Isso ocorre porque o centro de massa do sistema está alto, e qualquer deslocamento lateral faz com que a força gravitacional amplifique esse movimento.

Uma outra situação é uma bola rolando em uma superfície plana. Ao ser deslocada, a bola continua em equilíbrio, apenas em uma nova posição. Seu centro de massa permanece à mesma altura, e nenhuma força a empurra de volta ou a afasta do ponto inicial. Assim, o equilíbrio não muda, ele é indiferente ao deslocamento. Sendo chamado assim de equilíbrio indiferente.

Figura 1.8: Exemplos dos tipos de equilíbrio em situações similares.



Fonte: Mundo educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/equilibrio-estatico-dinamico.htm>. Acesso em: 23 maio 2025.

Na figura 1.8 podemos ver a diferença entre os tipos de equilíbrio em uma situação bem similar em todos os casos. O que já foi citado anteriormente, o equilíbrio indiferente, é uma bola rolando em uma superfície plana, ela pode assumir diferentes estados de repouso de acordo com seu rolamento. No equilíbrio estável temos uma bola em um vale, uma superfície funda arredondada maior que a bola, e uma vez colocada neste vale, haverá a busca por uma posição estável natural ao corpo. Em contrapartida, no topo de uma superfície arredondada, será extremamente difícil conseguir que a bola fique em repouso, uma vez que será quase impossível alcançar um estado de equilíbrio natural (*Geekie one*, 2025).

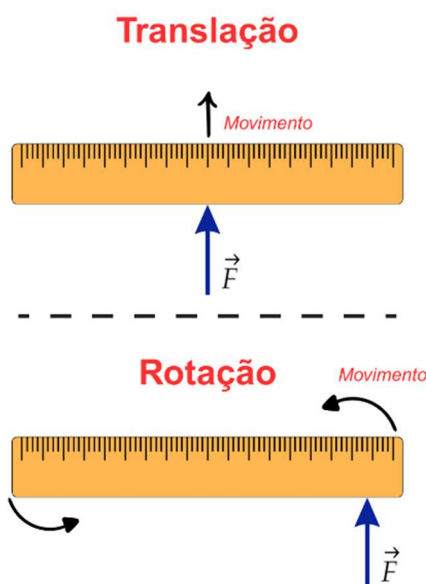
Compreender o equilíbrio do corpo extenso envolve reconhecer não apenas a ausência de aceleração linear, mas também a ausência de rotação, o que exige a análise das forças e de seus pontos de aplicação. As condições de equilíbrio translacional e rotacional são, portanto, indispensáveis para assegurar a estabilidade de um corpo em diferentes situações físicas. Também é necessário conhecer os tipos de equilíbrio entre estável, instável e indiferente na hora de analisar o acontecimento deste fenômeno. No entanto, para que possamos aprofundar essa análise e compreender como as forças influenciam a tendência de rotação de um corpo, é fundamental introduzir o conceito de torque, que será abordado na próxima seção.

## 1.5 Torque

Após compreendermos os conceitos de ponto material, centro de massa, corpo extenso e equilíbrio, avançamos agora para o estudo do momento de uma força, também conhecido como torque. Esse conceito amplia nossa análise sobre como as forças atuam em corpos extensos, permitindo entender, além de se um corpo está em equilíbrio, mas como ele pode girar ou tender a girar em torno de um ponto ou eixo. O torque é, portanto, essencial para compreender o equilíbrio rotacional, sendo uma etapa natural e necessária no aprofundamento da Estática do Corpo rígido.

Para iniciarmos o estudo sobre o torque vamos delimitar a diferença entre translação e rotação de um corpo extenso, que embora seja um conteúdo naturalmente associado pelos alunos à geografia, por conta dos movimentos planetários, ambos os conceitos tem uma abordagem mais ampla, tratando de corpos em geral.

Figura 1.9: Ilustração da diferença entre os movimentos de um corpo extenso.



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Na figura 1.9 temos uma régua alongada e de corpo homogêneo, observando as setas podemos ver que, o movimento feito depende intrinsecamente da posição ao qual a força  $\vec{F}$  estará sendo aplicada. No movimento de translação, a força estará sendo aplicada no centro da régua, na região do CM, por conta deste ponto de aplicação, a régua só tem como movimentar-se completamente para a frente. Já no movimento de rotação, se a força for aplicada em outra região afastada do CM, a régua será projetada para a frente a partir do ponto de aplicação, fazendo assim com que ela rotacione. Para a rotação acontecer, não há a necessidade de o corpo ter um ponto fixo a outro objeto e também não precisa ter duas forças opostas sendo aplicadas em sentidos diferentes (Geekie one, 2025).

Olhando especialmente para o movimento de rotação, podemos fazer uma delimitação mais assertiva ainda, ela acontece quando precisamos rotacionar algo em torno de um eixo, se o eixo for fixo ele é mais evidente ainda, quando não o corpo vai girar em torno do CM. No dia a dia isso consiste em ações como tentar tirar uma porca, um parafuso, ou mesmo o ato de empurrar uma porta.

Figura 1.10: Uma proposição de aplicação do torque na prática.



Fonte: Godoy, 2020, p. 56.

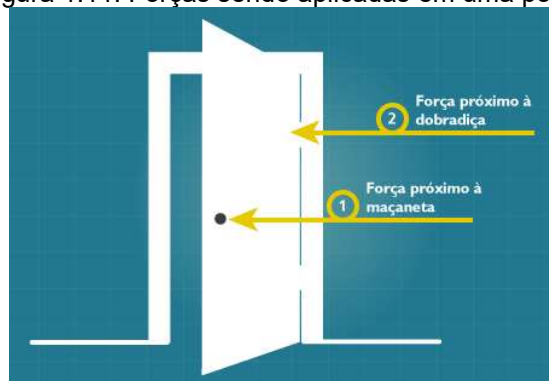
Na figura 1.10 temos um exemplo da aplicação do torque. Segundo Godoy (2020) tal grandeza consiste na capacidade que uma força tem de provocar rotação em torno do ponto fixo. Também conhecida como Momento de Uma Força, esta grandeza é vetorial e a sua intensidade é determinada pela fórmula a seguir.

$$\vec{M} = \pm \vec{F} \cdot d$$

no qual  $\vec{F}$  é a força,  $d$  é a distância entre o ponto de aplicação da força e o ponto de rotação. O sinal indicará se o movimento está sendo horário, negativo, ou anti-horário, positivo e a unidade de medida é  $N.m$ , Newton vezes metro.

Uma aplicação mais rotineira a realidade dos alunos é a força aplicada em uma porta. Fazendo um breve exercício mental, imagine uma porta tradicional, presa por 3 dobradiças e uma maçaneta do outro lado oposto a elas, se um aluno A tentar empurrar a porta pela região da maçaneta e um aluno B tentar empurrar a 10 cm das dobradiças, qual dos dois terá mais facilidade na hora de empurrar?

Figura 1.11: Forças sendo aplicadas em uma porta.



Fonte: Instituto Metrópole Digital. Disponível em:

<https://materialpublic.imd.ufrn.br/curso/disciplina/2/44/1/11>. Acesso em: 23 maio 2025.

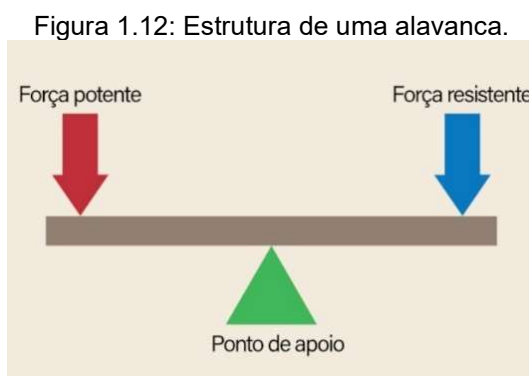
Os pontos mencionados estão descritos na figura 1.11, relacionando aos números, o aluno A está empurrando no ponto 1 e o aluno B no ponto 2. Com certeza o aluno B teve muito mais dificuldade ao empurrar do que o aluno A. Nestes casos, sempre que houver um ponto fixo em um corpo extenso com uma força aplicada sobre este corpo, a força não será o fator relevante para determinar o torque mas sim a distância onde a força estará sendo aplicada.

O estudo do torque permite compreender de forma mais precisa como a aplicação de uma força em diferentes pontos de um corpo pode provocar sua rotação, dependendo da intensidade da força, da distância em relação ao eixo de rotação e do ângulo de aplicação. Este conceito é essencial para analisar situações reais em que o equilíbrio depende não só da presença de forças, mas da forma como elas estão distribuídas. Dando continuidade a essa abordagem, a próxima seção explorará o funcionamento das alavancas, dispositivos simples e fundamentais que exemplificam de forma prática a aplicação do torque no cotidiano.

## 1.6 Alavancas – corpo e ferramentas

É evidente como os conceitos visto anteriormente se aplicam a diversas situações do cotidiano, especialmente no uso de ferramentas simples. Alicates, tesouras, carrinhos de mão e abridores de garrafa são exemplos de dispositivos que funcionam com base no princípio das alavancas, ou, máquinas simples.

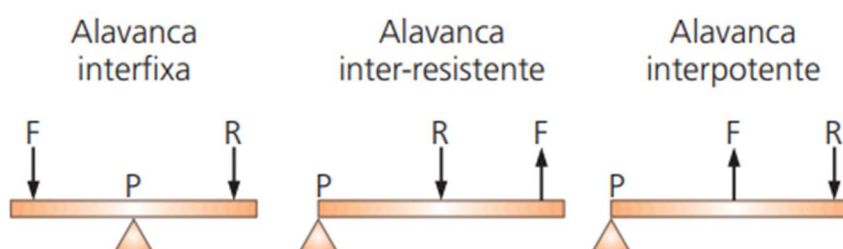
As máquinas simples ampliam a força aplicada por meio de uma estrutura composta por apoio, força e resistência. Em resumo são dispositivos que alteram a intensidade ou a direção de uma força, tornando mais eficiente a realização de tarefas do cotidiano. As alavancas podem ser classificadas em três tipos, de acordo com a posição relativa entre as partes (Barreto e Xavier, 2016).



Fonte: Prepara ENEM. Disponível em: <https://www.preparaenem.com/fisica/alavancas.htm>. Acesso em: 23 maio 2025.

Na figura 1.12 mostra a dinâmica entre os três pontos descritos, o ponto de apoio, também conhecido como fulcro, é o ponto fixo do corpo onde vai proporcionar o objeto reagir a força aplicada, o ponto da força aplicada, ou força potente, é o ponto onde acontecerá a ação e o ponto da força resistente, onde acontecerá uma carga, ou força reativa (Villas Bôas *et al*, 2012). Não necessariamente a força potente e a resistente estarão acontecendo exatamente como a figura 1.12 pois dependendo do tipo de alavanca, elas modificam um pouco a configuração. Vejamos a seguir os tipos de alavanca na figura 1.13.

Figura 1.13: Tipos de alavancas.



Fonte: Planejativo. Questão 6194. Disponível em: <https://app.planejativo.com/questao/6194/fisica-estatica-de-um-corpo-extenso-e-centro-de-massa>. Acesso em: 23 maio 2025.

O pré-fixo inter nos ajuda a compreender o que está acontecendo na dinâmica da aplicação dos pontos, observando a figura 1.13 podemos ver que a alavanca interfixa, o ponto de apoio fica no meio, já na alavanca inter-resistente, a força de resistência ficará no meio e por fim a alavanca interpotente, a força potente se localiza no meio.

Figura 1.14: Alavanca interfixa



Fonte: Barreto e Xavier, 2016, p. 248.

Na figura 1.14 temos a alavanca interfixa, segundo Barreto e Xavier (2016) o ponto de apoio está entre a força potente e a resistência, neste caso a força potente, o homem, está aplicando a fim de tentar subir o objeto que está do outro lado, este

objeto por sua vez oferece resistência devido a força peso que ele exerce em direção ao centro da terra. É o tipo de alavanca que oferece maior precisão e controle, mas não necessariamente uma vantagem mecânica em termos de força. Uma outra aplicação bem cotidiana desta alavanca são as gangorras, que através de uma brincadeira simples, proporcionam essa relação entre força potente e resistente.

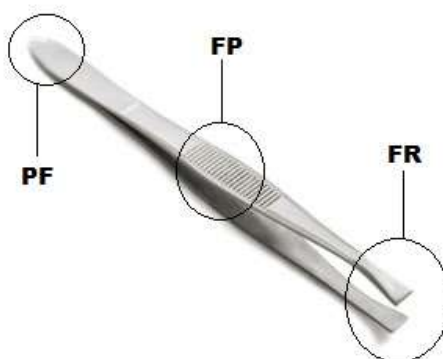
Figura 1.15: Alavanca inter-resistente.



Fonte: Barreto e Xavier, 2016, p. 248

Na alavanca inter-resistente, da figura 1.15, a resistência localiza-se entre a força e o ponto de apoio, onde o homem faz a ação e os pesos no carrinho resistem a ela, devido a presença da força peso (Barreto e Xavier, 2016). Como acontece quando usamos um carrinho de mão sendo ilustrado na figura anterior. Esse tipo de alavanca oferece uma vantagem mecânica significativa, pois permite levantar cargas maiores com menos esforço, embora a distância percorrida pela força aplicada seja maior.

Figura 1.16: Alavanca interpotente.



Fonte: Pereira. Disponível em: <https://biomecmatheusdotto.blogspot.com/2015/06/alavancas.html>. Acesso em: 23 maio 2025.

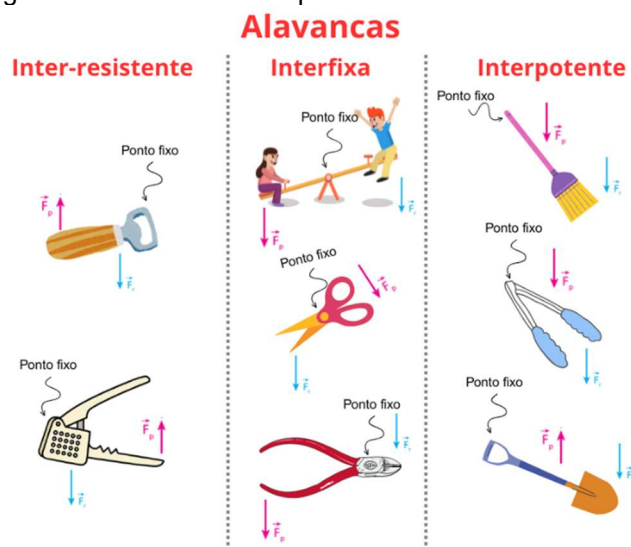
Já na alavanca interpotente, ilustrada na figura 1.16, a força potente (FP) está entre o ponto de apoio (PF) e a força resistente (FR), a pinça, ou quando levantamos



o corpo na ponta dos pés. Diferente dos outros tipos, esse tipo de alavanca não oferece vantagem mecânica significativa, ou seja, ela não multiplica a força, mas sim oferece maior controle e precisão nos movimentos.

Cada tipo oferece vantagens específicas em termos de aplicação de força ou de precisão, e estão amplamente presentes tanto em ferramentas quanto na anatomia do corpo humano. Vamos ver agora alguns exemplos do cotidiano de ferramentas que nos auxiliam de acordo com cada tipo de alavanca.

Figura 1.17: Ferramentas que são alavancas no cotidiano.



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Na figura 1.17 foram reunidas ferramentas do dia a dia para melhor exemplificar momentos em que estas alavancas contribuem ao nosso redor. O segredo está em analisar onde se localiza cada força atuante e o ponto fixo e qualquer pessoa pode descobrir qual tipo de alavanca. As ferramentas representadas na imagem foram escolhidas por exemplificar de forma clara e prática os diferentes tipos de alavancas utilizadas no dia a dia, que embora sejam instrumentos simples, são extremamente eficientes para potencializar a força humana, facilitando diversas tarefas que seriam difíceis ou mesmo impossíveis de serem realizadas apenas com a força dos braços.

A compreensão das alavancas amplia significativamente a percepção sobre como forças e torques interagem em sistemas simples e compostos, contribuindo para a análise de diversas situações cotidianas e tecnológicas. No entanto, os princípios da Estática não se limitam a estruturas artificiais ou objetos mecânicos, eles também se manifestam de forma complexa e fascinante no corpo humano. Na próxima seção, intitulada, será discutida a relação entre os conceitos da Estática do Corpo Rígido e

os movimentos corporais, com base em pesquisas que dialogam com contextos da luta, do esporte e da dança, evidenciando o potencial pedagógico dessas conexões para o ensino de Física.

### **1.7 Corpos em Ação: Fundamentos da Estática Aplicados ao Movimento Humano**

O corpo humano, em sua complexidade e funcionalidade, é um campo fértil para a aplicação de conceitos fundamentais da Física, especialmente aqueles pertencentes ao estudo da Estática. Compreender como se distribuem as forças no corpo, como se estabelece o equilíbrio e como atuam os torques e alavancas naturais formadas por ossos e músculos permite uma leitura mais profunda do movimento humano. Vamos explorar agora os conceitos vistos neste capítulo em situações do cotidiano, do esporte e da dança, e evidenciando o quanto esses princípios físicos são essenciais para a manutenção da postura, execução de movimentos e compreensão da biomecânica corporal.

#### **1.7.1 Equilíbrio de corpos apoiados**

Existem três tipos principais de equilíbrio: estável, instável e indiferente como visto anteriormente na seção 1.4. O equilíbrio de corpos apoiados ocorre quando um corpo repousa sobre uma superfície e não tende a se mover ou tombar, mesmo sob a ação da gravidade. Para que esse equilíbrio seja mantido, é essencial que a projeção vertical do centro de massa do corpo esteja dentro da base de apoio (Villas Bôas *et al.* 2012).

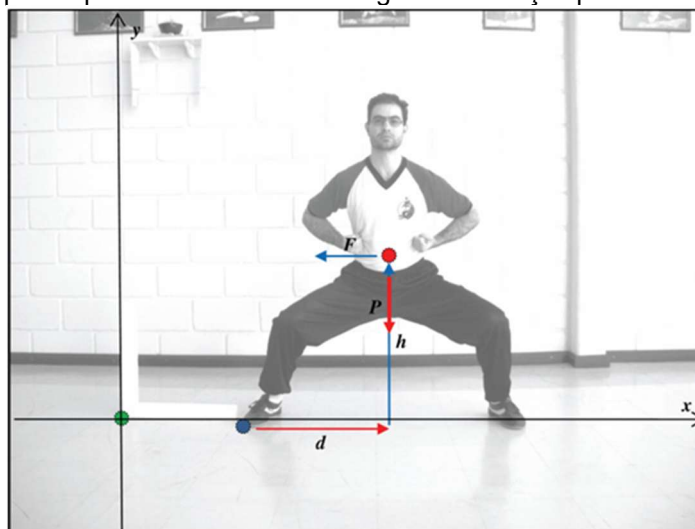
No contexto do corpo humano, o equilíbrio depende da postura, da posição dos pés e da distribuição da massa. Quanto maior e mais larga for a base de apoio, como afastar os pés ou agachar-se, mais estável será o corpo. Por isso, atletas e dançarinos treinam constantemente para manter o centro de massa dentro da base de apoio, garantindo estabilidade mesmo durante movimentos complexos.

Lemos e Teixeira (2009) apresentam em seu artigo *Uma Revisão Sobre Centro de Gravidade e Equilíbrio Corporal*, que depende da relação entre a posição do centro de massa e a largura da base de sustentação. Isso se alinha com a Física, que afirma que um corpo estará em equilíbrio estável se, ao ser ligeiramente deslocado, o centro de massa ainda permanecer ou retornar à base de apoio. O artigo complementa essa ideia ao destacar que, no corpo humano, ajustes posturais e ativação muscular

constante são necessários para manter o equilíbrio, especialmente em posições desafiadoras ou em movimento.

Um artigo publicado pela Revista Brasileira de Ensino de Física em 2016 intitulado *Estudo do centro de massa e estabilidade de quatro posturas básicas do Kung-fu Pak Hok* analisa as quatro posturas fundamentais dessa arte marcial, utilizando métodos analíticos por imagem para calcular o centro de massa e avaliar a estabilidade de cada posição.

Figura 1.18: Exemplo de postura da luta e seu diagrama de forças para o cálculo de estabilidade.



Fonte: Miranda *et al.*, p. e4304-6, 2016.

A figura 1.18 os autores buscaram exemplificar como os vetores de força se dispõem nesta postura da luta, onde o ponto verde é a origem do plano cartesiano de referência e o ponto vermelho é o CM. Os resultados da pesquisa de Miranda *et al.* (2016) mostram que posturas com maior estabilidade estão associadas a estâncias defensivas, enquanto as menos estáveis correspondem a estâncias ofensivas, evidenciando a aplicação prática dos conceitos físicos de equilíbrio e torque no contexto das artes marciais.

A discussão sobre o equilíbrio de corpos apoiados, ancorada nos estudos de Lemos e Teixeira (2009) e Miranda *et al.* (2016), evidenciou como o entendimento do centro de gravidade e da estabilidade é essencial não apenas para a Física teórica, mas também para a compreensão do corpo em situações práticas, como nas posturas do Kung-fu. As análises desses autores mostraram como pequenas variações na base de apoio e na projeção do centro de massa podem alterar significativamente o equilíbrio corporal, o que reforça a importância de abordar a Física a partir de

contextos significativos e corporificados. Dando sequência, a próxima seção aprofunda a relação entre o centro de massa e a Física no esporte, investigando como esses conceitos se manifestam e podem ser explorados didaticamente a partir de práticas esportivas.

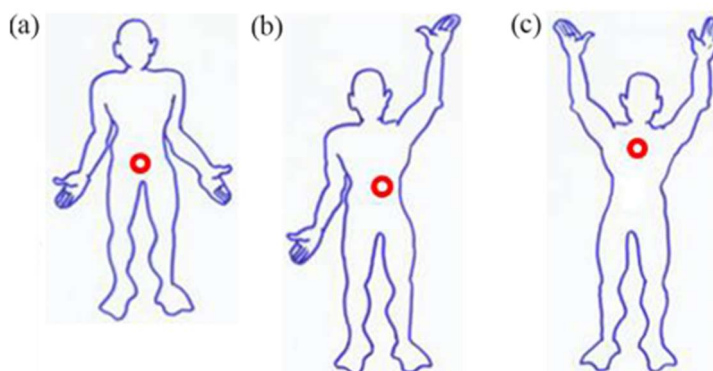
### 1.7.2 Centro de Massa e a Física no Esporte

O centro de massa tem papel fundamental no desempenho de atividades cotidianas e adicionalmente às atividades esportivas, influenciando diretamente o desempenho e a estabilidade dos movimentos. Nas práticas corporais como esportes e atividades físicas intensas, compreender a localização e o comportamento do centro de massa permite uma análise mais precisa dos gestos técnicos, das posturas e da distribuição de forças envolvidas.

O artigo *Física no esporte – Parte 1: saltos em esportes coletivos. Uma motivação para o estudo da mecânica através da análise dos movimentos do corpo humano a partir do conceito de centro de massa* de Micha e Ferreira (2013) propõe uma abordagem didática para o ensino de conceitos fundamentais da mecânica, como centro de massa, movimento e equilíbrio, a partir da análise dos saltos em esportes coletivos. Os autores partem da premissa de que o corpo humano, por suas características biomecânicas, pode ser analisado como um sistema de corpos articulados cujos movimentos são descritos por leis da Física.

Os autores apresentam uma análise detalhada dos movimentos verticais realizados por atletas, destacando como o centro de massa do corpo humano se comporta durante essas ações. A primeira situação abordada foi a de equilíbrio e deslocamento do CM de acordo com a posição vertical ao qual o sujeito se encontra.

Figura 1.19: Ilustração da posição do CM e como ele se desloca de acordo com a distribuição espacial do corpo.



Fonte: Micha e Ferreira, p. 3301-5 (2013).

Os autores demonstram através da figura 1.19 a posição do CM de acordo com a distribuição espacial do corpo humano. Na figura 1.19a) o CM de uma pessoa de pé e com os braços para baixo está localizado próximo ao umbigo. Já na figura 1.19b), de pé e com apenas um braço levantado, o CM sofre um deslocamento para o lado do braço ao qual está levantado. E na figura 1.19c), de pé e com os dois braços levantados, o CM tende a subir um pouco na direção para onde a massa foi deslocada.

Mesmo com os membros realizando movimentos amplos, o centro de massa segue uma trajetória previsível e passível de descrição matemática. Isso é demonstrado com o uso de filmagens de saltos reais, que permitem identificar a posição média do corpo durante o movimento, possibilitando uma visualização clara da trajetória parabólica descrita pelo centro de massa, alinhando teoria e prática de maneira eficaz (Micha e Ferreira, 2013).

Figura 1.20: Análise mecânica do CM durante o salto de um jogador.



Fonte: Micha e Ferreira, p. 3301-7, 2013.

Na figura 1.20 os autores utilizaram para demonstrar que após sair do chão o CM do atleta não muda e após alcançar a altura máximo do salto proporcionado pelo CM que ele estava no início do movimento, o atleta levanta os braços e efetua sua jogada. Um outro ponto relevante do artigo é a demonstração de que o centro de massa pode estar fora do corpo, dependendo da posição dos segmentos corporais. Essa informação é essencial para compreender a biomecânica dos saltos e das acrobacias esportivas, além de servir como uma ponte para trabalhar também conteúdos como torque, equilíbrio e segunda lei de Newton.

A seção dedicada ao estudo do centro de massa e sua relação com a Física no esporte, fundamentada no trabalho de Micha e Ferreira (2013), trouxe importantes

reflexões sobre como os saltos em esportes coletivos podem se tornar ponto de partida para a compreensão de conceitos mecânicos, como o centro de massa. A análise dos movimentos corporais em situações reais de jogo permite não apenas ilustrar os fundamentos da Estática do Corpo Rígido, mas também conectar o conteúdo à vivência dos estudantes, despertando interesse e favorecendo a aprendizagem significativa. Dando continuidade a essa abordagem aplicada, a próxima seção explora o conceito de torque durante o giro corporal, aprofundando a análise dos movimentos humanos a partir da interação entre força e rotação.

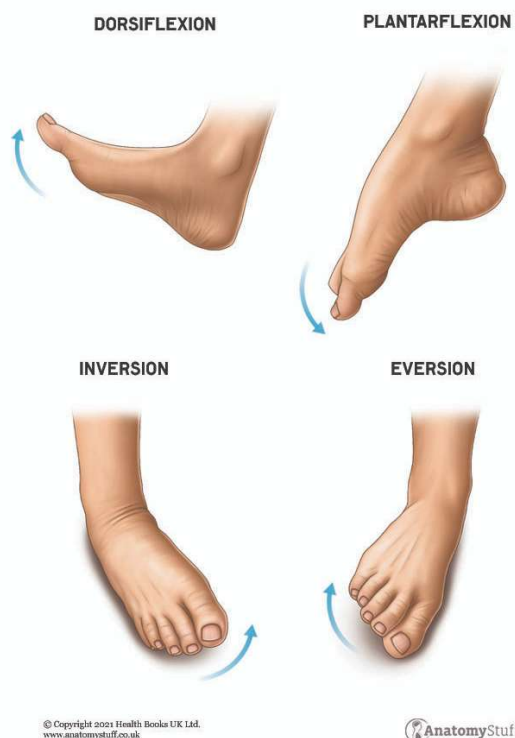
### 1.7.3 Torque no Durante o Giro Corporal

O conceito de torque, amplamente utilizado na Física para descrever a rotação de corpos em torno de um eixo, encontra no corpo humano um campo fértil de aplicações. Ao considerarmos o corpo como um sistema de alavancas articuladas, torna-se evidente que cada movimento envolve a geração de torques em torno das articulações. Esses torques são produzidos pela ação dos músculos, que aplicam forças sobre os ossos a determinadas distâncias dos eixos articulares, permitindo desde os gestos mais sutis até movimentos complexos como saltos, chutes ou giros corporais.

O corpo humano está em equilíbrio estático quando os torques resultantes sobre todas as articulações se anulam, ou seja, quando a soma dos torques é zero. Isso é essencial para posturas estáveis, por exemplo, manter-se em pé, fazer uma ponte, ou executar uma posição de luta. Mudanças sutis na distribuição do peso ou na posição dos braços e pernas afetam os torques e exigem ajustes constantes feitos automaticamente pelo sistema nervoso e muscular.

Um exemplo é o estudo de Frasson *et al.* (2007) *Torque-Ângulo E Torque-Velocidade Dos Dorsiflexores E Plantarflexores Relações Entre Dançarinos De Balé Clássico E Jogadores De Volei*, o estudo publicado na Revista Brasileira de Biomecânica apresenta uma análise relevante sobre a aplicação de conceitos físicos, especialmente o torque, no contexto do movimento humano. A pesquisa comparou bailarinas clássicas e jogadoras de voleibol, investigando como cada grupo desenvolve força rotacional ao redor da articulação do tornozelo em diferentes condições de movimento.

Figura 1.21: Ilustração de quais movimentos estão sendo abordados na pesquisa de Frasson (2007).



Fonte: BAUMFELD, Tiago. Disponível em: <https://tiagobaumfeld.com.br/biomecanica-do-tornozelo-como-funcional/>. Acesso em: 23 maio 2025.

A figura 1.21 visa ilustrar quais os movimentos analisados na pesquisa mencionada. O estudo indicou que as relações torque-ângulo e torque-velocidade dos músculos flexores plantares e dorsiflexores diferiram entre os grupos, indicando adaptações específicas decorrentes dos diferentes tipos de treinamento. Entre seus achados sugerem que o treinamento específico do ballet promove adaptações neuromusculares que influenciam a produção de torque e a estabilidade postural. Essa análise contribui para uma compreensão mais ampla de como a prática corporal especializada influencia a capacidade de gerar torque, elemento essencial na descrição do equilíbrio e da estabilidade de corpos em rotação.

Na perspectiva da Física, o torque pode ser entendido como a capacidade de uma força produzir rotação em um corpo em torno de um eixo. No caso dos corpos humanos em movimento, como no ballet ou no voleibol, essa rotação acontece nas articulações, sendo influenciada por fatores como o comprimento do braço de alavanca e a intensidade da força aplicada. A pesquisa evidenciou que as bailarinas, por realizarem movimentos mais amplos e com maior controle postural, demonstraram uma produção de torque mais eficiente mesmo em posições angulares extremas. Isso

mostra, na prática, como os conceitos de torque e momento de força se aplicam na biomecânica.

A partir dessa análise de Frasson *et al.* (2007), foi possível compreender como diferentes padrões de exigência física e técnica influenciam a geração de torque em grupos musculares específicos, evidenciando a importância do conhecimento Físico para o desempenho em atividades corporais distintas. Essa abordagem destacou o papel das forças internas e suas localizações em relação aos eixos de rotação do corpo, enriquecendo o entendimento dos estudantes sobre a rotação corporal a partir de uma perspectiva interligada entre Física e movimento humano. Dando continuidade a essa relação entre corpo e conceitos da Estática, a próxima seção abordará as alavancas corporais, apresentando como a Física atua através de diferentes músculos, articulações e como operam sistemas de alavanca corporais no cotidiano do corpo em movimento.

#### **1.7.4 Alavancas Corporais**

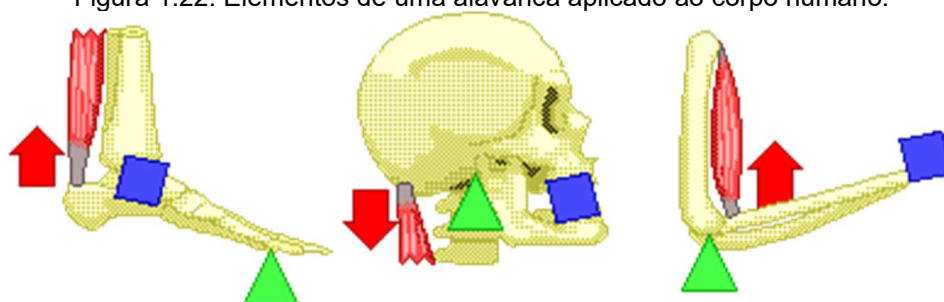
O corpo humano pode ser compreendido como um sistema altamente eficiente de alavancas naturais, cuja análise permite estabelecer conexões diretas entre os princípios da Física e o movimento corporal. As alavancas, no contexto da mecânica, consistem em máquinas simples como visto anteriormente na seção 1.6.

No organismo humano, esses elementos correspondem, respectivamente, às articulações, à força gerada pelos músculos e ao peso das partes do corpo ou de cargas externas. Este estudo possibilita a análise do torque e das alavancas corporais e a compreensão de como o corpo realiza movimentos, economia de esforço ou ampliação da velocidade, sendo um aspecto essencial da biomecânica.

A Sanar Saúde (2019) explica que o torque, ou momento de força, é o produto da força aplicada por uma distância perpendicular ao eixo de rotação (braço de momento). No corpo humano, esse conceito é fundamental para entender como os músculos geram movimento ao aplicar forças que causam rotações nas articulações. Podemos trazer os conceitos vistos para a perspectiva do corpo humano sendo: os ossos sendo as hastes rígidas que dão alongamento a alavanca, as articulações o ponto fixo e os músculos como os responsáveis pela transferência de força.



Figura 1.22: Elementos de uma alavanca aplicado ao corpo humano.



Fonte: SALA DE FÍSICA 5. Disponível em:

<https://www.geocities.ws/saladefisica5/leituras/alavancas.html>. Acesso em: 23 maio 2025.

A partir da figura 1.22 vamos delimitar o que cada símbolo representa diante dos elementos de uma alavanca. O triângulo verde da imagem, são as articulações, elas são o ponto fixo (fulcro) de cada parte do corpo analisada na imagem, o quadrado azul é onde a força resistente está localizada e a seta vermelha é justamente a ação dos músculos que são a força potente em cada um deles. Não foi atoa a escolha de uma seta para indicar, além da força potente, para qual sentido o vetor força está atuando trazendo da Física (Godoy *et al.*, 2020) para o corpo humano.

No primeiro caso, no pé, a partir da seta percebemos que o intuito do movimento é ficar apoiado sobre os dedos, logo o músculo de trás será contraído fazendo assim com que a força resistente fique no meio, ou seja, é uma alavanca do tipo inter-resistente. No segundo caso, na cabeça, a seta aponta para baixo, fazendo o movimento de olhar para cima, neste caso o ponto fixo está entre as forças fazendo assim que esta alavanca seja a interfixa. O último movimento, o do braço, é o de erguer o antebraço com algo na mão contraindo o bíceps, a seta vermelha novamente aponta para cima indicando a ação de uma força entre o ponto fixo e a força resistente, fazendo neste caso ser uma alavanca interpotente.

Esses foram apenas três exemplos de uma infinidade de possibilidades se tratando de corpo humano, o que pode nos proporcionar uma análise um pouco mais aprofundada de que, o segredo para saber qual o tipo de alavanca está acontecendo na dinâmica corporal está basicamente em saber qual o músculo está sendo acionado. Um outro exemplo usando a mesma figura 1.22 seria no caso oposto, se ao invés de subir um antebraço, a pessoa estivesse descendo, qual músculo estaria sendo acionado? Seria o músculo da parte de trás do braço, o tríceps, fazendo com que agora a dinâmica fosse semelhante à da cabeça na figura 1.22, tornando assim uma alavanca interfixa neste caso.

Com base no exposto, percebe-se que o campo de atuação da Física é amplo e interliga-se a diversas áreas do conhecimento, indo além das ciências naturais e exatas para dialogar com áreas como a saúde, especialmente no estudo da biomecânica corporal. A análise das alavancas corporais, conforme discutido, evidencia como conceitos físicos podem ser aplicados à compreensão do funcionamento muscular e do movimento humano.

Encerrando esse percurso pelo conteúdo Físico da pesquisa, o próximo capítulo abordará as teorias da aprendizagem significativa de Ausubel (2003) e a teoria da aprendizagem significativa crítica de Moreira (2010). A inclusão dessas teorias visa oferecer fundamentos educacionais que sustentem a proposta didática desenvolvida e orientem a análise das atitudes e respostas dos alunos, a fim de identificar indícios de uma aprendizagem significativa e crítica.

## **2 CAMINHOS PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA**

O presente capítulo tem o objetivo de correlacionar a teoria da aprendizagem significativa e teoria da aprendizagem significativa crítica com os conceitos de Estática do Corpo Rígido, buscando identificar elementos que evidenciem uma aprendizagem significativa crítica em potencial, conforme a abordagem de Marco Antonio Moreira (2010), fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (2003).

O primeiro aspecto que tange as pesquisas relacionadas ao ensino nos dias atuais é: o que fazer para que os jovens em sala de aula de fato aprendam o que está sendo proposto? Isso não é apenas um problema do ensino de Física no ensino médio, mas uma inquietação que atravessa as diferentes etapas da educação e suas diversas áreas do conhecimento, pois o desafio atual é: traduzir o conhecimento científico em experiências de modo a proporcionar uma aprendizagem com sentido para os estudantes (Moreira, 2018). Neste cenário, compreender como se dá o processo de aprendizagem de forma significativa passa a ser uma necessidade urgente, especialmente quando se pretende promover mudanças reais na forma como o conhecimento é construído em sala de aula.

Para tanto, este capítulo percorre os fundamentos da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), proposta por David Ausubel, e sua posterior ampliação crítica, desenvolvida por Marco Antonio Moreira. Serão discutidas as distinções entre ambas as abordagens e suas implicações no ensino de Física, especialmente no que se refere ao desenvolvimento de ações que visem uma aprendizagem com maior sentido e profundidade para os estudantes. Por fim, são apresentadas algumas estratégias e ferramentas didáticas que podem favorecer ambientes de aprendizagem nos quais os alunos sejam convidados a refletir, dialogar e atribuir significados aos conteúdos abordados, contribuindo para uma prática educativa mais crítica e transformadora.

### **2.1 David Ausubel e a Teoria Da Aprendizagem Significativa – TAS**

Visando essa compreensão sistemática de passado, presente e futuro, no século XX, David Ausubel surgiu com sua Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) no qual propôs que o ensino deve ser proporcionado a partir de conceitos pré-existentes possibilitando assim a formação de uma estrutura cognitiva, por vezes até individual de cada estudante.

Nascido em Nova York em 1918, David Ausubel formou-se em medicina, especializou-se em psiquiatria, fez doutorado em psicologia do desenvolvimento, foi Professor emérito da Universidade de Columbia em Nova York, contudo seu reconhecimento veio de suas contribuições em psicologia da educação. Sua teoria teve como norte os estudos de Piaget e a construção do conhecimento de forma natural, contudo ele foca no valor da técnica expositiva complementando a prática do ensino. Segundo Farias (2022)

[...] Ausubel é considerado, junto com Piaget, Bruner e Novak, um dos expoentes da linha cognitivista” (Distler, 2015, p. 194). A linha cognitivista enfatiza o processo da cognição, defendendo que o indivíduo atribui significados à realidade em que se encontra, e preocupa-se com o processo de compreensão, transformação, armazenamento e com a utilização das informações envolvidas na aprendizagem, procurando identificar padrões nesse processo (Farias, 2022, p. 62).

Um dos primeiros a contribuir com uma teoria cognitivista, Ausubel propõe-se a explicar como ocorre processos de aprendizagem com uma perspectiva não conteudista. Ele buscou estudar como se forma os significados e a consciência acerca do que está sendo apreendido, visando contribuir para um Aprendizagem Significativa do aluno.

Ausubel em seu livro “Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva” (2003) expõe a essência da sua Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) quando diz que a natureza do significado da aprendizagem está relacionada a retenção e manuseio de um conjunto de informações relevantes para o ser, como fenômenos, acontecimentos, hipóteses, concepções e vocabulário das mais variadas disciplinas.

O próprio conceito de conhecimento pode referir-se quer à soma total de todas as matérias e conteúdos organizados que um indivíduo possui numa determinada área, ou meramente à posição relativa ou relações específicas de elementos componentes particulares na estrutura hierárquica da disciplina como um todo (Ausubel, 2003, p. 71).

Essa citação de Ausubel (2003) evidencia a complexidade do conceito de conhecimento dentro da perspectiva cognitivista, distinguindo entre o acúmulo de informações e a organização relacional dos conteúdos no interior de uma estrutura hierárquica. Essa distinção é central para a Teoria da Aprendizagem Significativa, uma vez que o aprendizado relevante não se resume à memorização de dados isolados, mas envolve a construção de relações entre conceitos, formando uma rede de

significados progressivamente mais elaborada. Ao propor que o conhecimento pode ser entendido tanto de forma quantitativa quanto estrutural, Ausubel destaca a importância da organização cognitiva como condição fundamental para que novas informações sejam integradas de maneira significativa.

Mas o que seria uma aprendizagem significativa? Segundo Giacomelli *et al.* (2022), a teoria de Ausubel tem como cerne do seu conceito que a aprendizagem ela é significativa quando novos conhecimentos interagem com elementos já existentes na estrutura cognitiva do aluno, criando novas estruturas conceituais a partir dessas relações.

Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não literal, não ao pé da letra, e não arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito aprendente (Moreira, 2011, p. 8).

Moreira (2011) reafirma um dos pilares centrais da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel: a ideia de que a aprendizagem só será realmente significativa quando houver uma interação intencional e estruturada entre o novo conteúdo e conhecimentos prévios relevantes já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. A qualificação da aprendizagem como “substantiva” indica que ela não é apenas uma repetição literal ou memorização de informações, mas sim um processo de assimilação com interpretação e elaboração pessoal. Da mesma forma, ao dizer que a aprendizagem é “não arbitrária”, Moreira reforça que essa assimilação não pode ocorrer a partir de qualquer informação anterior, é preciso que haja pertinência conceitual entre o que se aprende e o que já se sabe, ou seja, o novo conhecimento deve encontrar um subsunçor adequado.

Para tanto, o teórico fala de dois critérios específicos básicos para criar um ambiente propício à aprendizagem que são: predisposição e ferramentas (Giacomelli *et al.*, 2022; Moreira e Masini, 2001). Principalmente na atualidade, para os educadores, é fácil perceber em seu cotidiano que existem inúmeras barreiras para uma aprendizagem eficiente, mas a primeira delas é a predisposição. Para que o primeiro requisito da aprendizagem significativa, segundo Ausubel, seja atendido, é necessário promover no estudante uma atitude intencional de engajamento com o processo de ensino-aprendizagem, superando a mera participação por obrigação escolar ou em busca de nota.

Neste caso, é fundamental que o professor conheça seus alunos, domine seu conteúdo e esteja plenamente consciente de suas intenções com tal material, pois o ponto de partida deve ser o conhecimento prévio dos alunos combinado ao segundo requisito, a ferramenta, devidamente planejada para alcançar os objetivos. As ferramentas didáticas desempenham, nesse contexto, um papel crucial no favorecimento da aprendizagem significativa. Elas não se limitam a recursos materiais ou tecnológicos, mas incluem também as estratégias metodológicas, a linguagem empregada, os exemplos selecionados e as formas de interação propostas em sala de aula (Giacomelli *et al.*, 2022).

É possível afirmar que ambos os critérios estão relacionados pois não há ação intencional de aprender se não for a partir da atenção retida, e nada melhor para manter os alunos comprometidos como uma ferramenta potencialmente significativa. Isso implica dizer que o planejamento do professor deve ir além da escolha de conteúdos: deve envolver a mediação intencional de experiências de aprendizagem que possibilitem uma conexão sólida entre novas informações a conceitos já existentes na estrutura cognitiva dos estudantes.

Nesse sentido, o uso de recursos como analogias, mapas conceituais, experimentos contextualizados e situações-problema são exemplos recorrentes na literatura como instrumentos que, quando bem aplicados, favorecem uma aprendizagem mais profunda. Tais ferramentas precisam estar alinhadas com os objetivos pedagógicos e, sobretudo, com a realidade dos estudantes, de modo a despertar o interesse, promover a participação ativa e criar um ambiente propício ao diálogo entre o novo e o já conhecido. Assim, é na articulação entre a predisposição do aluno e o uso consciente e qualificado de ferramentas didáticas que se constrói um cenário propício para a aprendizagem significativa no sentido proposto por Ausubel (Ausubel *et al.*, 2003; Moreira, 2010).

A partir da reunião destes conceitos, posteriormente o professor apresentaria suas ferramentas, no qual a aula expositiva pode fazer parte, contudo precisa ir além, se tratando de aulas de Ciências da Natureza, nada melhor do que experiências demonstrativas, práticas ativas pelos alunos, simulações, jogos de diversos tipos, etc.

A partir desses critérios, a teoria está pautada no entendimento de que todo indivíduo tem em sua estrutura cognitiva algum conhecimento já significativo, no qual será o ponto de partida para novas estruturas cognitivas. Logo a construção dos novos conhecimentos será ancorada em outros existentes, criando uma hierarquia dos

conceitos no processo cognitivo, atualizando e incluindo novos conhecimentos e dando ênfase no que é mais importante; tal estrutura foi denominada por Ausubel *et al.* (2003) como subsunçores que

[...] representam um conceito, uma ideia, uma proposição já presente na estrutura cognitiva e que poderá servir para ancorar a nova informação, de modo a adquirir significado para o sujeito (Giacomelli *et al.*, 2022, p. 82).

Em síntese, subsunçores são ideias âncora que vão facilitar o processo de aprendizagem de uma nova informação, seja por ser os conceitos iniciais a partir de experiências cotidianas, senso comum, ou por auxiliarem na organização do conhecimento que está sendo construído pelo aluno. Nesse sentido, Farias expressa que

[...] os materiais, as explanações introdutórias e toda a gama de atividades voltadas para a elaboração de uma ideia inicial sobre algum conteúdo podem ser considerados elementos subsunçores, contanto que atuem, de fato, como facilitadores da aprendizagem (Farias, 2022, p. 64).

Diante do exposto, podemos ampliar a compreensão do conceito de subsunçor ao considerar não apenas conhecimentos prévios internalizados, mas também os elementos didáticos e metodológicos que podem atuar como facilitadores da aprendizagem significativa. Essa perspectiva dialoga com a obra de Ausubel *et al.* (2003), na qual o autor destaca que a aprendizagem significativa ocorre quando novas informações se conectam de forma substancial e não arbitrária com estruturas cognitivas existentes. Nesse sentido, materiais introdutórios e atividades bem planejadas podem funcionar como subsunçores auxiliares, desde que consigam estabelecer vínculos claros e pertinentes com o repertório conceitual do aluno.

Um outro elemento no processo de construção cognitiva são os organizadores prévios. Organizadores prévios são recursos didáticos introdutórios que têm como objetivo preparar o aluno para a aprendizagem de novos conteúdos, promovendo conexões significativas com conhecimentos já existentes em sua estrutura cognitiva. Eles funcionam para a ancoragem de novas ideias a partir de subsunçores, contudo são materiais prévios, introdutórios, que servirão como ponte para a aprendizagem (Ausubel *et al.*, 2003.).

Há dois tipos de organizadores prévios: os expositivos e os comparativos. O uso do primeiro tipo é recomendado quando o aprendiz não tem subsunçores sobre o assunto que será estudado, isto é, quando o material de

aprendizagem não lhe é familiar. Desse modo, supostamente, o material deve promover uma ancoragem ideacional em termos familiares ao aprendiz (Moreira, 2018, p. 11). Quando o novo material é relativamente familiar, recomenda-se a utilização de um organizador comparativo, que ajudará a integrar novos conhecimentos à estrutura cognitiva e, ao mesmo tempo, a discriminá-los de outros conhecimentos já existentes nessa estrutura que, embora essencialmente diferentes, podem ser confundidos (Moreira, 2018) (Vieira *et al.*, 2022, p. 110).

Tais organizadores são os elementos utilizados antes do material potencial significativo ou o próprio conteúdo a ser lecionado e podem ser de três tipos: explicativo, comparativo ou específico. Segundo Farias (2022), suas funções são fundamentais no processo de ensino aprendizagem pois o organizador explicativo visa promover subsunções importantes para o material potencialmente significativo, o organizador comparativo pode ser utilizado para criar pontes de conceitos por similaridade e o organizador específico permite a consolidação de um subsunção introdutório proposto pelo professor, partindo de uma ideia âncora, fazendo a inclusão, ou hierarquização, do conhecimento.

Essa perspectiva evidencia um contraste direto com a aprendizagem mecânica, na qual o conteúdo é assimilado de forma memorística, sem conexões significativas com o que o aluno já sabe. Enquanto a aprendizagem mecânica se caracteriza por repetições e acúmulo de informações desconexas. Ausubel *et al.* (1980) define que

Os assuntos aprendidos mecanicamente, por outro lado, são entidades discretas e relativamente isoladas relacionáveis à estrutura cognitiva apenas de forma arbitrária, literal, não permitindo o estabelecimento de relações. Esta diferença crucial entre as categorias de aprendizagem automática e significativa tem implicações importantes para o tipo de processos de aprendizagem e memorização subjacentes a cada categoria (Ausubel *et al.*, 1980, p. 120).

Segundo o autor, tal aprendizagem não favorece a construção de relações hierárquicas e significativas no campo cognitivo, e principalmente, não se relaciona de forma orgânica. Os conteúdos são apreendidos logo antes, ou depois de uma tarefa, proporcionando apenas uma memorização. A aprendizagem mecânica consiste em aprender por repetição, muitas vezes memorizando de forma arbitrária o conteúdo proposto (Giacomelli *et al.*, 2022; Honorato *et al.*, 2018).

Uma outra perspectiva apontada por Ausubel, é que, se relaciona com a aprendizagem significativa, características da aprendizagem mecânica, que embora possa ser entendida como uma teoria adversa da TAS, o autor não as coloca em total oposição. Em determinado momento, tal aprendizagem pode contribuir para a



aprendizagem significativa, de modo a construir subsunçores que não estavam presentes (Ausubel *et al.*, 1980).

Neste sentido, no cotidiano escolar, quase que independente da disciplina, é possível conseguir refletir esta possibilidade de memorização e repetição dos fatos por exemplo: decorando datas de fatos históricos ou nomes de personalidades, repetindo os nomes de macronutrientes ou de estruturas das funções oxigenadas. Na Física, existe a memorização das fórmulas por música ou frases engraçadas, técnicas de utilizar figuras geométricas planas pra decorar como utilizar algumas fórmulas, tais recursos ainda podem ser vistos e incentivada em sala de aula até os dias atuais.

Giacomelli *et al.* (2022) expõem que ambas as teorias são complementares, ou seja, a aprendizagem mecânica ela tem seu nível de importância no processo de aprendizagem significativa, uma vez que contribui para processos de associação, estruturando, reestruturando, a hierarquia dos conhecimentos no aspecto cognitivo do aluno. Mesmo sendo a aprendizagem mecânica uma teoria que traz conceitos arbitrários e literais, ela pode realocar o aluno em uma situação proposta que foge ao seu conhecimento prévio do cotidiano, mas que é fundamental para o seu processo de formação educacional, para proporcionar uma visão ou experiência diferente, ainda que somente a partir de exercícios mentais.

Seguindo tal lógica, é possível inferir que a aprendizagem significativa é permeada por algumas etapas para alcançar o aprendizado almejado, assim a aprendizagem mecânica faz parte deste processo. Outras aprendizagens que podem fazer parte das etapas da aprendizagem são, a aprendizagem por recepção e por descoberta (Giacomelli *et al.*, 2022).

A aprendizagem por recepção tem seu conceito facilmente definido, o aluno é apenas um receptor do conhecimento que vem pronto, estruturado e as ferramentas utilizadas não ganham tanto destaque, ou mesmo são bem planejadas, elas apenas estão ali para auxiliar que o professor emita o conhecimento e o aluno receba.

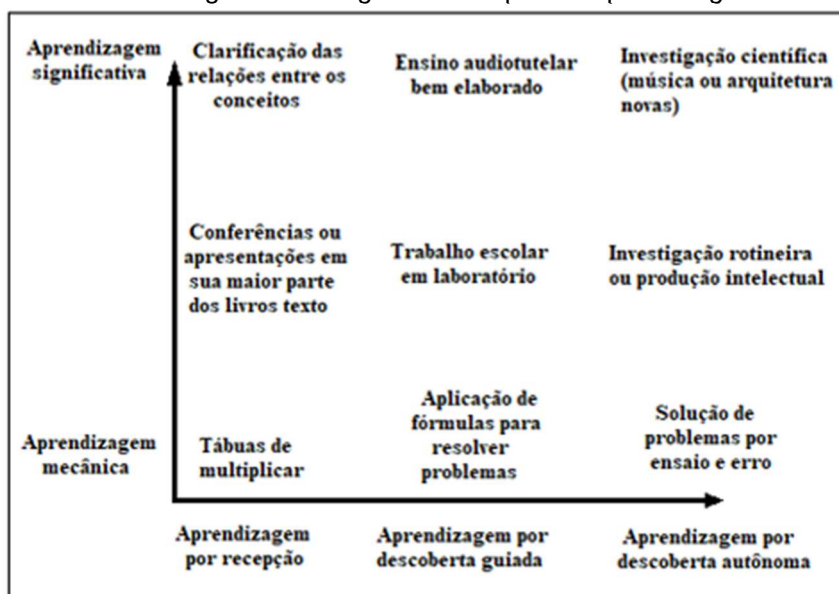
Já a aprendizagem por descoberta, ela é um processo muito mais autônomo por parte do aluno, independente do professor, essa pessoa vai experimentar, refletir, pode até repetir ou tentar reproduzir o que viu, a partir de então ela vai formular hipóteses e possíveis soluções ou respostas para o que foi descoberto. Honorato *et al.* (2018, p. 24) afirma que “quanto mais se aproxima da questão de aprendizagem por descoberta mais essas informações são recebidas de modo não completamente

acabado e o aluno deve defini-los antes de assimila-los.” E acrescentando a este processo, Moreira diz que

É preciso também ter claro que aprendizagem por recepção e aprendizagem por descoberta não constituem uma dicotomia. Assim como há um contínuo entre aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa, há outro entre aprendizagem por recepção e aprendizagem por descobrimento. Quer dizer, o conhecimento não é, necessariamente, construído ou por recepção ou por descoberta (Moreira, 2012, p. 14).

Tais aprendizagens podem ser potencialmente significativas uma vez que o aluno pode raciocinar relacionando o conteúdo visto ativamente, seja relacionando, lembrando ou reconhecendo o que foi visto em outros momentos. O que não é mutuamente excludente do processo de descoberta, pois descobrir coisas novas é um processo importantíssimo para a inserção, reestruturação e consolidação dos conceitos. Para elucidar a relação entre as aprendizagens Ausubel, vejamos o exposto na figura 2.1.

Figura 2.1: Diagrama dos tipos de aprendizagem.



Fonte: Adaptada de Ausubel, Novak e Hanesian, 1983, p. 35 apud Giacomelli *et al.*, 2022, p. 87.

O diagrama evidencia que, conforme o tipo de atividade, ela vai se enquadrar relacionando os tipos de aprendizagem. Sabemos que a aprendizagem mecânica consiste em repetição e memorização e para tal o aluno precisa atuar como receptor de informação, neste cenário a atividade de tabuada de multiplicar por exemplo, que está presente no canto inferior esquerdo, ilustra de forma clara onde a intersecção

entre esses tipos de aprendizagem e sua atuação no processo de aquisição de conhecimentos pelo estudante.

Em contrapartida, no outro extremo do diagrama temos a investigação científica, que consta no canto superior direito, consiste em pesquisar. Para uma atividade deste tipo o aluno precisa ter de início uma ideia e, conseqüentemente, o interesse pelo tema a ser estudado, a partir disso o aluno vai construir seu conhecimento e sua pesquisa com base em descobertas, investigação e neste caso podemos inferir que a aprendizagem é significativa, acontecendo de forma totalmente autônoma, uma vez que a pessoa vai refletir sobre o tema, criando suas próprias âncoras do assunto, descobrindo coisas novas e reestruturando o conhecimento.

Trazendo alguns exemplos de Física e a Estática do Corpo Rígido relacionados ao diagrama da figura 2.1 temos que, no processo de clarificação das relações entre os conceitos, presente no canto superior esquerdo, esta atividade se faz fundamental no processo de construção dos conceitos formais, por exemplo relacionados a centro de massa e equilíbrio, o aluno pode ter o conhecimento prévio e ser capaz de explicá-los com suas palavras, porém no contexto escolar e em uma educação que preza pela cientificidade dos conhecimentos, é necessário que ele internalize o conceito construído pela academia. Embora este processo aparentemente se assemelhe com a aprendizagem mecânica não significa que não houve uma aprendizagem significativa, pois, a partir da ancoragem de um conhecimento já existente é que o conceito formal será construído (Moreira, 2010).

No outro extremo, canto inferior direito do diagrama, temos solução de problemas por ensaio e erro. Esta atividade consiste basicamente para a Física em experiências práticas que visam a extração de dados, como por exemplo buscar a posição exata para que uma gangorra alcance o estado de equilíbrio entre dois corpos sobre ela. O aluno pode por meio de simulação (Santos *et al.*, 2024), ou prática real, pegar dois corpos de massas iguais, ou diferentes, e posicioná-los um em cada lado da gangorra, afim de tentar alcançar o equilíbrio. Durante o processo, é normal que o êxito não aconteça de primeira e que o mesmo fique ali tentando inúmeras vezes, errando, até alcançar o objetivo, pois a partir do erro o conhecimento poderá ser construído (Da Silva *et al.*, 2018). Iniciou-se a partir de uma aprendizagem mecânica, porém o aluno terá de aprender pela descoberta neste processo qual o local ideal para colocar o corpo.

Nesse sentido, independentemente de o método ser expositivo (aprendizagem por recepção) ou guiado à descoberta, a aprendizagem pode ser ou não significativa, ou, ainda, pode estar em uma região de transição entre aprendizagem mecânica e significativa (Giacomelli *et al.*, 2022, p. 87).

Resgatando o que foi visto sobre material potencialmente significativo, podemos relacionar com a figura 2.1 e a citação de Giacomelli *et al.* (2022) numa perspectiva de que o material escolhido, o método, o planejamento do professor, no âmbito da aprendizagem ele poderá ser enquadrado em alguma posição no diagrama, e independente de ser ou não significativa, as escolhas do professor podem estar em um processo de transição entre as aprendizagens mecânica e significativa, tornando quase qualquer material potencialmente significativo, a depender do planejamento do professor, do andamento da atividade e da reação dos alunos a proposta.

A teoria de Ausubel também divide a TAS em três tipos fundamentais, são elas as aprendizagens por: representação, de conceitos e de proposições (Giacomelli *et al.*, 2022). Na primeira o estudante estabelece relações cognitivas entre símbolo e significado, podemos pensar diretamente na relação de aprendizagem de uma nova língua, o professor expõe um objeto, pode ser uma fruta, e ela vem com uma legenda de seu nome no outro idioma. Trazendo para o âmbito da Física, em definições como corpo extenso e ponto material, os livros podem trazer como um ponto na página e abaixo dele escrito ponto material, em outra imagem como de um caminhão e logo abaixo a legenda de corpo extenso.

Aprendizagem de conceitos é um pouco mais complexa, uma vez que expande a ideia inicial de representação, trazendo agora uma definição ou critério explicativo para tal. Continuando a partir do exemplo anterior, no livro, logo após os símbolos utilizados deve conter: definições como a de ponto material – todo corpo no qual as dimensões podem ser desprezadas no fenômeno, como em uma análise de centro de massa entre Terra e Sol; corpo extenso – as suas dimensões precisam ser levadas em consideração na análise do fenômeno, como por exemplo encontrarmos o centro de massa em uma vassoura.

A terceira aprendizagem mencionada, de proposições, abrange uma profundidade maior ainda pois vai envolver representações e conceitos simultaneamente para uma compreensão geral. Por exemplo, no assunto de centro de massa, para que o aluno compreenda que um sistema de massas num plano bidimensional tem um centro de massa com uma localização específica mediante a

fórmula, presente na seção 1.3, ele precisa entender o que é o centro de massa, o que é massa e o que é posição em relação a um plano cartesiano.

Ressaltando que todo esse processo de construção dos conhecimentos na estrutura cognitiva deve partir de ideias âncoras, sejam elas conhecimentos prévios ou inseridos pelo professor de acordo com a metodologia escolhida por ele. O docente deve estar atento a um outro fator que se chama modalidades de aprendizagem, que se tratando da área da Física e Ciências da Natureza é uma grande aliada em todas as etapas do processo.

Segundo Honorato *et al* (2018) há três tipos de aprendizagem que o sujeito pode utilizar para desenvolver seus conhecimentos, não exclusivamente com apenas uma deles envolvidas no processo, mas as utilizando em maior ou menor quantidade. São elas: a modalidade visual, a auditiva e a cinestésica.

Na modalidade visual o indivíduo necessita do estímulo da visão, através de imagens, vídeos, texto escrito para leitura, mapas mentais, entre outros. Serão todas as ferramentas capazes de provocar o estímulo da visão. Em uma aula de Física pode ser utilizado recursos como simulações virtuais em que o aluno atua ativamente em sua construção, como no experimento da Gangorra<sup>2</sup> disponível no *PhET Interactive Simulations* (Alves, 2021).

Em contrapartida, a modalidade auditiva usa do sentido da audição, recursos como leitura em voz alta, áudio *books*, instruções orais, vídeo aulas onde o conteúdo está sendo exposto majoritariamente de forma oral sem muitas distrações visuais. Um momento onde ambas as modalidades citadas podem trabalhar juntas são em discussões, como em uma atividade prática simulada que o aluno deve julgar e refletir para responder; trabalhar em grupo e ouvir o que os colegas tem a dizer pode leva-lo a alcançar o conhecimento (Torres, 2023).

A modalidade cinestésica é a mais interessante e desafiadora pois o aprendizado acontece mediante atividade concreta, prioritariamente manuais e físicas. Jogos, resolução de lista de exercício, práticas experimentais são alguns dos exemplos desta modalidade. As práticas de Física podem envolver experimentos com ferramentas, como encontrar o centro de massa de uma régua ou vassoura e mantê-

---

<sup>2</sup> A simulação *Balancing Act* conta com três variações, as mais interessantes para o exposto são as gangorras que na atividade *Balance lab* disponível no link: [https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_all.html) acesso em 06 de junho de 2025, é possível experienciar inúmeras massas diferentes a serem distribuídas na gangorra e ver como ela se comporta.

las em estado de equilíbrio; ou práticas corporais como experienciar como o próprio centro de massa atua de acordo com a região de contato dos pés com o chão e a inclinação do corpo (Almeida, 2024).

Logo, a partir dessa compreensão geral sobre a importância dos processos de ensino-aprendizagem a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (2003) destaca a importância dos conhecimentos prévios como base para a construção de novos significados, defendendo que a aprendizagem se torna efetiva quando o aluno consegue relacionar os conteúdos novos com aquilo que já conhece. Essa perspectiva valoriza a organização do conteúdo, o papel do professor como mediador e o esforço deliberado para promover relações significativas no processo educativo. Ao compreender que a aprendizagem significativa não ocorre de forma passiva, mas exige uma estrutura de ancoragem cognitiva e disposição do aluno para aprender, tem-se um alicerce sólido para repensar práticas pedagógicas mais efetivas e coerentes com o desenvolvimento intelectual dos estudantes.

Na seção a seguir, trataremos partindo dessa base, a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC), proposta por Marco Antônio Moreira (2010), no qual amplia e aprofunda os pressupostos ausubelianos ao incorporar uma dimensão crítica ao processo de aprender. A seguir, serão explorados os princípios que estruturam essa teoria e que propõem um modelo de ensino mais participativo, reflexivo e transformador, no qual o aluno é compreendido como sujeito ativo, capaz de questionar, representar e ressignificar o conhecimento em diálogo com o mundo.

## **2.2 Origem da Teoria Da Aprendizagem Significativa Crítica – TASC e Seus Contrapontos Com a TAS**

Marco Antonio Moreira, professor dedicado à pesquisa em Ensino de Física. Nasceu em São Leopoldo – Rio Grande do Sul, Licenciado em Física pela Faculdade de Filosofia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em 1965. Mestre em Física pela UFRGS e PhD em Ensino de Ciências pela Universidade de Cornell nos Estados Unidos (De Paulo, 2018).

Iniciou sua carreira como professor de Física e Matemática no Ensino Médio no Rio Grande do Sul, atuou como professor também de Estatística. Entre 1967 e 2012, foi professor do Instituto de Física da UFRGS. De Paulo (2018) em seu artigo “Marco Antonio Moreira – O Professor, O Investigador, O Ser Humano” descreve a extensa trajetória do pesquisador e cita que seu trabalho não visa esgotar o tema,

mas sim expor pontos principais, ressaltando que tais contribuições ainda estão sendo construídas na atualidade.

Em sua trajetória Moreira contribuiu significativamente para a Área de Ensino de Ciências, destacando-se na criação do Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências (PIDEC) em 1988, firmou convênio entre a UFRGS e a Universidade de Burgos na Espanha, o que proporcionou a formação de centenas de doutores no Brasil, América Latina e Europa.

Ainda segundo De Paulo (2018), além de docente, Moreira atuou como pesquisador, editor e articulador institucional. Ele é fundador da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC) e presidiu a Comissão de Ensino de Física no MEC (1996–1999). Sua extensa produção inclui cerca de 170 artigos e mais de 30 livros, destacando-se pela combinação entre rigor teórico e dedicação prática. Moreira também foi editor de periódicos na área de ensino, consolidando-se como referência no debate sobre metodologias, formação docente e articulação entre pesquisa e prática pedagógica.

A relevância de Moreira para a docência nos dias de hoje para a pesquisa e o Ensino de Ciências, com foco em Física, se dá pelos seus estudos na Cornell no qual foi orientado por Joseph Novak, discípulo de David Ausubel, criador da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) mencionada na seção anterior. Sob orientação de seus preceptores Moreira trouxe para o Brasil a TAS, tornando-se um dos principais divulgadores e estudiosos no país. Essa influência foi crucial para o fortalecimento das abordagens significativa e cognitivas no ensino de Física brasileiro, especialmente por meio de seus estudos sobre mapas conceituais, subsunçores e a noção de aprendizagem significativa crítica.

A partir dessas bases, Moreira desenvolveu a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC), cujo principal objetivo é ampliar a TAS, incorporando aspectos de criticidade, contextualização social e engajamento estudantil. A TASC vai além da simples ancoragem de conceitos, propondo uma aprendizagem que envolva reflexão sobre valores, implicações éticas e a própria constituição epistemológica do conhecimento. Essa proposta tem sido apresentada em obras e artigos, contribuindo significativamente para uma educação científica mais reflexiva e emancipadora (De Paulo, 2018).

Moreira também foi representante da Área de Ensino de Ciências da CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior entre 2000 e 2007 e

recentemente foi coordenador da Comissão de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF/PROFIS) de 2013 a 2019, programa ao qual o presente trabalho está sendo desenvolvido (Oliveira, 2015).

Embora a TASC e a TAS sejam teorias que se assemelham em muitos aspectos, Moreira (2010) tenta expor alguns vieses e pontos de vista que a TAS e os autores que falam sobre ela não contemplam tanto assim. A partir de seus estudos sobre os trabalhos de Postman e Weingartner de 1969, ele pontua que embora o papel da escola seja preparar o aluno para a vida em sociedade, que constantemente esta em mudança, a escola ainda tem até hoje conceitos em foco e pontua alguns como sendo os mais evidentes.

1. O conceito de "verdade" absoluta, fixa, imutável, em particular desde uma perspectiva polarizadora do tipo boa ou má.
2. O conceito de certeza. Existe sempre uma e somente uma resposta "certa", e é absolutamente "certa".
3. O conceito de entidade isolada, ou seja, "A" é simplesmente "A", e ponto final, de uma vez por todas.
4. O conceito de estados e "coisas" fixos, com a concepção implícita de que quando se sabe o nome se entende a "coisa".
5. O conceito de causalidade simples, única, mecânica; a idéia de que cada efeito é o resultado de uma só, facilmente identificável, causa.
6. O conceito de que diferenças existem somente em formas paralelas e opostas: bom ruim, certo-errado, sim-não, curto-comprido, para cima-para baixo, etc.
7. O conceito de que o conhecimento é "transmitido", que emana de uma autoridade superior, e deve ser aceito sem questionamento. (Moreira, 2010, p. 3.)

Ou seja, o papel da escola foi, e ainda tem sido, o de direcionar os alunos a preceitos de verdades únicas, certezas fechadas, conceitos fixos, que os resultados são previsíveis e só tem um único caminho de consequência, dicotomias e de que o conhecimento só é conhecimento se foi transmitido por alguém de conhecimento superior para eles. Nesses moldes, a escola resulta em criar personalidades passivas, simples receptores, autoritários, de mente fechada às inovações e ideias que fujam ao que lhes foi imposto; cria uma sociedade de intolerantes, conservadores e inflexíveis a mudanças pela ilusão ensinada quanto às certezas.

Moreira (2010) pontua que mesmo após anos de inovações, desenvolvimento das ciências, viagem do homem ao espaço, energia nuclear e avanços tecnológicos, a escola agregou novos focos ao seu modelo de educação, fugindo a proposta dos autores mencionados por ele, acrescentando a lista



1. O conceito de informação como algo necessário e bom; quanto mais informação, melhor, estamos em plena era da informação.
2. O conceito de idolatria tecnológica; a tecnologia é boa para o homem e está necessariamente associada ao progresso e à qualidade de vida.
3. O conceito de consumidor cômico de seus direitos; quanto mais consumir, melhor; quanto mais objetos desnecessários comprar, melhor; mas deve fazer valer seus direitos de consumidor.
4. O conceito de globalização da economia como algo necessário e inevitável; o livre comércio sem restrições é bom para todos.
5. O conceito de que o "mercado dá conta"; por exemplo, a educação é uma mercadoria que pode ser vendida por qualquer instituição, "o mercado se encarrega" da oferta, da procura, da qualidade (Moreira, 2010, p. 4).

Após a sociedade ter caminhado muito para avançar no seu desenvolvimento, ainda assim a escola só acrescentou ao foco aspectos a manter a construção de personalidades passivas, uma vez que trata da informação apenas para ter informação é tudo, ter a tecnologia como algo essencial ao progresso e a qualidade de vida, consumismo consciente, globalização sem restrições e comércio desenfreado de toda e qualquer mercadoria.

A saída encontrada por Moreira (2010) para conseguir reverter essa criação contínua de personalidades passivas é a busca pela “aprendizagem significativa com atividades subversivas”, buscando sobretudo uma postura crítica afim de modificar os padrões da sociedade e sobreviver a contemporaneidade.

aprendizagem significativa crítica: é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela. Trata-se de uma perspectiva antropológica em relação às atividades de seu grupo social que permite ao indivíduo participar de tais atividades mas, ao mesmo tempo, reconhecer quando a realidade está se afastando tanto que não está mais sendo captada pelo grupo (Moreira, 2010, p. 7).

O ser crítico precisa ir além de uma perspectiva interna a situação, o sujeito crítico deve, ao mesmo tempo que participa do problema, ser capaz olhar para além dele. Nesta perspectiva, o autor amplia a ideia do sujeito deve aprender ao ver sentido ao que está lhe sendo ensinado, indo em direção a possibilidade da dúvida, do raciocínio, do questionamento e da construção de novos conceitos e teorias a partir da autonomia. Além disso, através deste tipo de aprendizagem o aluno será capaz de lidar de forma construtiva com as mudanças sem ser dominado por ele, administrar informações e usufruir do mundo moderno sem se deixar levar por ele.

Com o intuito de proporcionar uma aprendizagem significativa e visando facilitar a aprendizagem significativa crítica, Moreira (2010) propõe onze princípios, propostas

plenamente viáveis e executáveis em sala de aula para proporcionar uma aprendizagem eficientemente subversiva.

Figura 2.2: Diagrama dos Princípios da TASC.



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Em seu primeiro, Princípio dos Conhecimentos Prévios, Moreira (2010) enfatiza a essência da necessidade da aprendizagem significativa como origem, como ponto de partida para uma aprendizagem significativa crítica, que é a aprendizagem a partir dos conhecimentos prévios.

Quer dizer, para ser crítico de algum conhecimento, de algum conceito, de algum enunciado, primeiramente o sujeito tem que aprendê-lo significativamente e, para isso, seu conhecimento prévio é, isoladamente, a variável mais importante (Moreira, 2010, p. 8).

Ele defende que é de suma importância aprender a partir de conhecimentos já existentes, uma vez que os conteúdos novos devem ser ancorados nos já existentes para a partir deles construir, relacionar e ampliar a gama de conhecimentos como exposto na seção anterior pela TAS de Ausubel.

O segundo, Princípio da Interação Social e do Questionamento, Moreira (2010) aponta que ensinar/aprender deve se dar a partir de perguntas, não de respostas. Quando há uma troca de significados de modo que o professor transmite ao aluno e posteriormente o aluno ao professor, embora seja em sua maioria a dinâmica do

ensino nas escolas, não proporciona uma aprendizagem crítica, mas sim uma aprendizagem mecânica. O autor ainda enfatiza que o ensino deve se basear em interação social, onde a voz dos aprendizes tem peso tão significativo quanto a do professor

O Princípio da Não Centralidade do Livro de Texto, diz respeito a não utilização do livro didático como material absoluto para pesquisa e fonte de conhecimento. Existem inúmeros documentos, livros, artigos, sites, entre outros materiais educativos que o aluno e o professor podem ter acesso que amplia as possibilidades que apenas um único material teria. Moreira (2010) inclusive não exclui a necessidade de momentos explicativos de exposição do assunto, o que deve ser proporcionado é uma abertura dialógica, curiosa, questionadora e ativa sobre os assuntos.

O quarto, Princípio do Aprendiz como Perceptor/Representador, Moreira (2010) aponta que o aluno tem sua posição de recepção em meio a escola, e propõe que a recepção é a possibilidade do sujeito de perceber o mundo a sua volta e conseguir o representar, ou seja, da dinâmica do aluno receptor, o mais importante é seu lado perceptor. Somente a partir da percepção o ser é capaz de construir significado e consequentemente conhecimentos.

A fonte primária para a construção de tais modelos é a percepção e seu compromisso essencial é a funcionalidade para o construtor (perceptor). Isso significa que é improvável que mudemos nossos modelos mentais, com os quais representamos o mundo a menos que deixem de ser funcionais para nós. Mas isso é o mesmo que dizer que é improvável que alteremos nossas percepções a menos que frustrem nossas tentativas de fazer algo a partir delas. É também o mesmo que dizer que não modificaremos nossas percepções, independentemente de quantas vezes nos disserem que estamos "errados", se elas "funcionam" para nós, i.e., se alcançam nossos objetivos representacionais (Moreira, 2010, p. 11).

Moreira, ao afirmar que a percepção é a fonte primária na construção dos modelos mentais, reposiciona o aluno como sujeito ativo e interpretante da realidade, ao assumir a funcionalidade como critério central da transformação do conhecimento, afasta-se da simples imposição externa do saber. O trecho destaca que não basta dizer ao estudante que sua ideia está "errada", se ela é funcional para ele, ela persiste. Isso reforça o papel do professor não como corretor, mas como mediador que provoca situações de conflito cognitivo e de frustração produtiva, incentivando o aluno a perceber os limites de seus próprios modelos. A aprendizagem significativa crítica,

portanto, depende de uma abertura à reconstrução perceptiva, o que só ocorre quando o próprio sujeito vê sentido e necessidade nessa mudança.

O Princípio do Conhecimento como Linguagem, o quinto princípio, indica que o saber não se reduz ao conteúdo, mas está entrelaçado com a linguagem que usamos para representá-lo. Moreira reforça que disciplina, História, Matemática ou mesmo as Ciências da Natureza: Química, Biologia e Física, todas tem sua linguagem própria e apreender um novo conteúdo implica conhecer e dominar a linguagem de cada um deles. Logo pensar exige expressar, e isso promove a capacidade de ver o mundo com novos códigos interpretativos.

Para Moreira (2010) “Aprendê-la de maneira crítica é perceber essa nova linguagem como uma nova maneira de perceber o mundo.”, o professor deve buscar facilitar a aprendizagem da disciplina. Nesta condição os princípios começam a conversar, uma vez que o professor mediando o processo de aprendizagem da linguagem de cada disciplina precisa utilizar da interação social e do questionamento para favorecer o intercâmbio de significados e logo a construção de novos conhecimentos.

O sexto, o Princípio da Consciência Semântica, é um princípio que visa trazer consciência para que o significado das palavras está nas pessoas e não nas coisas. Entender que o significado está nas pessoas que as utilizam, conduz a uma postura crítica em relação ao uso do discurso. Esse princípio fortalece a capacidade do aluno de negociar sentidos e reconhecer que a linguagem é dinâmica, variável e construída socialmente.

Para Moreira (2010), o sétimo, Princípio da Aprendizagem Pelo Erro, é diferente da aprendizagem por ensaio-erro que busca achar uma resposta certa errando. Neste princípio humaniza-se o erro, numa perspectiva onde faz parte errar e é a partir disso que o conhecimento surge, a partir da superação do erro. Segundo Moreira “buscar sistematicamente o erro é pensar criticamente, é aprender a aprender, é aprender criticamente rejeitando certezas, encarando o erro como natural e aprendendo através de sua superação.” Indo em direção oposta ao que ocorre na escola que é o professor estar sempre contando verdades, aqui o erro é desejado para proporcionar criticidade.

O Princípio da Desaprendizagem, é o oitavo princípio proposto por Moreira (2010), se faz necessário reinventar parte do conhecimento prévio que se torna entrave, assim exigindo uma desaprendizagem, ou seja, aprender a não usar subsunções que impedem a apreensão de novos significados. Esse princípio

reconhece que nem sempre o que se sabe facilita a aprendizagem, e que nem tudo previamente adquirido é útil.

O nono, o Princípio da Incerteza do Conhecimento, partem do pressuposto que definições, perguntas e metáforas são os elementos mais importantes para a construção de uma linguagem, logo também para a construção de um conhecimento.

A aprendizagem significativa destes três elementos só será da maneira que estou chamando de crítica quando o aprendiz perceber que as definições são invenções, ou criações, humanas, que tudo o que sabemos tem origem em perguntas e que todo nosso conhecimento é metafórico (Moreira, 2010, p. 16).

Assim, perguntas são os principais instrumentos para proporcionar a percepção, ou seja, se uma pessoa não é capaz de perguntar ela fica impedida de utilizar deste instrumento intelectual e não enxerga as possibilidades ao redor. Definições, na perspectiva crítica, é fundamental para perceber o porquê ela foi criada e como definições alternativas também podem atender a mesma finalidade. Metáfora, vai além de ser uma figura poética, é uma ferramenta de percepção que pode auxiliar na ponte entre o aluno e conhecimentos abstratos.

O princípio da incerteza do conhecimento nos chama atenção que nossa visão de mundo é construída primordialmente com as definições que criamos, com as perguntas que formulamos e com as metáforas que utilizamos. Naturalmente, estes três elementos estão inter-relacionados na linguagem humana (Moreira, 2010, p. 16).

Aja visto a partir deste princípio que ele dialoga com o princípio da interação social e do questionamento, o princípio do aprendiz como perceptor/representador e, primordialmente, o princípio do conhecimento como linguagem pela necessidade de um mediador, principalmente para proporcionar as metáforas; se relaciona, ainda, com o aluno como perceptor, mas também como questionador, pois o questionamento e as definições só poderão surgir a partir destes aspectos ativos do estudante. E acima de tudo, fazendo o uso do conhecimento da linguagem da disciplina para tal interação.

O Princípio da Não Utilização do Quadro-de-Giz, o décimo princípio, Moreira (2010) aponta o quadro-de-giz como símbolo de uma aula transmissiva e mecânica. Ao abandonar esse recurso, o professor abre espaço para estratégias participativas e colaborativas que efetivamente engajam os estudantes, exigem sua voz ativa e combatem o ensino casuístico e memorístico. Ele ainda aponta que o quadro-de-giz

não é um termo literal, isso inclui o abandono de uso de materiais como data-show ou qualquer outra ferramenta que prenda o professor na mesma dinâmica expositiva.

E por fim, o princípio de número onze, o Princípio do Abandono da Narrativa. Finalizando, esse princípio defende que o professor ouça mais e fale menos, encorajando os alunos a narrar, interpretar e problematizar os saberes trabalhados. Trata-se de permitir que o conhecimento emergja da construção coletiva de significados, rompendo com a lógica da aula expositiva centrada no professor e o aluno passivo como um mero receptor.

Muito embora narrar é uma prática predominante entre os professores, é uma prática que têm se mostrado ineficiente ao longo dos anos com a necessidade atual de uma personalidade crítica na sociedade em constante evolução. O erro vem da ideia de que ensinar, pelo simples ato de narrar, tem como consequência imediata a aprendizagem.

Tendo em vista o exposto a aprendizagem significativa crítica tem como uma de suas propostas tirar o foco do professor e tornar o aluno o centro, o protagonista no seu processo de aprendizagem. O professor aqui se torna um mediador do processo e faz, como um de seus papéis, aprender a aprender e ensinar os alunos a aprender de forma autônoma e crítica (Moreira, 2010).

Neste sentido, a aprendizagem significativa crítica representa um deslocamento epistemológico e didático em relação à visão clássica da aprendizagem significativa. Enquanto a perspectiva tradicional, embora valorize a ancoragem em conhecimentos prévios, ainda pode ser conduzida em ambientes centrados na exposição do conteúdo, a vertente crítica propõe uma ruptura mais profunda com o modelo transmissivo e com a passividade discente.

Ela não se limita ao domínio cognitivo, mas convoca o sujeito aprendente à tomada de consciência sobre o conhecimento, seu contexto e seus usos. Esse redirecionamento demanda a superação da mera narrativa docente e o investimento em práticas pedagógicas que promovam o questionamento, a reconstrução e a problematização das percepções dos alunos. A seguir, torna-se relevante aprofundar as distinções entre as abordagens clássica e crítica da teoria da aprendizagem significativa, situando os aspectos que as aproximam e, sobretudo, os que as diferenciam.

Diante do exposto, a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, proposta por Marco Antônio Moreira, amplia os fundamentos ausubelianos ao incorporar

dimensões sociais, perceptivas e reflexivas ao processo de ensino e aprendizagem. Seus onze princípios colocam o aluno como sujeito ativo na construção do conhecimento, valorizando a percepção, o questionamento, a linguagem, o erro e até a desaprendizagem como elementos fundamentais para uma aprendizagem verdadeiramente crítica. Ao deslocar o foco do ensino transmissivo para práticas dialógicas, participativas e contextuais, Moreira propõe uma educação que transforma, que escuta e que convida à ressignificação constante do saber.

Tendo em vista essa ampliação, na seção a seguir, será discutido os principais contrapontos entre a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e sua releitura crítica feita por Moreira (2010), no qual serão apresentados os pontos de convergência e divergência entre ambas as abordagens, destacando como essas distinções impactam a prática docente e a forma como se concebe o ato de aprender.

### 2.3 TAS X TASC

Moreira (2010) em seu artigo *APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: da visão clássica à visão crítica*, aponta que a Teoria da Aprendizagem Significativa, formulada por David Ausubel, teve como preocupação central compreender o modo como novos conhecimentos são incorporados à estrutura cognitiva do aprendiz. A chamada visão clássica da TAS, valoriza a ancoragem de informações novas em conceitos previamente existentes, desde que esses conceitos estejam organizados de forma estável e significativa.

O papel do professor, nesse contexto, é o de apresentar conteúdos estruturados de maneira lógica e sequencial, e o do aluno, o de estabelecer ligações entre esses conteúdos e os conhecimentos que já possui. A estrutura é fortemente cognitiva e a ênfase está na estabilidade das relações significativas entre conteúdos. No entanto, Marco Antonio Moreira, ao longo de seus estudos e práticas pedagógicas, reconheceu a necessidade de uma ampliação dessa teoria frente aos desafios da educação contemporânea.

Essa ampliação resultou na formulação da chamada visão crítica da aprendizagem significativa. Complementarmente à perspectiva clássica, a visão crítica considera que aprender significativamente não se restringe à incorporação lógica de conteúdos à estrutura mental do aluno, mas implica também uma atitude crítica diante do conhecimento. Moreira (2010) propõe que o conhecimento não deve apenas ser compreendido, mas também questionado, reconstruído e situado

historicamente. O aluno deixa de ser apenas um assimilador de significados e passa a ser um produtor ativo de sentidos, capaz de transformar sua própria realidade a partir do que aprende.

Esse deslocamento teórico e prático está ancorado na compreensão de que a aprendizagem não se dá em um vácuo cultural e ideológico. O conhecimento científico, tratado muitas vezes na escola como neutro e universal, é compreendido na visão crítica como produto histórico, social e político. Por isso, a aprendizagem significativa crítica demanda que o aluno vá além da memorização e da compreensão conceitual, sendo levado a problematizar os saberes, suas origens, seus usos e suas implicações.

É nesse ponto que a crítica à narrativa tradicional do professor, como figura central do processo de ensino, ganha força, uma vez que se torna necessário construir ambientes em que o diálogo, o conflito cognitivo e a mediação ativa ganhem protagonismo. Outro ponto de inflexão importante está na relação com os modelos mentais e as percepções prévias dos alunos.

Na visão clássica, a estrutura cognitiva do aprendiz é o ponto de partida para a aprendizagem, mas permanece relativamente estática. Já na perspectiva crítica, ela é vista como mutável e atravessada por experiências concretas, emoções, valores e contextos. Assim, aprender é também transformar percepções e representações de mundo. Como ressalta Moreira (2010), a aprendizagem significativa crítica não substitui a visão clássica, mas a amplia, conferindo-lhe uma dimensão ética, política e epistemológica indispensável para uma educação emancipadora. Para complementar o presente exposto vamos visualizar na figura abaixo os contrapontos entre a visão clássica e a visão crítica.



Figura 2.3: Exposição dos contrapontos entre a visão clássica e a crítica.

|                 | FUNDAMENTO                                                                               | OBJETIVO                                                        | ASPECTOS DO ENSINO                                                                                               | PAPEL DO ALUNO                | PAPEL DO PROFESSOR                                             |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>CLÁSSICA</b> | Base cognitivista com foco em estrutura mental e interação entre conhecimentos prévios   | Facilitar a ancoragem de novos conhecimentos                    | Novos conhecimentos ancorados a partir de conhecimentos prévios, clareza e progressividade no avanço do conteúdo | Aluno ativo                   | Facilitador da conexão entre subsunçores e novos conhecimentos |
| <b>CRÍTICA</b>  | Incorpora fundamentos socioculturais, epistemológicos críticos e a subversão intelectual | Promover a compreensão crítica e transformadora do conhecimento | Construção e reconstrução de conhecimento a partir do questionamento de conhecimentos prévios                    | Aluno protagonista e autônomo | Promotor, incentivador da criatividade e da autonomia          |

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Embora a visão crítica seja uma ampliação da visão clássica de David Ausubel, ainda assim foi possível perceber as nuances em que uma apresenta aspectos em que as diferenciam. Ambas as teorias podem ser trabalhadas juntas e observadas no processo de aprendizagem e também podem proporcionar reflexões valiosas para os professores uma vez que elas dialogam muito entre si.

Segundo a figura 2.3 o primeiro ponto onde podemos observar que as teorias dialogam entre si é o tópico quanto ao fundamento. Para a TAS o foco é a estrutura mental e os subsunçores que o aluno já possui para uma construção de conhecimento por ancoragem, já para a TASC, além do exposto pela TAS, é necessária uma subversão intelectual a partir de fundamentos socioculturais e epistemológicos.

No quesito objetivos, a TASC pontua que assim como a ancoragem de novos conhecimentos a partir dos conhecimentos prévios, é de suma importância que exista uma compreensão crítica, não dogmática, transformadora do conhecimento mesmo que para tanto seja necessário dúvidas, erros, questionamentos e abandono de materiais e narrativas que atrapalhem tal processo. O que no tópico sobre aspectos a TAS prioriza também a progressividade e a clareza no avanço dos conceitos, já a TASC visa priorizar o questionamento e a reconstrução do conhecimento (Moreira, 2010).

Já os tópicos quanto as interações sociais a TAS coloca o aluno apenas como sujeito ativo do processo, a TASC busca colocar o aluno como protagonista e autônomo da construção do seu conhecimento. Em contrapartida o professor sai da perspectiva de apenas mediador, facilitador da TAS para uma persona ativa, promotora e incentivadora do progresso de seus alunos na TASC, onde não basta guiar, tem que ativamente agir para proporcionar autonomia e criticidade do aluno.

Outros pontos que podem ser mencionados são a relação que os alunos devem ter com o conhecimento, para a TAS o foco na estrutura lógica e estável do conhecimento científico e para a TASC o conhecimento é uma ferramenta de construção histórica, social e política. Enquanto a concepção de aprendizagem clássica almeja a aquisição de significados novos ligados a conceitos prévios, a crítica busca construção de sentidos com base em conflitos cognitivos e sociais, com abertura para mudança de percepções; a ênfase pedagógica da teoria clássica almeja clareza conceitual e lógica do conteúdo; a crítica vai em busca de construir uma criticidade, autonomia intelectual e transformação social.

Quanto a relação com a realidade, na visão clássica, proposta por Ausubel, a relação com a realidade é centrada na experiência individual do aluno, sua história pessoal, sua estrutura cognitiva, seus conhecimentos prévios. O objetivo é fazer com que o novo conteúdo se conecte de forma lógica e significativa com o que o aluno já sabe. A “realidade” aqui é mais interna, particular, e muitas vezes descolada da contemporaneidade e das transformações sociais em curso.

Já na visão crítica, a realidade ganha contornos mais amplos e dinâmicos. A aprendizagem significativa crítica se preocupa com o contexto histórico-social e com as exigências da sociedade contemporânea, marcada por inovações constantes, transformações culturais e avanços tecnológicos. Nesse cenário, a aprendizagem deve ajudar o aluno a não apenas compreender o mundo, mas também posicionar-se criticamente diante dele, evitando tanto o apego conservador ao que já se sabe quanto a alienação diante do novo. Ou seja, a crítica não se opõe ao avanço, mas sim à aceitação passiva do que é apresentado como verdade. Aprender criticamente é ser capaz de dialogar com a realidade de forma ativa, ética e reflexiva.

Compreender os contrapontos entre a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel (2003) e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) de Moreira (2010) permite ampliar a visão sobre os processos educativos, revelando que, embora compartilhem raízes comuns, essas abordagens divergem quanto à forma de

compreender o papel do aluno, do professor e do conhecimento. Enquanto a TAS oferece um alicerce sólido para o entendimento da aprendizagem com significado, a TASC propõe uma ampliação crítica e transformadora, inserida em contextos sociais e dialógicos. Diante dessas concepções, é possível construir práticas pedagógicas mais sensíveis, conscientes e coerentes com os desafios contemporâneos.

Na próxima seção, serão exploradas as contribuições da TASC para o Ensino de Física, destacando suas potencialidades no favorecimento de aprendizagens mais críticas, ativas e significativas, em sintonia com as demandas contemporâneas da educação científica.

## **2.4 A TASC No Ensino De Física**

Dando continuidade à discussão sobre as abordagens clássica e crítica da aprendizagem significativa, é fundamental agora situar essas teorias no contexto real da sala de aula, mais especificamente no Ensino de Física. Afinal, como essas concepções de aprendizagem podem contribuir para superar os desafios históricos e contemporâneos enfrentados por professores e estudantes dessa área do conhecimento? Para essa reflexão, o artigo de Moreira (2021), intitulado *Desafios no ensino de Física*, oferece elementos importantes.

Moreira destaca que o ensino de Física tem sido historicamente marcado por uma excessiva formalização matemática, pela ênfase na resolução mecânica de problemas e pela fragmentação conceitual, o que frequentemente afasta os estudantes e impede a construção de significados profundos. A aprendizagem, nesses moldes, tende a ser mecânica e descontextualizada, justamente o que as teorias significativas de aprendizagem buscam combater. Assim, os desafios apontados por Moreira não são apenas didáticos ou metodológicos, mas estão diretamente ligados à forma como se compreende o processo de aprender e ensinar.

Entre os principais obstáculos mencionados por Moreira (2021), está o distanciamento entre os conteúdos ensinados e as experiências significativas dos alunos. É nesse ponto que a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) propõe uma reorientação radical: não basta que o conteúdo seja logicamente estruturado ou potencialmente significativo, como prevê a teoria clássica, é necessário também que esse conteúdo tenha sentido no mundo vivido pelo aluno, no seu contexto social, histórico e tecnológico. A Física, portanto, não pode ser tratada apenas como um corpo de fórmulas a serem decoradas, mas como uma construção humana,

carregada de sentido, em constante transformação e essencial para compreender e atuar criticamente no mundo.

A proposta crítica coloca o aluno como sujeito ativo do processo de construção do conhecimento, o que exige do professor uma prática que vá além da exposição tradicional e envolva mediação intencional, sensibilidade para os conhecimentos prévios dos estudantes e disposição para o diálogo entre saberes acadêmicos e saberes cotidianos. Assim, ao invés de focar exclusivamente na transmissão de conteúdos, o ensino de Física deve ser orientado para a formação de um pensamento crítico, investigativo e conectado com os desafios do tempo presente (Moreira, 2010).

Além disso, Moreira (2021) argumenta que o ensino de Física precisa ser capaz de construir pontes entre a formalização e a intuição, entre o saber técnico e o saber experiencial. Isso significa reconhecer que, muitas vezes, os alunos já possuem modelos mentais funcionais para explicar fenômenos físicos do cotidiano, ainda que esses modelos não correspondam exatamente à versão científica. A função do ensino não é simplesmente substituir esses modelos por outros, mas sim provocar processos de reflexão e reconstrução, promovendo a reconstrução do conhecimento de forma significativa, tanto do ponto de vista cognitivo quanto existencial.

Podemos ainda importar algumas metodologias ou abordagens da TAS de David Ausubel, uma vez que a TASC amplia a sua profundidade de ação. Como citado na seção 2.1, Honorato *et al.* (2018) aborda sobre as modalidades de ensino visual, auditiva e cinestésica, que embora a cinestésica requer práticas manuais isso pode ser minimamente solucionado por uma proposta feita por Moreira (2021).

Cada vez mais os alunos têm acesso a computadores e internet, na escola ou em casa. Em laboratórios virtuais os alunos podem fazer simulações, construir modelos computacionais, alterar variáveis em modelos preexistentes para ver o que acontece, fazer experimentos remotos. Enfim, podem aprender Física e desenvolver competências científicas (Moreira, 2021, p. e20200451-3).

O uso de laboratórios virtuais pode sanar parte do problema e da justificativa de alguns professores para manter a aula tradicional, que é a ausência de laboratório e materiais. Com as simulações, a prática pode ser alcançada mesmo de forma virtual, podendo proporcionar uma aprendizagem mais ativa, logo significativa. Um tipo de modalidade não anula e a outra, mas complementa, uma vez que o aluno pode ter a predisposição para aprender com mais de uma delas (Honorato *et al.*, 2018).

Outra questão fundamental quando se pensa na articulação entre as teorias significativas e o ensino de Física é a valorização dos conhecimentos prévios dos alunos, uma base essencial tanto na abordagem clássica quanto na crítica. Em conteúdos de Física, como os de cinemática ou eletromagnetismo, os estudantes frequentemente chegam à sala de aula com ideias formadas por experiências cotidianas, pela mídia ou por vivências informais. Embora muitas dessas concepções sejam classificadas como "alternativas" ou "errôneas" do ponto de vista científico, elas são, na verdade, representações funcionais que cumprem um papel explicativo no cotidiano do aluno. A proposta da TASC, nesse contexto, não é simplesmente substituir essas ideias, mas partir delas para construir novos significados, levando em conta a funcionalidade percebida pelos alunos e criando situações em que os modelos mais científicos se tornem mais úteis para compreender a realidade.

Além disso, é preciso considerar que o ensino de Física, quando orientado por uma aprendizagem significativa crítica, deve superar a ideia de neutralidade do conhecimento. Isso significa reconhecer que os conteúdos ensinados não são apenas ferramentas técnicas ou verdades absolutas, mas também expressam formas de ver o mundo e de interagir com ele. A TASC propõe que o ensino de Física incorpore questões contemporâneas como a crise climática, as desigualdades no acesso à tecnologia, o uso da ciência na indústria bélica e a relação entre ciência e poder. Ao fazer isso, a Física passa a ser compreendida não apenas como um conjunto de leis e equações, mas como um campo do saber que precisa ser criticado, contextualizado e apropriado de forma consciente.

Dessa forma, a aprendizagem deixa de ser apenas significativa no sentido cognitivo e passa a ser também significativa no plano existencial e social e a teoria da aprendizagem significativa crítica, ao enfatizar o papel da percepção, da funcionalidade e do contexto sociocultural na aprendizagem, se apresenta como uma resposta coerente aos desafios elencados por Moreira (2021). Trata-se de uma proposta que reconhece a complexidade do ensino de Física e convida os educadores a uma prática mais dialógica, contextualizada e transformadora.

Diante do cenário complexo e desafiador do ensino de Física, a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica se revela uma aliada potente ao propor uma abordagem que reconhece o estudante como sujeito ativo, valoriza seus conhecimentos prévios e insere o conteúdo em contextos reais e socialmente relevantes. Ao integrar mediação reflexiva, múltiplas linguagens e recursos

tecnológicos como os laboratórios virtuais, a TASC amplia as possibilidades de construção de significados e promove uma aprendizagem mais crítica, engajada e transformadora. Superando a lógica da transmissão e da neutralidade, essa perspectiva contribui para ressignificar o ensino de Física como um processo formativo integral.

No próximo capítulo, serão apresentadas as metodologias que sustentaram o desenvolvimento do presente trabalho, com ênfase na articulação entre os fundamentos teóricos da aprendizagem significativa e crítica, e os pressupostos da pesquisa qualitativa de cunho translacional, voltada à transformação da prática docente. Essa abordagem metodológica considera a realidade educativa como um campo dinâmico e interpretativo, sendo analisada por meio da técnica de Análise de Conteúdo proposta por Bardin, que possibilita sistematizar e interpretar os dados a partir de categorias emergentes, alinhadas aos objetivos investigativos e à natureza formativa deste estudo.

### **3 METODOLOGIAS QUE FALAM: ENTRE SABERES, DISCURSOS E PRÁTICAS INVESTIGATIVAS**

O objetivo deste capítulo é apresentar os caminhos metodológicos que fundamentaram e orientaram esta pesquisa. Trata-se de uma investigação de natureza qualitativa explicativa voltada à compreensão dos processos de ensino e aprendizagem em Física, com ênfase no estudo da Estática do Corpo Rígido. A pesquisa assume caráter translacional ao articular teoria e prática, de modo a aproximar referenciais conceituais da realidade escolar e favorecer intervenções pedagógicas significativas. O campo de estudo corresponde ao Ensino Médio, tendo como atores os estudantes e o professor-pesquisador, cuja interação foi essencial para a construção dos dados. Para tanto, foram mobilizadas estratégias de coleta e análise qualitativa que evidenciaram as percepções, discursos e decisões dos participantes, garantindo a valorização de suas experiências no processo investigativo.

Nesse contexto, ganha relevo o aporte da pesquisa translacional, originalmente vinculada às ciências da saúde, mas que, mais recentemente, vem sendo incorporada às discussões educacionais como alternativa para aproximar a produção acadêmica da realidade escolar. Entendida como um movimento que busca transformar saberes científicos em práticas pedagógicas concretas, e em contrapartida ressignificar a teoria a partir da experiência em sala de aula, essa abordagem orientou a construção da Sequência Didática Interativa desenvolvida neste trabalho. Tal perspectiva favoreceu o diálogo entre os fundamentos conceituais da Física e as práticas pedagógicas efetivamente vivenciadas, permitindo compreender e intervir de forma mais significativa no processo de ensino-aprendizagem da Estática do Corpo Rígido.

Do mesmo modo, este capítulo contempla os fundamentos da pesquisa qualitativa, concebida como recurso essencial para interpretar os significados atribuídos pelos sujeitos participantes. O enfoque qualitativo possibilitou uma análise atenta para o campo empírico e para os atores envolvidos, valorizando suas percepções, interações e produções. Entre os procedimentos analíticos adotados, destaca-se a Análise de Conteúdo proposta por Laurence Bardin, que possibilitou identificar, organizar e refletir sobre as vozes emergentes nos dados produzidos ao longo da aplicação da Sequência Didática Interativa.

### 3.1 Tipificação da Pesquisa

Segundo Pregoner (2024) é fundamental que a escolha de uma abordagem de pesquisa, especialmente em estudos voltados para o ensino, seja feita com muita clareza de objetivos, seja para o momento da execução do estudo como para a escrita e divulgação para os interessados na pesquisa. A escolha certa para a abordagem precisa proporcionar confiabilidade, credibilidade e evidenciar a aplicabilidade no cotidiano do futuro professor pesquisador que venha a buscar os mesmos resultados.

A pesquisa qualitativa é uma abordagem metodológica que se concentra na compreensão de fenômenos por meio da coleta e análise de dados não numéricos. Ao contrário da pesquisa quantitativa, que se baseia em dados numéricos e análise estatística, a pesquisa qualitativa busca explorar e interpretar os significados subjacentes, experiências e contextos dos participantes. Essa abordagem é particularmente valiosa para obter percepções profundas sobre questões sociais, culturais e educacionais complexas (Pregoner, 2024, p. 13). [tradução nossa]

Nesse contexto, a presente investigação caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa de natureza explicativa, pois busca compreender em profundidade os significados atribuídos pelos sujeitos e as relações entre conceitos no processo de ensino-aprendizagem. De acordo com Bogdan e Biklen (1994), a pesquisa qualitativa distingue-se por considerar o ambiente natural como fonte direta de dados, por valorizar o pesquisador como instrumento de coleta, pelo caráter descritivo das informações, pela ênfase nos processos em detrimento apenas dos resultados e pela análise de caráter indutivo, características essenciais para a proposta deste estudo.

Ainda que possa dialogar com métodos quantitativos, é necessário compreender que estes priorizam números e mensurações, podendo inclusive moldar as respostas de acordo com opções pré-estabelecidas. Já a abordagem qualitativa visa captar detalhes descritivos, experiências e percepções dos participantes (Bogdan e Biklen, 1994; Pregoner, 2024).

Os primeiros registros do surgimento do que conhecemos como pesquisa qualitativa surgiu na segunda metade do século XIX investigando o cenário social. Como metodologia de abordagem qualitativa, a primeira obra publicada foi nos anos 30 com o livro *Methods of social investigation* dos autores Sidney e Beatrice Webb. Esta obra falava sobre uma abordagem mais descritiva e analítica a partir da inserção do pesquisador no meio, indo de encontro a pesquisa quantitativa que costumava já ter uma teoria estabelecida a priori (Godoy, 1995).



Para a educação, Bogdan e Biklen (1994) descrevem que apenas em 1954 no Congresso dos Estados Unidos foi aprovada uma lei e a criação de bolsas para instituições que tinham programas de investigação educacional. O foco em pesquisas qualitativas em educação só veio a aparecer nos anos sessenta em contraposição à hegemonia do modelo positivista que dominava a produção científica até então. A crítica à rigidez dos métodos quantitativos e a valorização dos significados atribuídos pelos sujeitos às suas experiências abriram espaço para uma virada qualitativa nas ciências sociais e humanas.

No Brasil, esse movimento chega com mais força nas décadas de 1970 e 1980, especialmente com os estudos em educação influenciados pelas ciências sociais. Ainda que o país seguisse por um tempo os moldes norte-americanos e europeus voltados à mensuração e à neutralidade científica, a análise de contextos escolares, práticas pedagógicas e experiências vividas pelos sujeitos passou a ser valorizada como forma legítima de conhecimento. A abordagem qualitativa tornou-se um instrumento central para compreender a complexidade do ambiente educacional e dos processos formativos, reconhecendo a escola como espaço cultural e histórico, onde ocorrem interações humanas que não podem ser reduzidas a variáveis isoladas (Bogdan e Biklen, 1994; Godoy, 1995).

Segundo Bogdan e Biklen (1994), a pesquisa qualitativa caracteriza-se por cinco premissas básicas: o ambiente natural como fonte direta de dados, o pesquisador como instrumento fundamental de coleta, o caráter descritivo dos dados, a ênfase no processo e não apenas nos resultados, e a análise indutiva. Tais elementos revelam um compromisso com a investigação em profundidade, com o olhar atento aos detalhes da vivência dos sujeitos, e com a valorização dos significados singulares que emergem nas práticas sociais e educativas.

Para Cardano (2017), a principal força da pesquisa qualitativa está em sua capacidade de investigar realidades humanas não padronizadas, através de métodos que respeitam a subjetividade e a pluralidade das experiências. Em vez de aplicar instrumentos rígidos de medição, a pesquisa qualitativa constrói categorias interpretativas a partir dos dados, de modo progressivo e reflexivo. Trata-se de um processo analítico-dialógico, onde as interpretações do pesquisador se cruzam com as falas, gestos, contextos e histórias dos sujeitos da pesquisa.

Essa perspectiva é reforçada por estudos recentes, como o de Martins *et al.* (2024), que destaca que a pesquisa qualitativa é especialmente útil no campo

educacional por permitir o estudo das práticas pedagógicas e das relações de ensino-aprendizagem em contextos vivos e dinâmicos. A abordagem qualitativa não visa à generalização estatística, mas sim à compreensão aprofundada de fenômenos educativos, o que a torna coerente com investigações voltadas à ressignificação de práticas docentes, como é o caso da presente pesquisa sobre o ensino de Física com base na aprendizagem significativa e crítica.

Diante da natureza dos objetivos desta investigação, a pesquisa qualitativa se mostra como o caminho metodológico mais coerente. Isso se intensifica quando se considera a adoção de fundamentos teóricos como a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) e sua vertente crítica (TASC), que valorizam o papel ativo dos sujeitos na construção do conhecimento a partir de experiências significativas, afetivas e culturais. Nesse contexto, a pesquisa qualitativa oferece subsídios epistemológicos e metodológicos fundamentais para compreender não apenas o "o quê", mas o "como" e o "porquê" da aprendizagem.

Essa abordagem também estabelece terreno fértil para práticas investigativas que se aproximam da realidade da sala de aula e da prática docente. Como destacam Colombo *et al.* (2019), a pesquisa translacional em ensino, que será abordada na seção seguinte, requer metodologias que reconheçam a complexidade, a subjetividade e a singularidade do cotidiano escolar. Nesse sentido, é precisamente a natureza interpretativa e contextualizada da pesquisa qualitativa que permite construir pontes legítimas entre o conhecimento científico e as práticas pedagógicas, aproximando-se, assim, das finalidades da pesquisa translacional no ensino de Física.

Dessa forma, ao caracterizar esta investigação como qualitativa, reconhece-se a complexidade do fenômeno educativo, entendendo que os sentidos atribuídos pelos sujeitos às suas experiências não podem ser reduzidos a dados numéricos ou generalizações rígidas. A abordagem qualitativa permite captar a riqueza dos discursos, das interações e das práticas, possibilitando uma análise mais profunda e contextualizada da realidade escolar.

A seguir, será discutida a escolha pela pesquisa translacional como eixo condutor do trabalho, destacando sua contribuição para a mediação entre teoria e prática e para a transformação do fazer docente.

### 3.2 Pesquisa Translacional No Ensino e suas Contribuições na Unidade Teoria Prática

A pesquisa translacional surgiu inicialmente no campo das ciências da saúde, no século XX, com a pesquisa de um médico bacteriologista e imunologista e a publicação de seu livro *Gênese e desenvolvimento de um fato científico*. O médico Ludwik Fleck de origem judaico-polonesa que viveu entre 1896 e 1961 (Barbora e Pereira, 2017), em seu livro, analisa como se dá a construção do conhecimento científico, usando como exemplo histórico o caso da sífilis. Ele mostra como o contexto histórico influencia a formação dos chamados "fatos científicos" e antecipa ideias que mais tarde seriam aprofundadas como o conceito de *épistémè* e o de paradigma.

Segundo Colombo *et al.* (2019, p. 53) "A concepção de uma nova abordagem do conhecimento, de forma translacional, visa a facilitar, incentivar e organizar a troca de diversas formas de conhecimento.", em outras palavras o termo "translacional" refere-se justamente à ideia de "tradução" ou "transferência" de conhecimentos entre diferentes domínios, promovendo a conexão entre teoria e prática, estreitando os caminhos entre uma descoberta e a prática científica.

Nos Estados Unidos, essa abordagem ganhou força com o fortalecimento de centros de pesquisa ligados à medicina acadêmica, que passaram a adotar estratégias mais eficazes de transferência do conhecimento científico para contextos clínicos. O objetivo central era transformar descobertas científicas em ações que beneficiassem diretamente a sociedade, superando as barreiras existentes entre a produção acadêmica e a prática profissional. Surge então o termo *Translational Research* (Leal e Araújo, 2024). Com base no exposto temos que a Pesquisa Translacional

[...] visa a aplicação das descobertas geradas por pesquisas de laboratório e estudos pré-clínicos para o desenvolvimento de ensaios clínicos e adoção de melhores práticas, pode equilibrar essa disparidade, garantindo que as descobertas da pesquisa básica sejam traduzidas em ganhos para a saúde humana (Cabral Filho *et al.*, 2013, p. 293).

Desta forma, na saúde isso se concretizava, por exemplo, na passagem dos resultados experimentais em laboratório para o desenvolvimento de medicamentos ou intervenções clínicas. Este foco investigativo nesta área traz um fluxo de informações bidirecionais que tem como resultados aplicações reais de conhecimento e novas

tecnologias proporcionando benefícios diretos aos envolvidos em tal prática (Cabral Filho *et al.*, 2013; Colombo *et al.*, 2019).

No entanto, com o tempo, o potencial dessa abordagem foi sendo reconhecido em outras áreas do conhecimento, incluindo as ciências humanas e sociais, especialmente no campo da educação. Nesses contextos, a pesquisa translacional passa a assumir o papel de um mediador epistemológico entre a produção científica e a prática educativa. Seguindo esta linha de raciocínio

A junção entre o conhecimento científico e o conhecimento fruto da experiência e da vivência no cotidiano possibilita o desenvolvimento da compreensão e do discernimento entre dimensões inicialmente estranhas, que por sua vez, reconfiguram-se gradualmente por meio de interações compartilhadas, que envolvem o próprio conhecimento das ciências, conjunto de métodos e incentivos para aplicação prática e verificar sua reformulação, as ferramentas de aplicação e as lideranças ou coordenações das atividades na parceria sociedade e comunidade científica (Colombo *et al.*, 2019, p. 53).

O autor argumenta que o conhecimento científico, por si só, não é autossuficiente, uma vez que a construção de ideias e o desenvolvimento de pesquisas dependem de conexões com outros saberes. Todas as ciências precisam dialogar entre si, conforme propõem as abordagens inter e transdisciplinares. Além disso, é essencial estabelecer uma relação significativa entre o conhecimento científico e o senso comum. Embora frequentemente subestimado, o saber oriundo das experiências vividas pode ser decisivo para enriquecer a compreensão humana sobre o mundo e fortalecer a relação do ser humano com o universo que o cerca.

Ademais, Colombo *et al.* (2019) propõe uma aproximação entre o conceito de pesquisa translacional e o campo educacional, defendendo que há uma necessidade urgente de construir pontes entre a produção científica e a prática pedagógica. Os autores ressaltam que, na educação, essa perspectiva se mostra promissora ao permitir uma circulação mais efetiva de saberes entre a pesquisa acadêmica e a sala de aula, especialmente no que se refere ao desenvolvimento de metodologias e produtos educacionais.

A pesquisa translacional em ensino busca superar o distanciamento histórico entre a teoria e a prática educativa, ao invés de tratar o professor apenas como um executor. Neste sentido, Moreira (2018) em seu artigo “Uma análise crítica do ensino de Física” evidencia a discussão de que devido as aulas de Física terem sofrido uma queda na quantidade de carga horária, bem como ter estagnado o seu currículo basicamente no estudo da Mecânica Clássica e nada contextualizada com os estudos

atuais, o ensino de Física se tornou mecânico, apenas para passar em testes. Ou seja, o professor se tornou um mero executor de uma cartilha de ensinar para passar nos testes e nada além disso.

Logo, a pesquisa translacional propõe uma via de mão dupla: ao mesmo tempo em que os conhecimentos produzidos na academia são levados à prática pedagógica, os saberes construídos na vivência docente e discente retornam como insumos relevantes para a reelaboração de teorias e estratégias didáticas. Assim, ela se distancia de modelos de pesquisa meramente aplicacionistas, nos quais a teoria se impõe à prática de forma vertical. Em vez disso, a proposta translacional valoriza a escuta e a experiência dos sujeitos envolvidos no processo educativo, reconhecendo a escola e a sala de aula como espaços legítimos de produção de conhecimento (Colombo *et al.*, 2019).

Em resumo, a pesquisa translacional, embora originalmente vinculada às ciências da saúde, tem se expandido para outras áreas, como o ensino, assumindo diferentes objetivos conforme o enfoque dos autores. Para Cabral Filho *et al.* (2013), seu principal propósito é acelerar a transição entre descobertas científicas e sua aplicação prática em contextos clínicos, visando melhorar tratamentos e a saúde pública. Já Olegário *et al.* (2019) destacam a necessidade de aproximar o ensino superior em saúde das práticas formativas, promovendo uma integração entre teoria e prática pedagógica. Por sua vez, Colombo *et al.* (2019) propõem uma ressignificação da pesquisa translacional no campo educacional, defendendo sua função de articular saberes produzidos academicamente com as realidades escolares.

Dentre métodos desenvolvidos por pesquisadores, essa abordagem valoriza o papel ativo dos educadores na construção, aplicação e avaliação de práticas pedagógicas fundamentadas cientificamente. Ela envolve, portanto, um movimento contínuo de ida e volta entre a investigação acadêmica e o contexto escolar. Além disso trás o benefício de cultivar habilidades de pesquisa para o professor, no exercício de sua profissão e para o aluno desde a base de sua formação, proporcionando aprendizado genuíno (Leal e Araújo, 2024).

O papel do professor neste cenário é central e ativo. Ele deixa de ser apenas um aplicador de teorias produzidas na academia, e de um currículo limitado, para se tornar coparticipante na produção e na ressignificação do conhecimento. Em Colombo *et al.* (2019), o professor é visto como sujeito epistêmico que interpreta, transforma e

reinventa o saber científico conforme os desafios e necessidades do contexto escolar, estabelecendo uma ponte viva entre universidade e escola.

Já Leal e Araújo (2024) reforçam essa perspectiva ao defenderem que a pesquisa deve ser compreendida como um princípio educativo da docência, ou seja, ensinar e pesquisar devem caminhar juntos, com o professor assumindo a postura de investigador de sua própria prática. Assim, a pesquisa translacional no ensino não ocorre de forma vertical ou mecânica, mas por meio de um movimento dialógico, criativo e crítico, no qual o professor é autor e não mero reproduzidor de saberes.

Ela se ancora em valores como colaboração, diálogo interdisciplinar e compromisso com a transformação social. No ensino de Física, por exemplo, significa desenvolver propostas pedagógicas que não apenas transmitam conceitos, mas que também façam sentido para os estudantes em suas realidades concretas, promovendo uma aprendizagem que seja, ao mesmo tempo, significativa e crítica.

No contexto deste trabalho, essa abordagem oferece suporte à construção de uma Sequência Didática Interativa voltada ao ensino da Estática do Corpo Rígido, com base nas interações reais com os alunos e nas necessidades observadas em sala de aula. A pesquisa translacional, assim, apresenta-se não apenas como uma estratégia metodológica, mas como uma postura ética e política diante do conhecimento e da educação.

Logo, a pesquisa translacional se mostra como uma estratégia relevante, justamente por buscar traduzir o conhecimento produzido em contextos acadêmicos para situações concretas de ensino, respeitando as especificidades do ambiente escolar. Dessa forma, as potencialidades dessa abordagem ganham força ao dialogar com uma proposta de ensino que se fundamenta na crítica, na mediação significativa e na transformação social.

Nesta próxima seção, serão descritos o contexto institucional onde o estudo foi realizado, bem como os sujeitos envolvidos no processo investigativo, buscando caracterizar o ambiente escolar e os participantes de forma a situar e compreender melhor as dinâmicas que permeiam a aplicação e os desdobramentos da proposta desenvolvida.

### 3.3 O Campo e os Atores da Pesquisa

#### 3.3.1 A Escola

A presente pesquisa foi realizada na Organização Educacional Cristo, no município de Parnaíba – Piauí, localizada na região central da cidade, no endereço: rua Pedro II, nº 1528, centro.

Figura 3.1: Foto da frente da escola.



Fonte: Arquivo próprio, 2025.

A Organização Educacional Cristo, pertence a rede privada da cidade de Parnaíba e tem uma relação de longa data com o cenário escolar do município. A 34 anos atuando no ensino regular, abrange a etapa de Ensino Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio, atualmente nos turnos manhã e tarde, oferecendo período integral<sup>3</sup> para as crianças entre 3 e 10 anos, *after school*<sup>4</sup> para os alunos de 4° ao 9° ano do Ensino Fundamental. Embora tenha mudado de endereço em relação a sua fundação, a escola resistiu todos esses anos em busca de proporcionar um ensino de excelência na cidade.

Atualmente a escola possui 51 funcionários em seu quadro, no qual 6 são auxiliares de sala, 2 vigilantes, 2 serviços gerais, 35 professores dentre pedagogas e áreas específicas e 6 membros da equipe diretiva. São 3 coordenadores, no qual 1 é

---

<sup>3</sup> Na modalidade Integral as crianças que são matriculadas permanecem o dia inteiro na escola, fazem suas refeições, incluindo o almoço, tomam um banho refrescante e descansam. Adicionalmente, desenvolvem habilidades relacionadas ao currículo escolar como leitura e escrita e outras, para além sala de aula, como atividades sensoriais, culinária e também tem o seu momento de brincar.

<sup>4</sup> *After school* é um programa de permanência na escola pós horário regular para fins de cumprir a agenda de atividades passadas em sala de aula pelos professores para resolver em casa, bem como desenvolver outras habilidades como matemática, produção textual e inglês extra curriculares e novas habilidades como música e libras.

responsável pelo Ensino Infantil e Fundamental anos iniciais, 1 coordenador responsável pelo Ensino Fundamental anos finais e Ensino Médio e 1 coordenadora do integral. Neste quadro também contém 1 psicopedagoga, 1 professora de Atendimento Educacional Especializado (AEE) e adicionalmente a equipe, a escola conta com 1 psicóloga externa que visita a escola semanalmente para atendimento dos alunos, pais e colaboradores que assim o quiserem. Toda esta equipe atende a um total de 353 alunos que estão matriculados na escola.

Figura 3.2: Salas de aula da escola.



Fonte: Arquivo próprio, 2025.

A infraestrutura da escola conta com 12 salas de aula, 3 pares de banheiros masculino e feminino, sendo divididos por setores na escola para atender cada nível de ensino; 1 quadra poliesportiva, 1 brinquedoteca, 1 parquinho, 1 sala de Robótica, 1 laboratório de ciências e kits de ciências de matemática nas salas do ensino fundamental anos finais. Possui ainda 2 áreas de lazer e refeição cobertas, 1 cantina com 1 cozinha totalmente funcional para atender à necessidade dos alunos do período regular e que ficam em tempo integral.



Figura 3.3: Foto das fachadas da escola ao longo de sua história.



Fonte: Arquivo da escola, 2025.

Ao longo dos anos a Organização Educacional Cristo prezou pela inovação e avanços no âmbito da educação, logo os materiais didáticos da escola são *Geekie One* (2025) e *Zoom Education* (2025). Com esta parceria a escola conta com um laboratório de robótica equipado com material de uso coletivo para somar ao material individual dos alunos do Mundo Z e com *Chromebooks*<sup>5</sup> da *Geekie One* que são disponibilizados para os alunos, no qual os alunos a partir do 6º ano do Ensino Fundamental, além do livro didático impresso, leva o *Chromebook* para casa e tem acesso ao seu material didático digital e do 1º ao 5º ano os alunos tem seu livro didático impresso e, para além, aulas semanalmente fazendo uso do material digital com *Chromebook* em sala de aula.

Figura 3.4: Alunos utilizando de seu *Chromebook* de uso pessoal em sala.



Fonte: Arquivo próprio, 2025.

<sup>5</sup> *Chromebook* é um laptop desenvolvido pela Google que utiliza o sistema operacional Chrome OS (Tecnoblog, 2023).

### 3.3.2 Atores da Pesquisa

Os sujeitos participantes desta pesquisa tem em seu currículo 3 aulas de Física por semana, sendo 2 aulas de Física 1, respectiva aos conteúdos curriculares da sua série atual, e 1 aula de Física 2, antecipando conteúdos referente a série seguinte. Devido a intercorrências de planejamento de atividades mais gerais e com a presente pesquisa, os alunos participantes estão no 2º ano do Ensino Médio, e muito embora o conteúdo escolhido seja de 1º ano do Ensino Médio, ele foi realocado pela professora pesquisadora afim de cobrir o conteúdo não finalizado no ano anterior e contemplar esta pesquisa.

Os alunos estudam regularmente no turno da tarde, tendo alguns dias de aulas no contraturno para cumprimento de toda a sua carga horária. A aplicação da pesquisa aconteceu às terças-feiras no turno da tarde, nas 2 aulas de Física 1, sofrendo uma adaptação apenas entre a aula 01 e 02 da Sequência Didática Interativa, para que houvesse tempo para analisar os conhecimentos prévio, a aula 02 aconteceu na quinta-feira no turno manhã em outro horário da professora.

A turma em sua totalidade conta com 22 alunos, sendo 13 alunas do sexo feminino e 9 alunos do sexo masculino, o grupo possui alguns alunos inassíduos por motivos diversos, por conseguinte a pesquisa contou com 14 participantes presentes em todo o processo. Durante as dinâmicas, eles tiveram momentos que trabalharam individualmente e nas oportunidades que foram em grupo, eles foram divididos em grupos de 3 alunos, alguns alunos inassíduos participaram dos grupos, porém não foram utilizados para a análise dos resultados da presente pesquisa.

Figura 3.5: Turma do 2º ano em uma das etapas da SD.



Fonte: Arquivo próprio, 2025.

A caracterização do campo e dos sujeitos da pesquisa permitiu compreender o contexto escolar em que esta investigação se desenvolveu, evidenciando aspectos institucionais, sociais e pedagógicos que influenciaram diretamente as práticas de ensino e aprendizagem do estudo. Tais elementos são fundamentais para interpretar os dados à luz da realidade vivenciada. Dando continuidade ao percurso metodológico, a próxima seção será dedicada à apresentação das estratégias adotadas para a produção dos dados, detalhando os instrumentos utilizados, os critérios de seleção e os procedimentos empregados durante o processo investigativo.

### **3.4 Estratégias para a Produção dos Dados**

O artigo *Research Approaches in Education: A Comparison of Quantitative, Qualitative and Mixed Methods* do autor Pregoner (2024) retrata a importância que a seleção de técnicas e instrumentos de coleta precisa responder diretamente aos objetivos e perguntas de pesquisa, evitando a adoção genérica de técnicas que não se alinhem às necessidades do estudo. Dessa maneira, foi escolhida a abordagem qualitativa explicativa para compreender como os alunos ressignificam conceitos em uma Sequência Didática Interativa sobre Estática do Corpo Rígido e instrumentos de coletas de dados que puderam proporcionar uma leitura holística sobre a aprendizagem dos alunos, bem como materiais que puderam evidenciar, trazer a luz, os conhecimentos apreendidos e se aconteceram de forma significativa e ou crítica.

A Sequência Didática Interativa foi dividida por aulas e cada aula contém suas especificidades: na aula 1 – Balanço Inicial, o objetivo foi fazer o pré-teste a partir de uma sensibilização muito breve sem uma aula expositiva formal sobre o conteúdo; aula 2 – Caça ao Centro de Massa, o objetivo foi introduzir os conceitos a partir dos subsunçores capturados no pré-teste, utilizando de uma aula teórica expositiva e prática; aula 3 - Controle Corporal e Torque: A Física do Cotidiano, aprofundar os conceitos vistos na aula anterior e construir novos acerca do torque; aula 4 – Missão Equilíbrio 1, esta aula foi destinada a simular os conceitos vistos fazendo uso da plataforma *Phet Interactive Solutions*, mostrando como fazer uso da plataforma para que eles soubessem como jogar, nesta mesma aula foi iniciado o jogo *Balancing Act* no qual eles deveriam responder no próprio *Phet* sobre o que aconteceria no experimento e fazer anotações sobre porquê de suas tomadas de decisões; aula 5 – Missão Equilíbrio 2, eles deram seguimento no jogo *Balancing Act* e também foi o momento para enviar as justificativas de suas tomadas de decisões através da

plataforma *Quizizz*, no final da aula eles foram direcionados a pensar sobre o conteúdo visto criando afirmações verdadeiras ou falsas para um jogo dicotômico, e, além das afirmações, também escreveram suas respostas corrigindo as afirmações falsas que criaram; e por fim na aula 6 – Balanço Final, esta aula foi destinada a apresentação do jogo pronto com as afirmações já selecionadas, onde cada um respondeu individualmente, em seguida foi exposto os resultados deles e promovida uma discussão sobre o tema, englobando os assuntos vistos nos dois jogos com ênfases nas correções de conhecimentos absorvidos de forma inconsistente ou controversa. Por fim, nesta aula foi feito o pós-teste individualmente para análise posterior da pesquisa.

A presente pesquisa utilizou de alguns instrumentos de coletas de dados associado a observação dos participantes durante todo o percurso. As atividades previamente selecionadas foram questionários, práticas com materiais acessíveis, simulações virtuais, jogo simulado em ambiente virtual e produção de um jogo com os alunos utilizando de afirmações que eles mesmos fizeram sobre o conteúdo de Estática do Corpo Rígido.

Tendo em vista os objetivos da pesquisa de observar conhecimentos prévios com base na TAS de David Ausubel e um conhecimento crítico, segundo a TASC de Marco Antonio de Moreira; foram escolhidos questionários abertos para a coleta dos dados de pré-teste, que foi efetuado em 1 aula, e pós-teste, em 1 outra aula, e para um teste intermediário do processo que se deu associado ao jogo simulado em ambiente virtual no decorrer de 2 aulas. Este tipo de questionário proporciona uma compreensão mais abrangente da perspectiva do participante (Pregoner, 2024) além de possibilitar a detecção da presença da linguagem código da disciplina (Moreira, 2010) uma vez que os alunos não tem opções para marcar, eles têm que discursar sobre o tema.

Contemplando uma das exigências da BNCC (2018), quanto a prática e prototipagem, e a necessidade complementar da Física de experimentar, saindo um pouco de apenas teorizar sobre a disciplina (Moreira, 2021) e trazendo o laboratório para a sala de aula (Colombo *et al.* 2019), foram selecionadas atividades práticas simples como, por exemplo, encontrar o centro de massa utilizando uma régua ou uma caneta. Outra atividade que auxilia no processo de experienciar a Física são os simuladores virtuais, que contam com práticas dinâmicas e acessíveis aos alunos pois basta ter um celular com internet para conseguir acessar.

O simulador escolhido foi o *PhET Interactive Simulations* que oferece recursos virtuais interativos para o ensino de Física, Química, Biologia e Matemática, com base em pesquisa educacional (*PhET*, s.d.) (Leal *et al.*, 2020). O *PhET* foi utilizado de duas formas, a primeira foi uma simulação com a temática de Estática do Corpo Rígido, mais precisamente sobre o uso de uma gangorra, afim de encontrar posição. A segunda forma foi o jogo que tem junto a mesma simulação, este visava que os alunos respondessem o que aconteceria com a gangorra diante de cada situação; este jogo proporcionou o teste do meio do processo que aconteceu durante 2 aulas seguidas.

Afim de captar se os alunos estavam pensando criticamente quanto a tomada de decisões sobre o jogo na plataforma, os alunos foram separados em grupos e eles deveriam decidir qual era a resposta certa, tomar nota e justificar o porquê de sua resposta ter sido aquela, ou seja, eles deveriam discursar sobre a tomada de decisão. Estas respostas foram posteriormente coletadas por meio de questionário para serem analisadas.

Por fim, partindo do arcabouço discutido sobre pesquisa qualitativa (Bogdan e Biklen, 1994; Pregoner, 2024) e teoria da aprendizagem significativa crítica (Moreira, 2010) fez parte do planejamento a montagem de um jogo dicotômico<sup>6</sup>, que embora pareça fugir a proposta da pesquisa qualitativa e recair a quantitativa, o objetivo desta dinâmica foi: verificar quais as afirmações verdadeiras e falsas os alunos são capazes de fazer após a aplicação da Sequência Didática Interativa. Os alunos foram orientados a pensar em afirmações, podendo escolher entre que estas fossem verdadeiras ou falsas, para a montagem do jogo de nome Física: Fato ou Farsa. A proposta da montagem do jogo se deu em penúltimo passo, logo quase toda a Sequência Didática Interativa já havia sido aplicada, ficando logo após apenas o pós-teste.

Todos os planejamentos foram alinhados ao intuito de fazer uma pesquisa translacional, trazendo o laboratório para sala de aula; proporcionar uma aprendizagem significativa e crítica bem como coletas e análises dos dados intencionalmente para capturar a essência da proposta da pesquisa que foi construir uma Sequência Didática Interativa para o ensino de Estática do Corpo Rígido no Ensino Médio. Após a aplicação dos procedimentos da pesquisa o projeto avançou

---

<sup>6</sup> Um jogo baseado em apenas duas respostas mutuamente excludentes, no caso do presente estudo, um jogo de verdadeiro ou falso.

para a análise e escrita do presente texto para trazer aos demais colegas professores pesquisadores todas as perspectivas da proposta desta dissertação.

A descrição dos procedimentos de coleta de dados buscou a coerência entre os objetivos da pesquisa, os fundamentos teóricos que a sustentam e os instrumentos selecionados. A diversidade de atividades, desde questionários abertos e práticas experimentais acessíveis até simulações e produções colaborativas, permitiu captar diferentes dimensões da aprendizagem dos estudantes, respeitando tanto a complexidade do conhecimento científico quanto as especificidades da Teoria da Aprendizagem Significativa e Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. A articulação entre os dados obtidos e o percurso da Sequência Didática Interativa revelou-se essencial para compreender como os estudantes ressignificaram os conceitos de Estática do Corpo Rígido a partir de vivências significativas, contextualizadas e críticas.

Dando sequência ao percurso metodológico, a próxima seção será dedicada à análise de conteúdo segundo a proposta de Laurence Bardin (2015), discutindo como essa técnica possibilitou interpretar os dados coletados de maneira rigorosa e sistemática, sem perder de vista os princípios da pesquisa qualitativa e os fundamentos teóricos que embasaram este trabalho.

### **3.5 Percurso Analítico: A Aplicação da Análise de Conteúdo Segundo Bardin**

Os primeiros registros de surgimento da Análise de Conteúdo (AC) foram nos Estados Unidos, no início do século XX, esse método pela necessidade de solucionar as dificuldades em estudos das áreas da sociologia e da psicologia. Este método ao longo dos anos foi marcado pela sistematização de suas regras, ampliação e novos campos de suas aplicações teóricas e, claro, pelo surgimento dos computadores o que auxiliou e auxilia até hoje no processo de uma pesquisa.

A AC, conforme apresentada por Bardin (2015), é um método que permite tratar tanto o conteúdo manifesto, palavras explícitas, quanto o latente, sentidos implícitos, nos discursos. Essa capacidade hermenêutica, que oscila entre rigor objetivo e criatividade interpretativa, a torna especialmente valiosa nas ciências humanas. Ao permitir captar significados subjacentes, o método transcende a simples leitura literal, oferecendo uma visão mais profunda e rica dos dados, essencial para quem busca compreender não apenas o "o que se diz", mas também os "porquês" e implicações do discurso.

A Análise de Conteúdo, conforme propõe Bardin (2015), se estrutura por etapas sistemáticas, no âmbito da pesquisa qualitativa, a mesma assume papel central por sua capacidade de estruturar o discurso de forma sistemática. Ao contrário de métodos exclusivamente quantitativos, que focam em frequência e ocorrência, Bardin (2015) destaca que o valor da análise qualitativa está em inferir significados a partir dos dados, encadeando teoria, fenômeno e evidência. Essa abordagem dialoga com o paradigma da pesquisa qualitativa, em que o foco está na interpretação do contexto e na compreensão profunda dos fenômenos estudados, e não apenas na mensuração.

Segundo Bardin (2015), a AC organiza-se em três etapas fundamentais: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, inferência e interpretação. A primeira etapa, a pré-análise, corresponde a um momento de imersão e organização do *corpus* de pesquisa. Nessa fase, o pesquisador realiza a leitura flutuante dos dados, seleciona documentos, define hipóteses e objetivos, e começa a traçar as diretrizes que orientarão a análise. No caso desta pesquisa, que envolve produções discursivas de alunos em um pré-teste, bem como registros das atividades desenvolvidas durante as aulas da Sequência Didática Interativa, essa etapa permite uma aproximação sensível com as manifestações dos sujeitos, favorecendo a percepção das seguintes categorias iniciais de subsunções.

Quadro 01: Categorias emergentes na pré-análise.

| CATEGORIAS EMERGENTES NA PRÉ ANÁLISE |          |     |         |              |           |         |
|--------------------------------------|----------|-----|---------|--------------|-----------|---------|
| CONCEITOS FÍSICOS                    | PRESENTE |     | STATUS  |              |           |         |
|                                      | SIM      | NÃO | CORRETO | SATISFATÓRIO | INCORRETO | CONFUSO |
| Equilíbrio                           | x        |     | x       | x            |           | x       |
| Tipos de Equilíbrio                  |          | x   |         |              |           |         |
| Centro de Massa                      | x        |     | x       | x            |           |         |
| Centro de Gravidade                  | x        |     |         | x            |           |         |
| Força                                | x        |     |         | x            |           |         |
| Força Peso                           | x        |     |         |              |           | x       |
| Massa                                | x        |     |         | x            |           |         |
| Torque                               |          | x   |         |              |           |         |

Fonte: Elaboração própria, 2025.

O quadro 01 trás todos os subsunções esperados e que emergiram ou não durante o pré teste. Na coluna de Conceitos Físicos estão presentes o vocabulário

específico de Física que era esperado relacionados ao conteúdo de Estática do Corpo Rígido e mediante as questões selecionadas. Na coluna de Presente foi estabelecido se apareceu ou não nas respostas dos alunos. E, por fim, da coluna de *status* foi definido se a resposta do aluno estava correta, satisfatória, incorreta ou confusa; neste quadro os conceitos de equilíbrio e centro de massa receberam mais de um *status* pois as respostas dos alunos foram variadas e se enquadraram em mais de um.

Na segunda etapa, de exploração do material, realiza-se a codificação e a categorização dos dados. É nesse momento que as unidades de registro são extraídas e agrupadas em categorias temáticas, que podem ser tanto pré-definidas, com base, por exemplo, nos conceitos da Estática do Corpo Rígido ou nos princípios da TAS e TASC, quanto emergentes, a partir do próprio discurso dos estudantes. Essa flexibilidade é fundamental para uma abordagem significativa, já que permite ao pesquisador captar indícios de aprendizagem real, conectada aos conhecimentos prévios e à realidade dos alunos.

Para evidenciar os dados obtidos no pré-teste de modo mais aprofundado, foi construído o quadro 02, que para fins da pesquisa os conhecimentos foram classificados em códigos sendo o primeiro grupo de subsunções: ECR significa assunto de Estática do Corpo Rígido e DN significa dinâmica ambos fazem parte do tema da presente pesquisa ou conceitos de Física intrinsecamente relacionados a ECR. O segundo grupo de subsunções encontrados foram alguns conceitos subjetivos no qual os alunos utilizaram ou não palavras características, mas que através do seu discurso ficou claro o conceito, estes foram classificados como FSC – Física Senso Comum e a terceira categoria foi a de conhecimentos diversos que apareceram classificadas como CD.

Quadro 02: Subsunções e conceitos subjetivos demonstrados pelos alunos.

| SUBSUNÇÕES |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                           |
|------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CÓDIGO     | VOCABULÁRIO     | COMENTÁRIO                                                                                                                                                                                                                                                                      | OBSERVAÇÕES                                                                                                               |
| ECR1       | Equilíbrio      | Embora ele tenha aparecido em vários contextos vamos valorizar o equilíbrio físico que os alunos progrediram para ele na própria pesquisa, uma vez que embora na primeira questão a maioria tenha falado no âmbito socioemocional, até a 5ª questão, todos alcançaram o físico. | Alcançando os objetivos da pesquisa, os alunos demonstraram a presença de conhecimentos prévios e subsunções relacionados |
| ECR2       | Centro de Massa | Nominalmente chamado por alguns alunos, este vocabulário também                                                                                                                                                                                                                 | diretamente ao conteúdo, mesmo sem                                                                                        |



|        |                               | apareceu confundido com o ECR3 ou de forma subjetiva.                                                                                                                                                                                                               | exposição formal do conteúdo,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ECR3   | Centro de Gravidade           | Muito confundido com o ECR2, porém presente de formas corretas também, principalmente ao mencionar relacionado à força peso.                                                                                                                                        | demonstrando assim um domínio da linguagem característica da Física, da Estática do Corpo Rígido e a presença de conhecimento significativo (Ausubel, 2003).                                                                                                                                                                                                    |
| DN1    | Força                         | Um conceito que não está diretamente relacionado com a Estática do Corpo Rígido, mas por pertencer a dinâmica, também se correlaciona ao conteúdo. Esta grandeza faz parte dos conceitos estudados em Leis de Newton no 1º ano do EM e é uma grandeza generalizada. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| DN2    | Força Peso ou Peso            | Uma grandeza física igualmente a DN1 e que os alunos visivelmente já conseguem distinguir da Força (DN1), associando à massa corporal.                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| DN3    | Inércia                       | Fazendo parte das Leis de Newton que têm inúmeras aplicações cotidianas, ele aparece aqui como um conhecimento prévio não óbvio, não explícito, porém que pode ser correlacionar bem se for a partir de uma explicação bem estruturada.                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| CÓDIGO | CONHECIMENTO FÍSICO SUBJETIVO | COMENTÁRIO                                                                                                                                                                                                                                                          | OBSERVAÇÕES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| FSC1   | Equilíbrio de quantidades     | Possui a ECR1 do vocabulário da disciplina, porém foi utilizada num contexto no qual não ficou muito claro que essa era a intenção, falar da Física, mas que deu para compreender que o aluno compreende o fenômeno.                                                | Segundo dois dos princípios de Moreira (2010), o aluno pode alcançar uma aprendizagem significativa crítica quando se apropria da linguagem característica e do significado a elas; foi possível observar então que há indícios de significados mas não está conectado totalmente ao vocabulário, contudo precisam ser valorizadas no processo de aprendizagem. |
| FSC2   | Massa                         | Conceito Físico estudado anterior ao conteúdo visto, no início do 1º ano do EM e que é de fundamental importância levar ao longo do das séries do EM.                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

| CÓDIGO | CONHECIMENTO DIVERSO       | COMENTÁRIO                                                                                                                                                                                                         | OBSERVAÇÕES                                                                                                                                                        |
|--------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CD1    | Equilíbrio socio emocional | Especialmente na primeira questão, mesmo com a sensibilização breve do que estaria por vir, os alunos foram em direção ao raciocínio socioemocional, tendo em sua maioria explicações nesse sentido na 1ª questão. | Como previsto por Bogdan e Biklen (1994), devido a subjetividade do questionário e da pesquisa, alguns alunos tomaram                                              |
| CD2    | Harmonia                   | Alguns fizeram uso direto desta palavra, já outros de forma subjetiva, referindo-se ao socioemocional, mas também a Física, possivelmente pela ausência de vocabulário característico.                             | direcionamentos diferentes na demonstração de conhecimentos e na escolha de suas palavras,                                                                         |
| CD3    | Auto controle              | Esta referência apareceu no âmbito socioemocional como referente a questões biológicas de musculatura, demonstrando outros conhecimentos e conseguindo relacionar eles com a Física.                               | demonstrando aprendizagem significativa também, em áreas diversas do conhecimento, mas também os relacionando à Física de forma interdisciplinar. (Ausubel, 2003). |

Fonte: Elaboração própria, 2025.

O Quadro 2 evidencia tanto as categorias previamente esperadas como centro de massa, equilíbrio e força quanto categorias emergentes que se distanciaram do escopo inicialmente delimitado. Entre estas, surgem concepções de equilíbrio em um sentido mais amplo, associado ao aspecto socioemocional, além de substituições conceituais que remetem a áreas distintas, como a Matemática. Dessa forma, o material analisado revela não apenas a presença dos subsunçores específicos da Física, mas também a mobilização de saberes diversos, indicando que os estudantes recorrem a múltiplas referências para construir explicações sobre os fenômenos investigados.

A etapa final da Análise de Conteúdo compreende o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação. Segundo Bardin (2015), este momento exige do pesquisador um olhar criterioso, sensível e teórico, que vá além da simples quantificação ou enumeração das categorias. Trata-se de interpretar os dados à luz dos objetivos da pesquisa, estabelecendo articulações com o referencial teórico que fundamenta o estudo. É nesse ponto que se manifesta a capacidade do método de

revelar sentidos latentes e significações mais profundas contidas nos discursos dos sujeitos.

A Análise de Conteúdo, sobretudo em sua vertente qualitativa, permite aproximar teoria e empiria, uma vez que as categorias analíticas podem ser pré-definidas, ou emergir diretamente do material. Essa flexibilidade atende tanto ao rigor teórico quanto à sensibilidade para novas descobertas, possibilitando que o método revele tanto padrões previstos quanto inesperados. Como argumenta Dos Santos (2012) a partir de Bardin, esse processo enriquece a análise e fortalece a validade interna do estudo, pois alinha procedimentos rigorosos com abertura hermenêutica, uma dualidade essencial à pesquisa qualitativa em educação em ciências.

Dos Santos (2011) reforça que essa etapa é o momento no qual o método se mostra mais analítica, pois exige do pesquisador não apenas organização e rigor metodológico, mas também uma escuta atenta e aberta aos sentidos possíveis. A interpretação deve ser sustentada teoricamente, mas também permitir a emergência de novas compreensões, inclusive daquilo que não havia sido previsto inicialmente. Em pesquisas qualitativas na área de educação, por exemplo, como aquelas que envolvem práticas pedagógicas inovadoras ou metodologias alternativas, essa fase pode revelar indícios de aprendizagem, transformações conceituais ou até mesmo resistências.

A escolha pela AC como procedimento metodológico de interpretação dos dados está diretamente alinhada aos objetivos e fundamentos desta pesquisa. Ao buscar compreender o impacto de uma Sequência Didática Interativa, construída com base nas teorias da aprendizagem significativa, sobre a internalização de conceitos de Estática do Corpo Rígido, tornou-se necessário adotar um método que privilegiasse a compreensão da qualidade dos discursos e da transformação das ideias ao longo do processo de aprendizagem.

A Análise de Conteúdo permitiu que o estudo respeitasse a singularidade de cada aluno, ao mesmo tempo em que identificava padrões, indícios de aprendizagem e pontos de ruptura ou resistência conceitual. Essa abordagem é especialmente relevante em pesquisas educacionais, nas quais os sentidos atribuídos pelos alunos, os conteúdos, não podem ser reduzidos a números ou respostas dicotômicas. A metodologia escolhida oferece, assim, um caminho eficaz para interpretar os dados à luz de uma abordagem crítica e significativa da aprendizagem, permitindo uma leitura

profunda das experiências vividas e dos sentidos construídos ao longo da proposta pedagógica.

A análise de conteúdo, conforme proposta por Laurence Bardin, foi fundamental para conferir rigor metodológico à interpretação dos dados coletados nesta pesquisa. Ao permitir a organização, categorização e inferência a partir das produções dos alunos, essa abordagem viabilizou uma leitura profunda e sistemática dos sentidos atribuídos por eles aos conceitos abordados. A análise, alinhada aos pressupostos da pesquisa qualitativa e aos fundamentos da aprendizagem significativa e aprendizagem significativa crítica, possibilitou compreender não apenas o que foi aprendido, mas como e com que grau de criticidade esse aprendizado ocorreu, respeitando as nuances do contexto educacional investigado.

Com a consolidação das etapas metodológicas, o próximo capítulo será dedicado à apresentação da Sequência Didática Interativa (SDI) desenvolvida para o ensino de Estática do Corpo Rígido. Serão discutidos os conceitos que embasaram a proposta, bem como a exposição da SDI e da proposta de alinhamento com a teoria da aprendizagem significativa e crítica.

#### **4. SEQUÊNCIA DIDÁTICA INTERATIVA COMO METODOLOGIA PARA O ENSINO DE ESTATICA DO CORPO RÍGIDO**

O objetivo desta seção é descrever acerca da construção de uma Sequência Didática Interativa (SDI) sobre Estática do Corpo Rígido como metodologia, alinhada à teoria da aprendizagem significativa crítica de Moreira (2010) e à teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003) para proporcionar o ensino mais aprimorado do tema.

##### **4.1 Sequência Didática como Metodologia para a Aprendizagem**

A partir da problemática de um ensino descompartmentalizado, surgiu na França o termo sequência didática (SD). Foi uma tentativa do governo francês, em meados de 1980, de reunir conteúdos de linguagem que estavam muito divididos em suas subáreas, em outras palavras, trazendo a realidade da educação brasileira, foi uma tentativa de unir novamente conteúdos de literatura, gramática e produção textual novamente com a finalidade de alcançar um ensino pleno língua materna. No Brasil, a Sequência Didática surge nos anos 90 nos parâmetros curriculares nacionais (Amaral e Gagliardi, 2015).

Zabala (1998), parte da premissa de que toda prática pedagógica eficaz exige uma organização metodológica anterior à sua aplicação. O autor define Sequência Didática como um conjunto de atividades didáticas organizadas, estruturadas e articuladas em torno de objetivos educacionais previamente definidos. Essas atividades possuem início, meio e fim claros, tanto para o professor quanto para os alunos. O que as caracteriza é a lógica interna e a progressão planejada, que respeitam uma tríade fundamental para sua efetividade: planejamento, aplicação e avaliação.

Contribuindo com Zabala (1998), Ugalde e Roweder (2020) afirmam que a Sequência Didática é “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, quem têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos” (Ugalde e Roweder, 2020, p. 3) que não se distingue entre Sequência Didática ou sequência de atividades mas tem critérios definidos para sua construção, desenvolvimento e avaliação, no qual o professor é o responsável por fazer a conexão entre os conteúdos e conceitos fragmentados.

Entende-se, pois, que é possível organizar temas e conteúdos simples e fundamentais em uma Sequência Didática bem estruturada antes de abordar temas mais complexos, priorizando a sucessão lógica dos conteúdos que facilitam o entendimento do aluno, uma vez que o aprendizado segue uma sequência total das atividades que ocorrem de maneira progressiva, contribuindo para uma maior compreensão dos temas pelos educandos (Ugalde e Roweder, 2020, p. 3).

Uma SD organizada de forma a favorecer o desenvolvimento do aluno pode proporcionar um ensino encadeado, progressivo, entre os conhecimentos, partindo do básico ao avançado com fluidez e de forma significativa, apoiando e dando suporte a um aprendizado segundo a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003)

Ao longo das últimas décadas, a ideia de Sequência Didática foi ressignificada por abordagens pedagógicas que valorizam a participação ativa do estudante. Surge, nesse contexto, a proposta de Sequência Didática Interativa (SDI), que se alinha a pressupostos construtivistas, dialógicos e participativos. A SDI propõe que a aprendizagem se dá de forma mais significativa quando o estudante é instigado a investigar, explorar e refletir sobre o conteúdo, com o professor assumindo o papel de mediador.

A SDI é uma evolução conceitual e metodológica da Sequência Didática tradicional. Enquanto a Sequência Didática (SD) clássica se baseia na organização lógica e progressiva de atividades, com início, meio e fim definidos, e centrada em objetivos previamente estabelecidos pelo professor, a SDI incorpora novos elementos que visam transformar a sala de aula em um espaço mais dialógico, participativo e reflexivo (Ugalde e Roweder, 2020).

Tal metodologia surge como resposta à necessidade de envolver o estudante de maneira mais significativa no processo de aprendizagem. A SDI é construída com base na escuta ativa dos alunos, em suas hipóteses, dúvidas e interpretações, promovendo uma dinâmica de sala de aula centrada no diálogo, na problematização e na reconstrução coletiva do conhecimento. Aqui, o professor não é apenas o planejador e executor, mas também um mediador crítico, que flexibiliza a rota conforme as interações se desenvolvem.

A proposta da Sequência Didática Interativa se articula à Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC), pois ambas reconhecem o estudante como sujeito ativo, capaz de interpretar, transformar e produzir saberes a partir de suas experiências e contextos. Segundo Moreira (2011), essa perspectiva amplia o olhar da TAS de Ausubel ao incorporar a dimensão social, cultural e política do

conhecimento. A SDI, nesse sentido, se revela um instrumento potente para promover aprendizagens com sentido, que vão além da memorização e alcançam a compreensão crítica e contextualizada.

Com base nos princípios da Sequência Didática Interativa, elaborou-se uma proposta de intervenção pedagógica que buscou articular planejamento, flexibilidade e participação ativa dos estudantes. A seguir, no quadro 03, será apresentada a sequência desenvolvida para esta pesquisa, composta por um conjunto de aulas interligadas e centradas na problematização, na experimentação e no diálogo com os saberes prévios dos alunos. Cada etapa da proposta foi construída com intencionalidade didática, considerando os fundamentos da Aprendizagem Significativa Crítica e a valorização das experiências dos alunos, do contexto escolar como espaço vivo de investigação e construção do conhecimento.

Quadro 03: Descrição da SDI.

| Nº DA AULA | Nº DE ALUNOS | DURAÇÃO DA AULA | OBJETIVO ESPECÍFICO                                                                                                                                                                                                                      | ETAPAS DESENVOLVIDAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | OBSERVAÇÕES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------|--------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 01         | 16           | 50 min          | Apresentar aos alunos os objetivos da sequência de aulas que fez parte da pesquisa. Sensibilizar os alunos sobre a importância de participar e de se comprometer com as etapas da pesquisa. Coletar os conhecimentos prévios dos alunos. | <b>Balanco Inicial: Explorando o Ponto de Partida.</b> Aplicação do pré-teste para aferir os conhecimentos prévios dos alunos (Ausubel, 2003). Foram respondidos questionários de modo individual utilizando a plataforma Quizizz com perguntas subjetivas afim de construir os subsunçores da turma para nortear os próximos encontros. | Mediante a aplicação do pré-teste foi possível observar o quanto a ausência de uma delimitação de conceitos, e uma explanação prévia, pode levar os alunos a campos diversos, pois houveram respostas voltadas mais para aspectos socio-emocionais. A BNCC (2018) possui competências no currículo que visam preparar alunos para uma vida de equilíbrio mesmo na hora dos desafios e, embora este não fosse o objetivo do pré-teste, observou-se que o conceito de equilíbrio socio-emocional está muito mais enraizado em seus pensamentos. |
| 02         | 17           | 50 min          | Introduzir os conceitos básicos: ponto material, corpo                                                                                                                                                                                   | <b>Caça ao Centro de Massa.</b> Sensibilização sobre a temática, contextualizando a                                                                                                                                                                                                                                                      | A partir do resgate dos subsunçores foi possível proporcionar uma melhor ancoragem dos conteúdos uma vez que os conceitos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|    |    |        |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|----|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |        | <p>extenso e centro de massa.</p> <p>Aprofundar os conceitos de estática, tratando sobre equilíbrio.</p> <p>Aplicar os conceitos de centro de massa e equilíbrio na prática.</p>                              | <p>partir dos subsunçores observados no pré-teste. Em seguida foi iniciado os conceitos de forma cientificamente estruturada e logo colocado a teoria em prática com as experiências descritas posteriormente no quadro 03.</p>                                                                                             | <p>foram sequenciados já adaptados aos conhecimentos prévios dos alunos alinhado a TAS (Ausubel, 2003). Na sequência, seguindo as observações de Moreira (2021) quanto a progressão do nível de dificuldade dos exercícios mentais e a experimentação, os alunos foram orientados a experimentar as teorias utilizando dos materiais propostos.</p> |
| 03 | 15 | 50 min | <p>Introduzir novos conceitos sobre controle corporal e torque a partir do resgate de vivências</p>                                                                                                           | <p><b>Controle Corporal e Torque: A Física do Cotidiano.</b></p> <p>Aproveitando alguns conceitos da aula anterior, o momento foi iniciado falando sobre a aplicação do centro de massa nas práticas esportivas e no decorrer da aula, foi continuada a aula expositiva para ensinar os conceitos formais sobre torque.</p> | <p>Objetivando a valorizando a experiência prática como forma de aprendizagem, em consonância com a valorização da experiência significativa destacada por Ausubel (2003) e Moreira (2010) na aula anterior e nesta se mostrou bem produtiva pois o engajamento dos alunos foi fundamental no seu desenvolvimento.</p>                              |
| 04 | 16 | 50 min | <p>Aplicar os conceitos vistos na aula anterior em uma simulação.</p> <p>Utilizar da simulação para livremente experimentar o que acontece em situações de gangorra.</p> <p>Exercitar os conceitos vistos</p> | <p><b>Missão Equilíbrio 1.</b></p> <p>Foram resgatados alguns conceitos para criar uma ancoragem entre o assunto visto mediante esta SD e anteriores ao tema, afim de embasar as práticas seguintes. Através da simulação <i>Balancing Act</i>, na plataforma <i>PhET Interactive Simulations</i>, os</p>                   | <p>Durante as atividades, notou-se que os alunos passaram a utilizar termos como “centro”, “força” e “posição de equilíbrio” de forma espontânea e contextualizada, o que indica a construção de significados a partir da vivência prática, conforme os princípios da aprendizagem significativa (Ausubel, 2003; Moreira, 2010).</p>                |



|    |    |        |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|----|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |        | através de um jogo.                                                                                                                                                                                                    | alunos puderam experimentar em dois ambientes com níveis de profundidade de conhecimentos diferentes, os conceitos vistos. Ainda na mesma plataforma, eles utilizaram de um jogo para verificar seus conhecimentos, discutindo em equipe as tomadas de decisões.                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 05 | 16 | 50 min | Exercitar os conceitos vistos através de um jogo simulado. Verificar as respostas às perguntas relacionadas ao jogo. Construir afirmações acerca de Estática do Corpo rígido para compor o jogo Física: fato ou farsa. | <b>Missão Equilíbrio 2 e Fatos e Farsas na Visão dos Alunos.</b> Neste encontro os alunos fizeram a execução do segundo jogo de equilíbrio e colocaram suas respostas e reflexões a cerca das perguntas dos jogos das duas simulações. No momento de fazer as afirmações, os alunos foram provocados a rever e refletir sobre os conceitos vistos afim de criar afirmações verdadeiras e falsas sobre o tema para compor o jogo. | A participação ativa nas simulações de equilíbrio corporal favoreceu a percepção crítica dos alunos sobre os próprios movimentos, evidenciando o papel da experiência corporal na mediação dos conceitos físicos envolvidos, como destaca a proposta de ensino contextualizado e significativo (Moreira, 2011). |
| 06 | 19 | 50 min | Apresentar o jogo criado a partir das afirmações criadas pelos alunos. Observar junto com eles os                                                                                                                      | <b>Física: Fato ou Farsa e Balanço Final.</b> Aplicação do jogo de afirmações criadas por eles, discussão dos resultados obtidos, tratando as                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Durante o jogo Física: Fato ou Farsa, os alunos demonstraram apropriação crítica da linguagem científica ao elaborar e justificar suas afirmações com base nos conceitos de                                                                                                                                     |

|  |  |  |                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  | resultados gerais da turma. Aplicar o pós-teste para verificar os conceitos apreendidos por eles durante a pesquisa. | afirmações feitas, conectando aos conceitos e explicando o porquê de algumas das afirmações serem uma farsa, no intuito de conectar possíveis aspectos dos conceitos que não estavam consolidados. Captura das reflexões e respostas acerca de Estática do Corpo rígido, através do pós-teste com perguntas similares e mais estruturadas que no pré-teste. | centro de massa, equilíbrio e torque. A atividade evidenciou que a ludicidade, quando articulada ao conteúdo, favorece a mobilização do conhecimento e fortalece a aprendizagem significativa ao permitir a reconstrução conceitual por meio do diálogo e da argumentação (Ausubel, 2003; Moreira, 2010). |
|--|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fonte: Elaboração própria, 2025.

## Aula 01 – Balanço Inicial: Explorando o Ponto de Partida (Pré-teste)

O objetivo desta aula foi verificar os conhecimentos prévios que os alunos têm sobre Estática do Corpo Rígido, utilizando um questionário gamificado na plataforma Quizizz<sup>7</sup>, disponível em: <https://quizizz.com/>, com questões objetivas e subjetivas para construir os subsunçores da turma (Ausubel, 2003).

Inicialmente foi feita uma sensibilização, cerca de 10 min, abrindo um diálogo sobre a presente pesquisa e uma breve introdução do que aconteceriam nas aulas subsequentes. Neste momento foi comentando também situações do cotidiano que eles pudessem ter experienciado tais fenômenos tema da pesquisa, sem qualquer aprofundamento de conceitos.

Em seguida foi compartilhado o link do questionário gamificado na plataforma Quizizz que continham questões subjetivas, que objetivavam capturar conceitos prévios, com sua própria linguagem e forma de falar. Devido a problemas de conexões

<sup>7</sup> Quizizz é uma plataforma online que permite criar e compartilhar jogos de perguntas e respostas que podem ser questões objetivas e subjetivas. A plataforma tem a opção de versão paga, porém a forma gratuita atenderam muito bem as necessidades desta pesquisa. Disponível em: <https://quizizz.com/>

na escola, a estimativa de tempo de resposta dos alunos foi superior ao planejado, que era o tempo máximo de 20 a 25 minutos, durou cerca de 35 minutos, não restando tempo para seguir com o planejamento de conceitos iniciais.

Para as perguntas do pré-teste foram escolhidas 5 questões em torno do conteúdo e, afim de tornar a atividade ainda mais lúdica foi nomeada como “*Balanço Inicial*”. Todas as perguntas estão descritas no quadro 04 abaixo:

Quadro 04: perguntas do pré-teste para captura dos conhecimentos prévios.

**PRÉ-TESTE – BALANÇO INICIAL**

1. *O que você entende por "equilíbrio" no contexto da vida cotidiana? Dê um exemplo.*
2. *Você já ouviu falar no termo "centro de massa"? Se sim, como você o descreveria com suas próprias palavras?*
3. *Quando você anda de bicicleta ou fica em pé sobre um pé só, o que faz para manter o equilíbrio?*
4. *Pense em um brinquedo que balance, como uma gangorra ou um boneco que sempre volta à posição inicial. Por que ele não cai completamente?*
5. *O que acontece se você tentar empurrar a porta perto da dobradiça?*

Fonte: Elaboração própria, 2025.

## **Aula 02 – Caça ao Centro de Massa**

O primeiro objetivo desta etapa foi introduzir os conceitos científicos a partir do que foi observado no pré-teste, estruturando a partir da ancoragem dos conhecimentos, iniciando pela ideia de ponto material, corpo extenso e centro de massa com uma aula expositiva dos conceitos. Em seguida foi dada continuidade tratando sobre equilíbrio do ponto material, diferenciando equilíbrio dinâmico de estático e tratando de equilíbrio estável, instável e indiferente.

O segundo momento da aula foi praticar os conceitos vistos em sala, utilizando de materiais de baixo custo e o próprio corpo fazendo as seguintes práticas descrita no quadro 05:

Quadro 05: Descrição das práticas desenvolvidas nessa etapa da SDI.

| CONCEITO        | ATIVIDADE               | OBJETIVO                                                                                | OBSERVAÇÕES DO PROCESSO                                                                     |
|-----------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Centro de massa | Caça ao Centro de Massa | Encontrar o centro de massa do objeto, conseguir equilibrar e mantê-lo sem deixar cair. | Os objetos escolhidos foram: um cabo de vassoura, uma régua ou um objeto longo assimétrico. |

|                              |                          |                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              |                          |                                                                                                                                                                                                                                                              | Foi encontrado uma espécie de faca antiga no laboratório, sem fio de corte, perfeito para o experimento pois possuía um cabo com maior concentração de massa e o restante do corpo com pouquíssima concentração de massa.                                                                                       |
| Equilíbrio                   | Saltando com a Física    | Investigar como a posição dos membros superiores influencia a altura alcançada em um salto vertical, relacionando essa variação com o deslocamento do centro de massa do corpo.                                                                              | Neste momento, duas alunas se voluntariaram para ficar cada uma sobre uma cadeira, com o cabo de vassoura, para marcar o ponto mais alto que outro aluno consegue pular com os braços para baixo. Depois o mesmo aluno tentou pular da mesma forma com os braços esticados para as laterais e depois para cima. |
| Equilíbrio e Centro de Massa | Os Limites do Equilíbrio | Investigar como a posição do centro de massa influencia a capacidade de equilíbrio em diferentes posturas corporais.<br>Analisar os efeitos da restrição de movimento na estabilidade corporal ao realizar uma inclinação frontal com e sem apoio posterior. | Esta última prática consistiu em ter dois alunos voluntários, um aluno e uma aluna, em momentos separados, e pedir para o aluno tentar tocar os pés com as pernas retas de forma livre, depois encostado com os calcanhares na parede                                                                           |

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Tais práticas do quadro 04 consistem em provocar os alunos a aliar teoria-prática na hora de executar o que está fazendo. A partir da experiência mais simples, Caça ao Centro de Massa, os alunos puderam experienciar como é tentar equilibrar alguns objetos, os escolhidos foram um cabo de vassoura, uma régua e um objeto encontrado no *kit* de laboratório da escola; tal corpo era uma faca antiga sem linha de corte cujo corpo, onde usualmente localiza-se a pega com a mão, era muito mais pesado do que o restante do metal.

A segunda prática do quadro 04 foi Saltando Com a Física, esta atividade foi inspirada em movimentos circenses e de jogos observados e desenvolvidos de autoria própria. A prática trata de colocar dois alunos sobre duas cadeiras com um bastão, ou fita, para marcar a altura de um salto; um terceiro aluno fica no chão a frente dos demais e salta em três posturas diferentes. Primeira postura foi um salto um pouco mais livre, mas com os braços verticalmente para baixo; observa-se a altura que o aluno conseguiu saltar. Segunda postura, o aluno abriu os braços fazendo um desenho horizontal com eles e saltou, também foi observado sua altura do salto. Terceira e última postura o aluno posicionou os braços verticalmente para cima para saltar e foi observado também a altura que ele conseguiu saltar.

A terceira prática escolhida, descrita no quadro 04, foram Os Limites do Equilíbrio. Esta prática consiste em observar o comportamento do centro de massa mediante a região de contato dos pés com o chão. Este momento se inicia com uma explicação relacionada a região de contato, em que a professora mostrou posições básicas de pé com os pés juntos, com os pés afastados na linha do quadril e depois afastando mais ainda. Foi mencionado posturas de lutas, algumas artes marciais que posições base de luta, onde o lutador não está atacando e nem defendendo, ele está apenas mantendo para tomar as próximas atitudes.

Em seguida dois alunos se voluntariaram para servirem de exemplo, a professora solicitou que fosse um aluno e uma aluna. Foi provocado que eles refletissem sobre a experiência de: qual dos dois, encostados na parede e com os pés alinhados juntos e junto a parede, teriam seus corpos projetados para a frente em menos tempo ao tentar tocar os pés sem afastar-se da parede? Após as respostas, foi recapitulado sobre a distribuição de massa em um corpo extenso e definido que: mulheres e homens possuem centro de massa em localizações levemente diferentes, sendo o da mulher mais próximo do busto e do homem mais próximo do umbigo; ressaltando que isso pode variar a depender da concentração de massa no tronco do corpo analisado.

### **Aula 03 – Controle Corporal e Torque: A Física do Cotidiano**

A aula deu início com um resgate referente a aula 02, no qual o objetivo desta aula foi introduzir novos conceitos a partir do resgate de vivências e de exercícios mentais de aplicações no cotidiano que eles possam ainda não ter vivido. Foi tratado de aplicações dos movimentos corporais visto anteriormente no esporte, a partir da

vivência dos alunos, por ser uma turma muito ativa nos esportes, foi abordado reflexões sobre os treinos que eles têm, pois nos treinos eles são instigados a controlar o seu corpo independentemente da posição do centro de massa<sup>8</sup>.

Na outra metade da aula foi introduzido os conceitos subsequentes do assunto sobre Momento de Uma Força, ou Torque. Este conteúdo será introduzido a partir de exercícios mentais de aplicações no cotidiano, como o exemplo de tentar fechar a porta aplicando força em outros pontos que não sejam próximos a maçaneta e o de tentar abrir um parafuso ou porca sem chave.

#### **Aula 04 – Missão Equilíbrio**

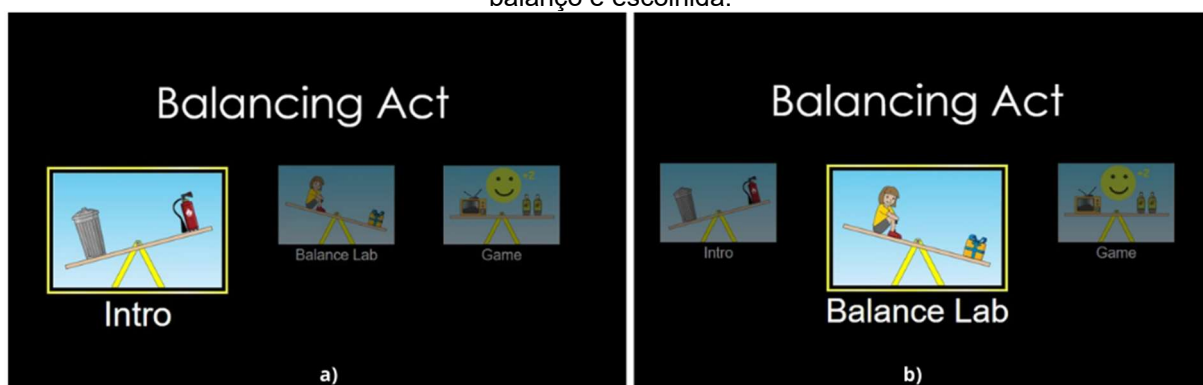
Resgatando conceitos de forças e vetores, está aula teve como objetivo aplicar os conceitos vistos na aula anterior em uma simulação. Inicialmente os alunos foram guiados a relembrar os conceitos de vetores, assunto este do início do 1º ano do Ensino Médio, no qual é fundamental para entender a dinâmica de fenômenos como gangorra e ferramentas.

Em continuidade, o uso da plataforma *PhET Interactive Simulations* foi fundamental para os alunos pois proporcionou dois momentos distintos. A simulação *Balancing Act* esta disponível no link: [https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_all.html). Esta conta com três possibilidades de uso dentro da temática: *intro* e *balance act* são acessos de simulações de situações cotidianas apenas para treinar os conceitos. A terceira atividade é a *game* que é uma atividade gamificada similar às duas primeiras, porém com pontuação, a sequência de fases dos jogos é a mesma, só muda alguns detalhes como troca o humano por uma lata de lixo, ou um extintor por uma TV.

---

<sup>8</sup> No capítulo 1, na subseção de centro de massa, a figura 06 exemplifica os movimentos mencionados neste aula.

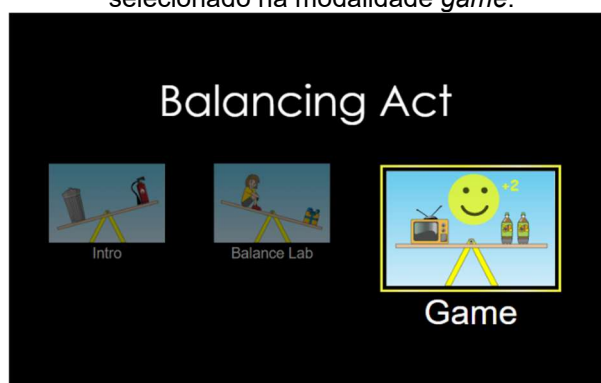
Figura 4.1: Painel de entrada da atividade *Balancing Act* da plataforma *PhET Interactive Simulations*.  
a) Quando a opção de atividade introdutória é escolhida. b) Quando a opção de laboratório de balanço é escolhida.



Fonte: Adaptação própria a partir do painel da prática *Balancing Act PhET Interactive Simulations*.  
Disponível em: [https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_all.html).

No primeiro os alunos utilizaram as atividades expostas na figura 4.1: *intro* e *balance lab* e com elas puderam experienciar o balanço de uma gangorra para entender a relação da distância do ponto de apoio, a massa colocada e como alcançar uma situação de equilíbrio, também puderam identificar o que irá acontecer com a gangorra de acordo com cada situação proposta. Na atividade introdutória da figura 4.1a) os alunos tiveram apenas uma gangorra e alguns objetos pesados; já na de laboratório de balanço na figura 4.1b) eles tinham mais massas definidas e corpos surpresas para explorar.

Figura 4.2: Painel de entrada da atividade *Balancing Act* da plataforma *PhET Interactive Simulations* selecionado na modalidade *game*.



Fonte: Phet Interactive Simulations. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_all.html).

Por fim, os alunos utilizaram a simulação de *Game* como na figura 4.2, formaram grupos entre 3 a 4 alunos e utilizando o próprio *PhET Interactive Simulations*, os alunos jogaram um com práticas rápidas de equilibrar a gangorra para

verificar que nível de domínio eles estão desses conceitos. Na dinâmica, todos os grupos discutiram entre os integrantes: o que fazer e o que ia acontecer diante da decisão, de acordo com o questionamento da fase do jogo, um integrante ficou responsável por anotar o resultado da discussão do grupo e a cada etapa eles tiraram print da pontuação e explicaram brevemente o porquê de suas escolhas de resposta.

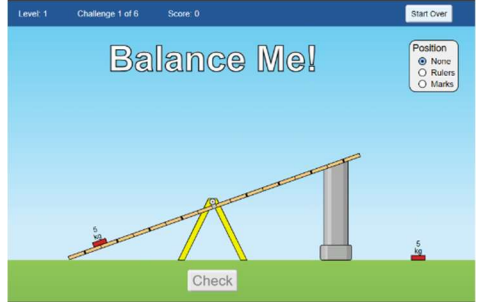
Esta atividade consistiu em um teste para verificar como estava o processo de aprendizagem tendo em vista que este conteúdo se localizou no meio da Sequência Didática Interativa. As perguntas referentes a este teste foram colocadas novamente na plataforma *Quizizz*, onde um aluno responsável por grupo enviou os prints das respectivas pontuações e digitou a resposta do grupo para a pergunta. Devido ao tempo, o jogo foi iniciado, eles tomaram nota e somente na aula seguinte enviaram as respostas no questionário.

### Aula 05 – Missão Equilíbrio 2 e Fatos e Farsas na Visão dos Alunos

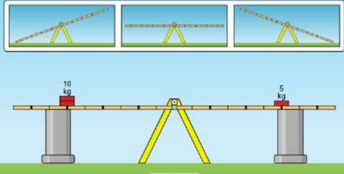
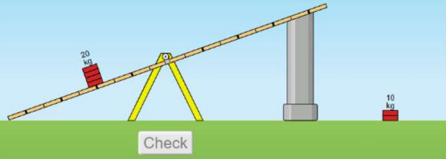
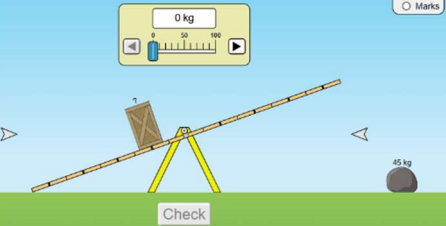
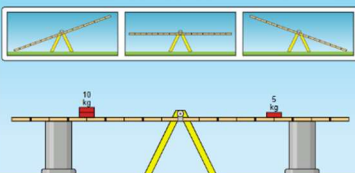
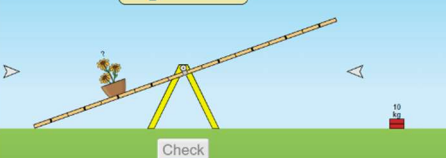
O objetivo desta aula consistiu em dar continuidade da Missão Equilíbrio e construir as afirmações acerca de Estática do Corpo rígido para compor o jogo de verdades e mentiras deles. Devido ao tempo os alunos só conseguiram fazer uma fase do jogo e tomar nota, logo metade desta aula foi composta por colocar as respostas na plataforma *Quizizz* mediante as perguntas da aula anterior e fazer a Missão Equilíbrio 2, postando também as suas respostas do questionário.

Segue no quadro 06 as perguntas e as imagens para auxiliar a eles saberem a que se refere a questão do Missão Equilíbrio 1.

Quadro 06: Questionário do teste intermediário da SDI, perguntas e imagens norteadora para os alunos enviarem suas respostas da Missão Equilíbrio 1.

| MISSÃO EQUILÍBRIO 1                                                                 |                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Imagem De Referência                                                                | Pergunta                                                                                        |
|  | <p>1. Onde posicionar o peso de 5 kg para que fique em equilíbrio? Justifique sua resposta.</p> |



|                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>What will happen?</p>  <p>Position<br/> <input checked="" type="radio"/> None<br/> <input type="radio"/> Rulers<br/> <input type="radio"/> Marks</p> <p>Check</p>   | <p>2. O que vai acontecer? Justifique sua resposta.</p>                                                                     |
| <p>Balance Me!</p>  <p>Position<br/> <input checked="" type="radio"/> None<br/> <input type="radio"/> Rulers<br/> <input type="radio"/> Marks</p> <p>Check</p>         | <p>3. Onde o peso pode ser colocado para que a gangorra fique em equilíbrio? Por que neste local acontece o equilíbrio?</p> |
| <p>What is the Mass?</p>  <p>Position<br/> <input checked="" type="radio"/> None<br/> <input type="radio"/> Rulers<br/> <input type="radio"/> Marks</p> <p>Check</p>  | <p>4. Qual a massa do corpo? Como você chegou nesta conclusão?</p>                                                          |
| <p>What will happen?</p>  <p>Position<br/> <input checked="" type="radio"/> None<br/> <input type="radio"/> Rulers<br/> <input type="radio"/> Marks</p> <p>Check</p> | <p>5. O que vai acontecer? Justifique sua resposta.</p>                                                                     |
| <p>What is the Mass?</p>  <p>Position<br/> <input checked="" type="radio"/> None<br/> <input type="radio"/> Rulers<br/> <input type="radio"/> Marks</p> <p>Check</p> | <p>6. Qual a massa do corpo? Como chegou a esta conclusão?</p>                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>7. Qual foi sua pontuação total?</p>                                                                                     |

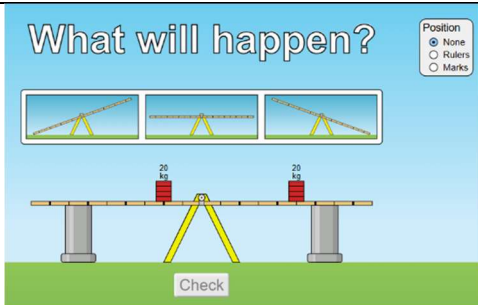
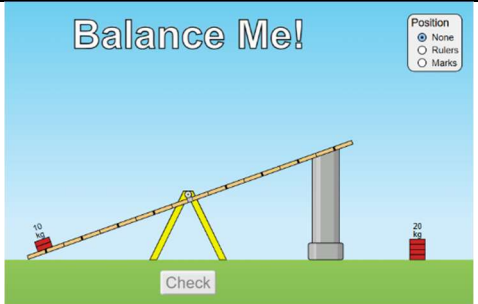
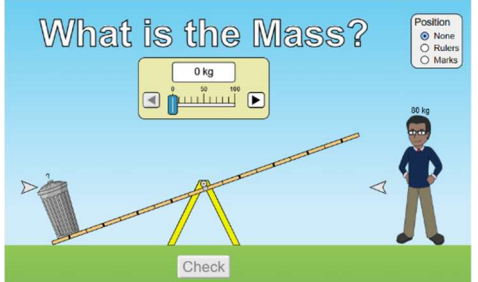
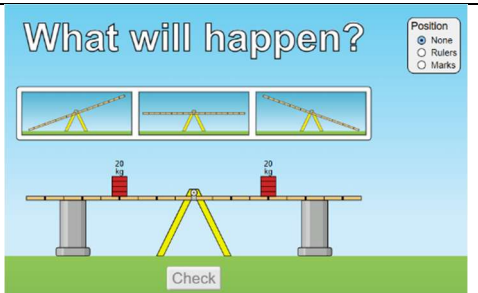
Fonte: Elaboração própria, 2025.

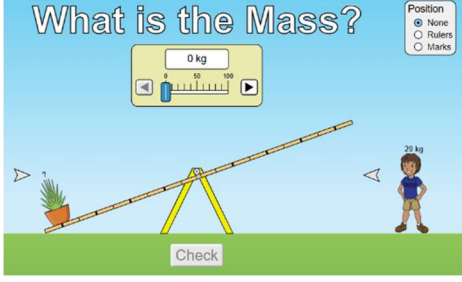
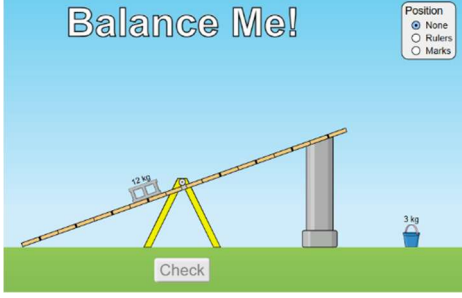
O quadro 06 tem como intuito mostrar todas as perguntas que foram colocadas na Missão Equilíbrio 1, como é possível ver através das imagens o site pode estar em inglês, logo todas as perguntas tiveram como intuito traduzir o sentido do que estava sendo questionado. Todas, com exceção da questão 7, foram solicitadas justificativas

subjetivas para verificação se houve uma aprendizagem significativa (Ausubel, 2003) e se foi possível observar algum aspecto da aprendizagem significativa crítica (Moreira, 2010).

Segue abaixo no quadro 07 as perguntas e imagem do Missão Equilíbrio 2:

Quadro 07: Questionário do teste intermediário da SDI, perguntas e imagens norteadora para os alunos enviarem suas respostas da Missão Equilíbrio 2.

| MISSÃO EQUILÍBRIO 2                                                                 |                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Imagem De Referência                                                                | Pergunta                                                                |
|    | <p>1. O que vai acontecer? Justifique sua resposta.</p>                 |
|   | <p>2. Onde colocar o peso para equilibrar? Justifique sua resposta.</p> |
|  | <p>3. Qual a massa? Como você chegou a esta conclusão?</p>              |
|  | <p>4. O que vai acontecer? Justifique sua resposta.</p>                 |

|                                                                                   |                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>5. Qual a massa? Como você chegou a esta conclusão?</p>                            |
|  | <p>6. Onde posicionar o corpo para equilibrar a balança? Justifique sua resposta.</p> |
|                                                                                   | <p>7. Qual foi sua pontuação neste nível?</p>                                         |

Fonte: Elaboração própria, 2025.

A missão equilíbrio 2 contida no quadro 07 trouxe algumas situações um pouco mais complexas, o *game* da plataforma *PhET Interactive Simulations* traz quatro níveis diferente para os alunos se divertirem, pelos alunos eles fariam todos, porém devido ao tempo os níveis 1 e 2 escolhidos foram suficientes para a presente pesquisa. Continuando com a captura de dados através do *Quizizz* e justificativas de respostas afim de coletar novos dados, para observar se os subsunçores se modificaram no processo e se houve a ancoragem de novos conceitos (Ausubel, 2003).

Neste segundo momento desta aula foi destinado a provocar os alunos a escrever algo de autoria própria acerca dos conceitos vistos. O jogo Física: Fato ou Farsa, consiste em um jogo simples de verdadeiro, chamado aqui de fato, ou falso, nomeado aqui como farsa. O jogo pode ser simples, mas a sua construção pôde proporcionar a verificação do nível de aprendizagem do aluno.

Os alunos foram instigados a montar afirmações acerca do conteúdo onde está sua afirmação teve que ser conscientemente um fato ou uma farsa. Em grupos eles enviaram afirmações proporcionais a quantidade de membros do grupo, eles puderam neste momento utilizar de recurso didático, o livro deles, e também de pesquisa externa para poder dar um suporte teórico para eles pois além das afirmações, eles deveriam corrigir as afirmações falsas que eles enviaram.

## Aula 06 – Física: Fato ou Farsa e Balanço Final (Pós-teste)

O objetivo desta aula foi apresentar o jogo criado a partir das perguntas deles, os deixando jogar individualmente, observar junto com eles os resultados gerais da turma, expondo pergunta por pergunta e explicando o conceito por trás de cada afirmação, onde o criador da afirmação teve livre momento para explicar para os colegas o erro, ao final desta aula, houve a aplicação do pós-teste.

O jogo Física: Fato ou Farsa também foi colocado na plataforma Quizizz e contou com o engajamento da turma, alguns optaram por apenas enviar as afirmações por escrito o conteúdo, já outros utilizaram da plataforma Canva<sup>9</sup> para fazer a exposição de sua sentença de forma esteticamente mais bonita. A seguir temos algumas imagens utilizadas no jogo.

Figura 4.3: Capa do jogo criado com a turma.



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Figura 4.4: Uma das afirmações do jogo Física – Fato ou Farsa feita por um grupo de alunos. a) Imagem que aparece com a afirmação. b) Imagem que aparece após responder a anterior.



Fonte: Acervo de imagens enviadas pelos alunos, 2025.

<sup>9</sup> Canva é uma plataforma ferramenta de design gráfico online, onde usuários leigos e profissionais podem criar artes gráficas e templates para apresentações, infográficos, mídias sociais entre outros diversos conteúdos visuais. Disponível em: <https://www.canva.com/>.

A figura 4.3 foi a capa utilizada para ilustrar o jogo criado com a turma, ele foi utilizado na plataforma Quizizz. A figura 4.4 é de autoria de um dos grupos alunos e ilustra para o presente trabalho como apareceu no jogo, no lado a) é a imagem inicial que traz a afirmação, após a resposta dos alunos apareceria o lado b) já respondendo para eles qual seria a resposta certa para a pergunta anterior, onde os alunos tiveram o cuidado de colocar logo a explicação do porquê a afirmação feita anteriormente era farsa.

As perguntas foram reunidas no quadro a seguir:

Quadro 08: Perguntas do Balanço Final – pós-teste.

| <b>PÓS-TESTE – BALANÇO FINAL</b> |                                                                                                         |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.                               | <i>O que você entende por Centro de Massa?</i>                                                          |
| 2.                               | <i>Defina com suas palavras: o que é equilíbrio?</i>                                                    |
| 3.                               | <i>Tendo em vista os assuntos estudados, na sua opinião, por que o boneco "João Teimoso" não deita?</i> |
| 4.                               | <i>Qual a diferença entre empurrar a porta perto da maçaneta ou longe? Justifique sua resposta.</i>     |
| 5.                               | <i>Por que os corpos da imagem conseguiram alcançar uma situação de equilíbrio na gangorra?</i>         |

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Com um intuito agora de verificar a consolidação dos subsunçores observados no pré-teste, o pós-teste trouxe algumas das perguntas iniciais com uma linguagem mais técnica, buscando principalmente que as respostas fossem um pouco mais elaboradas e alinhadas ao conhecimento adquirido através da aplicação da SDI.

A articulação entre teoria, campo e procedimentos buscou garantir a coerência interna da pesquisa, assegurando que cada etapa contribísse efetivamente para a compreensão dos processos de aprendizagem significativa e crítica mobilizados pela proposta desenvolvida. Assim, o desenvolvimento da SDI não apenas serviu de suporte técnico, mas constituiu-se como espaço de reflexão e intencionalidade pedagógica.

No próximo capítulo, serão apresentados e discutidos os dados obtidos a partir da aplicação da Sequência Didática Interativa. A análise buscará evidenciar como os alunos ressignificaram os conceitos de Estática do Corpo Rígido ao longo das atividades propostas, com base nos referenciais teóricos da aprendizagem significativa e crítica (Ausubel, 2003; Moreira, 2010), destacando tanto os avanços cognitivos quanto as manifestações de pensamento crítico e contextualizado.

## **5 ENTRE DADOS E DISCURSOS: PERCURSOS DE ANÁLISE NA PESQUISA EM ENSINO**

O objetivo deste capítulo é avaliar o desenvolvimento da aprendizagem dos alunos a partir da comparação entre o pré e o pós-teste, considerando suas construções discursivas sobre o conteúdo de Estática do Corpo Rígido.

Inicialmente, será apresentada a descrição da aplicação da Sequência Didática Interativa contendo os dados obtidos durante a pesquisa de forma documental, questionários e observações, conectando-os ao aporte teórico desta pesquisa segundo as teorias da aprendizagem significativa crítica de Moreira (2010) e aprendizagem significativa de Ausubel (2003) organizadas segundo a metodologia da Sequência Didática Interativa descrita por Zabala (1998) e Ugalde e Roweder (2020). A análise busca compreender não apenas a apropriação conceitual dos conteúdos, mas também os sentidos construídos pelos alunos em diálogo com suas experiências, em consonância com os princípios da aprendizagem significativa crítica.

Para conduzir essa investigação, foi adotada a Análise de Conteúdo de Laurence Bardin (2015), cujo método se organiza em três etapas: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados. Na etapa de pré-análise, os dados foram organizados e preparados para a leitura flutuante; na etapa seguinte, os materiais foram categorizados tematicamente de acordo com os objetivos da pesquisa; e, por fim, as inferências e interpretações foram realizadas com base nas categorias emergentes, visando compreender os movimentos de ressignificação dos conceitos por parte dos estudantes ao longo da intervenção pedagógica.

### **5.1 Balanço Inicial – explorando o ponto de partida**

A finalidade desta atividade foi, inicialmente, instigar os alunos a pensar sobre os temas de equilíbrio, centro de massa e torque em algumas situações cotidianas sem abordar o tema de forma aprofundada. Após a sensibilização, os alunos foram apresentados ao pré-teste (Balanço Inicial) que tinha como objetivo capturar os conhecimentos prévios dos alunos, necessários para o planejamento da Sequência Didática Interativa (Ugalde e Roweder, 2020) e para a captura dos subsunçores (Ausubel, 2003). A coleta desses dados revelou-se de fundamental importância para a estruturação da aprendizagem significativa crítica que serão essenciais para a progressividade do conhecimento (Moreira, 2010).

O pré-teste foi aplicado de forma gamificada utilizando a plataforma Quizizz, o que exigiu o uso de aparelhos digitais e conexão à internet. Como os alunos possuem para uso individual o Chromebook, isso não representou problema; contudo, a instabilidade da *internet* no dia dificultou a execução da atividade. Devido à grande demanda de rede na escola, foi necessário transferir os alunos para outra sala com conexão funcionando. Consequentemente, essa reorganização tomou tempo, fazendo com que a atividade prevista para 30 minutos começasse aproximadamente 25 minutos após o planejado.

Figura 5.1: Aplicação do pré-teste – Balanço Inicial.



Fonte: Arquivo próprio, 2025.

Para fins de não intervenção nas palavras que iriam aparecer no pré-teste (Bogdan e Biklen, 1994), não houve introdução de conteúdo substancial; realizou-se apenas uma sensibilização, chamando-os à luz do que iria acontecer, inicialmente explicando sobre a pesquisa e, em seguida, para a temática de Física. Eles foram questionados por palavras articuladas, perguntando se já haviam refletido sobre como conseguem andar de bicicleta sem cair, por que é tão difícil levantar da carteira sem projetar o corpo para frente, ou mesmo por que certos objetos permanecem parados sobre uma superfície enquanto outros não.

Durante a aplicação não houve nenhum tipo de questionamento quanto às palavras que surgiram ali, os alunos concentraram em responder individualmente. Foi possível notar algumas expressões de dúvida e de reflexão por parte de alguns alunos; enquanto outros demonstraram confiantes. Entretanto, os resultados foram deveras variados. Nos quadros a seguir, estão expostas as respostas dos alunos. Inicia-se pelo quadro 08 com a 1ª pergunta do pré-teste.



Quadro 09: 1ª pergunta do pré-teste.

**Q1. O que você entende por "equilíbrio" no contexto da vida cotidiana? Dê um exemplo.**

| <b>ALUNO</b> | <b>RESPOSTA</b>                                                                                                                                                 |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A12</b>   | <i>"Algo que faça bem ao nosso corpo e mente e nos tire da zona de conforto, mas sem ser algo que nos traga malefícios."</i>                                    |
| <b>A02</b>   | <i>"Que é algo essencial para andar, para nadar e etc "</i>                                                                                                     |
| <b>A20</b>   | <i>"é quando nos controlamos nosso corpo em determinadas posições, quando por exemplo, estamos em cima de algum objeto estreito, tentando nos manter em pé"</i> |

Fonte: Elaboração própria, 2025.

No quadro 09, são apontadas 3 respostas referentes à busca de algum subsunçor relacionado a equilíbrio; uma resposta que fugiu ao intuito da pesquisa (A12), uma resposta inconclusiva (A02), nem correta nem incorreta, e uma resposta mais assertiva que as demais (A20), uma vez que o aluno indicou compreensão acerca da somatória das forças. Segundo Barreto e Xavier (2016) e Villas Bôas (2012) um corpo está em equilíbrio de translação quando a somatória de suas forças for nula, ou seja, o aluno em sua resposta deu a entender que, ao tentar ficar de pé em algo estreito, ele consegue alcançar um equilíbrio quando a somatória das forças atuantes sobre ele são nulas.

Um aspecto que chamou muito a atenção foi a resposta do aluno A12, que, mesmo a professora em sala sendo de Física, aplicando um questionário próprio, a sua memória e raciocínio foi buscar um conceito nos aspectos sócio emocionais, outros 7 alunos, mesmo as respostas sendo individuais, foram pelo mesmo caminho. A BNCC (2018) trabalha de forma integrada a importância dos aspectos socioemocionais como um conjunto de habilidades que permitem o desenvolvimento do gerenciamento de emoções, tempo e tomada de decisões, beneficiando o indivíduo e também o coletivo ao qual ele está inserido.

É possível notar que em seu conhecimento prévio, há a presença desta aprendizagem de forma tão enraizada que superou os objetivos da pesquisa, indo em direção a outros aspectos que não foram esperados. Neste sentido, devido ao aspecto qualitativo da pesquisa, Bogdan e Biklen (1994) abordam, especialmente, no que diz respeito à abertura para o inesperado e ao fato de que, na pesquisa qualitativa, os dados não são moldados por hipóteses rígidas, mas sim emergem do campo.



Apenas três respostas, incluindo as que estão no Quadro 09 do aluno A20, foram minimamente direcionadas ao objetivo da pesquisa, ou seja, havia pouquíssimos subsunçores relevantes referentes à pergunta número 01. É possível que tal resultado tenha se dado pela ausência de uma introdução mais aprofundada sobre o que ocorreria ou pelo uso da linguagem característica da disciplina (Moreira, 2010); contudo, é fundamental que o investigador, quando atua também como instrumento de coleta, inserido no campo da pesquisa, tenha muito cuidado e consciência crítica para minimizar as interferências de seus próprios pressupostos e, neste caso, como o foco era a captura de subsunçores, evite usar linguagem que pudesse induzir as respostas dos alunos (Bogdan e Biklen, 1994).

No Quadro 10, foram reunidas três respostas para representar o que os alunos entendiam por centro de massa (CM), objetivo de busca do subsunçor CM na questão número 2 do pré-teste.

Quadro 10: 2ª pergunta do pré-teste.

**Q2. Você já ouviu falar no termo "centro de massa"? Se sim, como você o descreveria com suas próprias palavras?**

| <b>ALUNO</b> | <b>RESPOSTA</b>                                                                                                                |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A06</b>   | <i>"nunca ouvi falar"</i>                                                                                                      |
| <b>A22</b>   | <i>"É o centro de um corpo/objeto, e normalmente sendo o local que auxilia para o equilíbrio."</i>                             |
| <b>A12</b>   | <i>"Centro de massa é o ponto central de um corpo, logo, é o local de um corpo que apresenta maior concentração de massa."</i> |

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Na segunda pergunta, em busca dos conhecimentos sobre centro de massa, as respostas foram um pouco mais equilibradas. Dentre elas, 8 relataram não saber do que se tratava, sendo representados no Quadro 10 pelo aluno A06; outros 3 alunos, representados pelo aluno A22, responderam na direção do esperado, sendo possível perceber algumas palavras da linguagem esperada, embora faltasse vocabulário correto e organização científica dos conceitos. Já o aluno A12, juntamente com mais 3 colegas, apresentou respostas assertivas, demonstrando conhecimento prévio e maior domínio da linguagem característica da Física.

Embora as respostas dos alunos A22 e A12 não estejam totalmente corretas, elas se aproximam do conceito descrito por Halliday et al. (2012), segundo o qual "O centro de massa de um sistema de partículas é o ponto que se move como se (1) toda a

massa do sistema estivesse concentrada nesse ponto e (2) todas as forças externas estivessem aplicadas nesse ponto” (Halliday et al., 2012, p. 207). Ou seja, os alunos se aproximaram do conceito que indica o ponto onde a massa está concentrada e que, se neste a resultante das forças for nula, o corpo encontra-se em equilíbrio translacional.

No quadro 11 estão expostas respostas à 3ª pergunta do pré-teste, na busca pelo subsunçor referente a equilíbrio.

Quadro 11: 3ª pergunta do pré-teste.

**Q3. Quando você anda de bicicleta ou fica em pé sobre um pé só, o que faz para manter o equilíbrio?**

| <b>ALUNO</b> | <b>RESPOSTA</b>                                                                                                  |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A10</b>   | <i>“nao sei”</i>                                                                                                 |
| <b>A06</b>   | <i>“coordenação muscular manter o equilibrio correto”</i>                                                        |
| <b>A12</b>   | <i>“Posiciono o meu centro de massa no meio do movimento, até está balanceado dos dois lados.”</i>               |
| <b>A17</b>   | <i>“o equilibrio de força peso no centro da bicicleta ou do meu pé”</i>                                          |
| <b>A22</b>   | <i>“Tento me equilibrar, colocando o centro de gravidade do meu corpo alinhado com o local apoiado no chão.”</i> |

Fonte: Elaboração própria, 2025.

A terceira pergunta buscava verificar as explicações dos alunos sobre como se equilibravam, observando se eram capazes de associar previamente conceitos como centro de massa e equilíbrio. No Quadro 11, são apresentadas algumas das respostas. Surgiram apenas 5 respostas inconclusivas ou que negavam a presença deste conhecimento, enquanto 2 alunos permaneceram em uma divisa, trazendo demonstrações de conceitos de outras áreas, como exemplificado pelo aluno A06, que mencionou musculatura. Segundo Frasson et al. (2007), treinos diferenciados podem proporcionar habilidades distintas para quem pratica. Como descrito em seu artigo na subseção 1.7.3, a musculatura confere habilidades diferenciadas de torque e equilíbrio de acordo com os treinos, o que pode justificar a interpretação apresentada pelo aluno A06.

Já os demais alunos foram à direção de uma resposta apropriada, como os alunos A12, A17 e A22. Mesmo que as respostas desses 3 alunos tenham sido diferentes, todos foram na direção correta; o A12 utilizou a palavra centro de massa corretamente e ainda falou de balanceamento, enfatizando que ele conhece um subsunçor relacionado a equilíbrio mesmo que a palavra não tenha aparecido; o A17

foi bem mais técnico ao trazer um subsunçor de força peso para a ideia de equilibrar a bicicleta e o A22 associou um pouco das duas respostas, colocando centro de massa como centro de gravidade, o que não está incorreto, mas diz respeito ao ponto de aplicação da força peso, no intuito de alinhar à bicicleta para trazer o equilíbrio.

Inconscientemente, os alunos A12, A17 e A22 explicaram conceitos sobre o equilíbrio do centro de massa em torno da teoria do tombamento descrita na subseção 1.7.4, onde Villas Bôas *et al.* (2012) descreve que um corpo está equilibrado quando está apoiado sobre uma região de contato estável sem uma tendência a mover ou tomar.

O quadro 12 a seguir, trata da resposta de alguns alunos acerca do equilíbrio em brinquedos que possivelmente fizeram parte do cotidiano deles ao longo da vida, em busca de fazê-los expor conhecimentos prévios sobre centro de massa e equilíbrio entre 2 corpo.

Quadro 12: 4ª pergunta do pré-teste.

**Q4. Pense em um brinquedo que balance, como uma gangorra ou um boneco que sempre volta à posição inicial. Por que ele não cai completamente?**

| ALUNO | RESPOSTA                                                                                                                        |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A05   | <i>"por causa da inercia"</i>                                                                                                   |
| A14   | <i>"Pois ele tem alguma coisa que ajuda ele voltar a sua posição"</i>                                                           |
| A03   | <i>"porque ele consegue se manter "equilibrado" talvez se posicionando de forma onde seu ponto de massa esteja equilibrado"</i> |
| A09   | <i>"o boneco não cai pq á um peso em baixo que não deixa ele cair por completo"</i>                                             |
| A22   | <i>"Por causa do centro de massa, o centro de massa por estar no meio, faz eles voltarem ao ponto inicial."</i>                 |

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Na pergunta que fazia referência a gangorra e ao João teimoso (figura 1.4) do quadro 12, somente 1 aluno disse que não sabia explicar algo sobre. Contudo, chamou atenção a resposta do aluno A05, que recorreu à linguagem da Física, empregando termos do vocabulário científico ao relacionar o fato de o boneco não tombar à Primeira Lei da Inércia de Newton, conforme descrita por Barreto e Xavier (2016) como "Todo corpo permanece em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que seja obrigado a mudar seu estado por forças que

atuem sobre ele” (Barreto e Xavier, 2016, p. 119), porém sem complemento do raciocínio, se tornou inconclusiva, logo uma resposta incorreta.

Com a resposta do aluno A14 é possível perceber que ele ciência da ocorrência de algum fenômeno, mas não é capaz de afirmar do que se trata. Observamos, também, um direcionamento da resposta para o correto no A03, apenas com uma pequena ausência de delimitações e organização do conceito.

Embora algumas respostas tenham sido inconclusivas, metade da turma discursou de forma correta e com coerência quanto a pergunta do quadro 12. Destacando o aluno A09 que já fez uso corretamente das palavras, embora não tenha utilizado das palavras centro de massa, centro de gravidade ou equilíbrio, ele trouxe a ideia corretamente quanto a presença do peso na parte inferior central dos brinquedos e de que por conta disso eles tendem a retornar ao seu estado original. E por fim o aluno A22, fez uso do vocabulário corretamente, associando ao tema da presente pesquisa ao seu conhecimento prévio.

Mesmo sem a organização concreta dos conceitos, é notório que os alunos A03, A09 e A22 tentaram descrever o comportamento do objeto a partir do centro de massa como descrito por Halliday *et al.* (2012), no qual ele propõe que a trajetória do corpo se delineia a partir do centro de massa, como na figura 1.2 do presente trabalho que mostra a ilustração de Halliday *et al.* (2012) para tal comportamento.

As respostas da 5ª e última pergunta do pré-teste, constam no quadro 13 abaixo.

Quadro 13: 5ª pergunta do pré-teste.

**Q5. O que acontece se você tentar empurrar a porta perto da dobradiça?**

| ALUNO | RESPOSTA                                                                                                 |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A02   | <i>“ela volta para o lugar de onde foi empurrada”</i>                                                    |
| A14   | <i>“Vai ser mais complicado e terá que colocar mais força”</i>                                           |
| A04   | <i>“A porta fica mais difícil de abrir, pois quanto mais perto do ponto de equilíbrio mais difícil.”</i> |

Fonte: Elaboração própria, 2025.

A última pergunta do pré-teste, presente no quadro 13, foi relacionada ao conceito de torque através do movimento de uma porta. Alguns alunos demonstraram certa confusão; apenas um declarou não saber explicar. As demais respostas estão representadas pelo estudante A02, cuja explicação mostrou-se de difícil compreensão, uma vez que sugere que a porta retornaria ao ser empurrada,

interpretação que se distancia da realidade e dos objetivos desta pesquisa. Mais da metade dos alunos quando questionados direcionaram suas perguntas como os alunos A14 e A04, no qual o A14 respondeu corretamente embora sem detalhar onde seria a aplicação da força. Já o aluno A04 apresentou uma explicação completa, evidenciando a presença do subsunçor e o conhecimento bem consolidado.

As respostas dos alunos A14 e A04 estão alinhadas ao conceito de Momento de uma Força ou Torque como descrito na seção 1.5, no qual Godoy *et al.* (2020) descreve como a relação entre a força e a distância do ponto de giro do corpo, ou seja, quanto mais distante do ponto de giro, maior o torque, quanto menor a distância, menor o torque; conseqüentemente, quanto mais distante “mais fácil” de efetuar o giro e quanto “mais próximo” do ponto de giro do corpo mais difícil será efetuar a rotação.

Em suma, foram observados conhecimentos prévios (Ausubel, 2003) de grande relevância para a construção das próximas etapas da SDI (Ugalde e Roweder, 2020) e para o processo de ensino-aprendizagem da Estática do Corpo Rígido. Partindo dos pressupostos de Moreira (2010), no qual o autor aponta a aprendizagem significativa crítica como fundamentada na aprendizagem significativa de Ausubel e ancorada nos conhecimentos prévios, ainda que não sejam formais e muitas vezes se aproximem do senso comum, compreende-se que tais saberes devem ser valorizados e considerados no processo de progressão dos alunos. Além disso, no contexto da SDI, esses conhecimentos revelam-se igualmente indispensáveis.

## **5.2 Caça ao centro de massa**

A primeira meta desta etapa consistiu em iniciar a abordagem dos conceitos científicos a partir das evidências levantadas no pré-teste, favorecendo a ancoragem dos conhecimentos prévios dos estudantes. Para isso, a sequência foi iniciada com comentários sobre o próprio pré-teste, momento em que os alunos puderam expor suas impressões, compartilhar percepções e relatar eventuais dificuldades. Durante essa discussão, observou-se que alguns estudantes haviam associado o conceito de equilíbrio ao campo socioemocional. Diante disso, muitos relataram sentir-se, a princípio, envergonhados por não terem identificado corretamente o tipo de equilíbrio investigado. Contudo, ao perceberem que essa interpretação havia sido comum a vários colegas, esse sentimento foi gradualmente ressignificado, gerando a compreensão de que faziam parte de um coletivo de aprendizagem. Esse movimento possibilitou não apenas reduzir a sensação de isolamento, mas também fortalecer o

sentimento de pertencimento e abrir espaço para uma reflexão crítica sobre o papel dos conhecimentos prévios no processo educativo.

Em seguida, os outros conceitos foram expostos brevemente. Após os comentários, deu início a aula expositiva sobre os conceitos fundamentais de ponto material, corpo extenso e centro de massa, estabelecendo uma base conceitual necessária para os tópicos seguintes. Na continuidade, explorou-se o tema do equilíbrio em corpos pontuais, diferenciando equilíbrio estático de dinâmico, e introduzindo as noções de equilíbrio estável, instável e indiferente, de forma progressiva e conectada com situações do cotidiano dos alunos. Os temas foram colocados à experiência com as seguintes práticas da figura 5.2.



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Durante a prática Caça ao Centro de Massa, foi observado um interesse muito grande por parte da grande maioria dos alunos em tentar. Foram distribuídos na sala materiais como régua tradicionais rígidas, apenas 1 cabo de vassoura, 1 material encontrado no kit da sala que tinha uma distribuição de massa diferente da régua e a partir dos seus próprios materiais eles escolheram canetas, lápis e marcadores para tentar equilibrar no dedo, como exposto na figura 5.3.

Figura 5.3: Praticando encontrar o centro de massa com o material do laboratório.



Fonte: Arquivo próprio, 2025.

Na figura 5.3 observa-se que o aluno utilizou um marcador de tamanho grande, pouco convencional, para realizar a atividade de equilíbrio. Após algum tempo de tentativa, conseguiu atingir o objetivo, momento em que foi registrada a fotografia. Em consonância com as orientações da BNCC (2018) que visa a prática e a prototipagem para proporcionar vivências aos alunos e associada a Moreira (2020) foi evidenciado que estas práticas, ainda que simples, foram fundamentais no processo de construção dos conhecimentos dos alunos, uma vez que os mesmos começaram a contribuir. Eles surgiram com perguntas como: o que mudaria se o cabo da vassoura estivesse com a escova? Sendo respondidos com: o CM será deslocado para mais próximo da escova. Tal prática foi evidenciada pelo material irregular encontrado no kit da sala (Halliday *et al.*, 2012).

A segunda prática proposta na aula foi a Saltando com a Física, onde três alunos foram voluntários para esta empreitada, dois ficaram de pé sobre duas cadeiras, segurando o cabo de vassoura que serviu de marca para o salto do terceiro aluno. Os demais presentes foram instigados a analisar como era o comportamento do salto do terceiro aluno, em qual das posições ele saltava mais alto e porquê, possibilitando assim um caminho para uma aprendizagem crítica a partir das reflexões, questionamentos e construção de significado (Moreira, 2010).



Figura 5.4: Prática do salto vertical em diferentes posições de braço.



Fonte: Arquivo próprio, 2025.

Na figura 5.4 o aluno estava executando a prática indicada pela professora. Os demais alunos observaram que o salto com a posição de braços abertos foi a com menor altura, o relato deles foi que o aluno que saltou pareceu ter mais dificuldade para executar, enquanto os outros saltos, com a distribuição de massa do corpo mais verticalizada, o aluno saltou bem mais alto. A partir desta análise crítica foi possível observar nuances de uma aprendizagem significativa crítica com base no discurso verbal dos alunos, demonstraram vocabulários e significado com base nos questionamentos feitos por eles e instigados pela professora (Moreira, 2010).

Para a última prática da aula, Os Limites do Equilíbrio, foram abordadas as temáticas discutidas na seção 1.7 e subseção 1.7.1, quanto ao tombamento ou não diante da região de contato do corpo com uma superfície plana; no caso desta atividade, como são os comportamentos dos corpos, entre feminino e masculino, em relação ao tombamento quando colocados para tentar tocar os pés com as pernas reta de forma livre e encostados em uma parede.

Figura 5.5: Alunos experimentando o limite do equilíbrio e do tombamento.



Fonte: Arquivo próprio, 2025.



A figura 5.5 mostram dois alunos, um menino e uma menina, experimentando os seus limites. A turma foi questionada se percebiam diferença entre o centro de massa do corpo do homem e o da mulher os alunos a maioria deles disse que não havia diferença, desconsiderando o panorama geral da distribuição de massa entre os corpos. Notou-se aqui que os alunos não alcançaram plenamente o conceito de que a depender da distribuição da massa, o centro de massa se localiza em um ponto diferente no espaço, como descrito por Barreto e Xavier (2016) sobre corpos não homogêneos e ainda por Nussenzveig (2002) quando fala de sistemas de múltiplos corpos, o que podem ser ambos utilizados para observar a diferença entre os corpos humanos.

Micha e Ferreira (2013) em seu artigo pontuam muito bem os aspectos da distribuição de massa do corpo que influenciam e como influenciam na disposição do CM e foram expostos na sala de aula através da prática com os dois alunos, atividade esta adotada para fazer uso da unidade teoria-prática em pesquisa (Leal e Araújo, 2024).

Quando observando, os alunos ficaram pensando inicialmente se isso seria uma inabilidade da aluna de conseguir tocar os pés, assim logo alguns outros quiseram experimentar para tirar suas próprias conclusões, aplicando deste modo a teoria de Ausubel (2003) e Moreira (2010), os sujeitos ficaram livres a experienciar, pois como os autores afirmam, é fundamental que os alunos aprendam a partir do que já sabem e de uma forma que faça sentido para eles.

### **5.3 Controle Corporal e Torque: A Física do Cotidiano**

A aula teve início com o resgate dos principais pontos abordados na aula anterior, buscando retomar conceitos por meio das vivências e de exercícios mentais relacionados a situações do cotidiano. Ao final da aula anterior, um aluno comentou que ele fazia alguns treinos no basquete que utilizava dos conceitos que estavam sendo exposto, logo, com base nas experiências relatadas por eles, a abordagem voltou-se para o contexto esportivo, considerando o perfil da turma, composta majoritariamente por estudantes bastante ativos em práticas esportivas, onde um aluno voluntariamente expos em nome dos demais o seguinte exercício.

Figura 5.6: Demonstração pró-ativa do aluno quanto aos movimentos do basquete com o CM.



Fonte: Arquivo próprio, 2025.

A figura 5.6 é uma demonstração que o aluno fez referente a um de seus exercícios no basquete, no qual consiste em estar com a bola na mão, equilibrar-se sobre uma perna só, levar a bola até o chão, sem colocar os dois pés no chão e depois levantar, fazendo um movimento típico do basquete em direção a um arremesso ainda se equilibrando em uma perna só; todo este movimento sem cair, sem trocar a perna de base e sem tocar o outro pé no chão.

A partir desta oportunidade, foram promovidas reflexões sobre os treinos que realizam, destacando como esses momentos exigem o controle do corpo mesmo em situações nas quais o centro de massa se encontra em posições desfavoráveis (Micha e Ferreira, 2013). Alguns deles refletiram e se dispuseram tentar, mesmo não tendo um viés esportivo, valorizando ainda mais a experiência acima do conteúdo meramente expositivo (Ausubel, 2003; Moreira, 2010).

Na segunda parte da aula, foram introduzidos os conceitos de Momento de uma Força, também conhecido como Torque. A abordagem seguiu a proposta de utilizar exercícios mentais e visuais baseados em situações cotidianas (Geekie one, 2025), estimulando a problematização e a aplicação prática do conteúdo de forma progressiva, indo do nível fácil ao nível mais avançado (Ausubel, 2003). Foi exposto o exemplo clássico da porta, com a da própria sala, aplicando força em pontos distantes da maçaneta e próximo às dobradiças. Algo menos cotidiano deles, mas ainda assim realista, foi exemplificar a dificuldade de girar um objeto no próprio ponto de giro, ao tentar abrir um parafuso sem o uso de uma chave ou um pote de vidro.

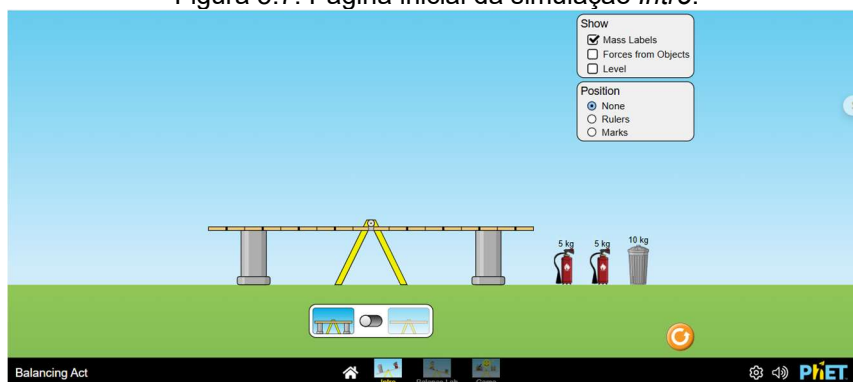
De todos o conceito aparentemente mais familiar foi o da porta, pois muitos relataram já ter tentado fechar a porta empurrando próximo a dobradiça e não terem

conseguido, o que os proporcionou uma vivência e a construção do significado de que: longe da maçaneta, fica muito mais difícil (Moreira, 2010). Este foi um subsunçor presente no pré-teste onde os alunos demonstraram significados sem a presença de vocabulário ou estruturação das palavras corretamente para explicar, ausência esta que teve a presente aula da SDI (Ugalde e Roweder, 2020) foi construída a fim de dar subsídios aos conhecimentos para ser ancorado da forma correta alinhada a linguagem da Física (Moreira 2010).

#### 5.4 Missão Equilíbrio 1 e 2

Para aplicar os conceitos vistos na aula anterior, o *PhET Interactive Simulations* (s.d.) foi fundamental para ampliar ainda mais as possibilidades de aplicações dos conceitos na prática. Inicialmente, na aula de Missão Equilíbrio 1, foi revisado os assuntos da aula anterior, bem como alguns conceitos do currículo do 1º ano do EM. Após a revisitação aos assuntos, eles foram orientados a abrir a plataforma no link: [https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_all.html). A primeira proposta a ser utilizada foi o *intro*, como visto na Aula 04 da SDI no capítulo 4.

Figura 5.7: Página inicial da simulação *Intro*.

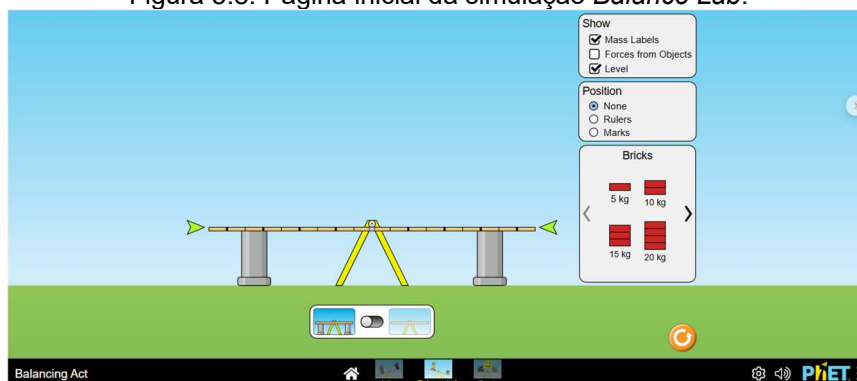


Fonte: Adaptação própria a partir do painel do *PhET Interactive Simulations*. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_all.html).

A figura 5.7 apresenta o ambiente virtual da prática *Balancing Act* disponível na plataforma *PhET Interactive Simulations*, os alunos foram orientados quanto ao que significava cada palavra nos quadros no quadrante superior direito e sobre os elementos interativos do simulador, como os extintores, o latão de lixo e o botão que tem abaixo da gangorra que retira os apoios. Esta prática caracteriza-se por sua simplicidade, uma vez que consiste em posicionar pesos em diferentes pontos da gangorra e observar os resultados. Dessa forma, os estudantes puderam analisar

como a disposição dos corpos influencia o movimento, percebendo tanto as situações em que a gangorra se desequilibra para um dos lados quanto as condições necessárias para atingir o equilíbrio (Villas Bôas et al., 2012).

Figura 5.8: Página inicial da simulação *Balance Lab*.



Fonte: Adaptação própria a partir do painel do *PhET Interactive Simulations*. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_all.html).

A figura 5.8 apresenta a página inicial da simulação *Balance Lab* disponível no ambiente virtual do *PhET Interactive Simulations*. O diferencial desta prática é a possibilidade de alterar os valores de massa dos objetos representados como *Bricks* (tijolos) que podem variar desde 5 kg, como exemplificado na figura, até pessoas com até 80 kg, além de outros objetos de massa desconhecida, o que amplia as possibilidades de exploração e descoberta. Em ambas as atividades inicialmente propostas os alunos podem conferir os estudos segundo descreve Villas Bôas *et al.* (2010) quando afirma que há uma proporção entre a distância e as massas dispostas “se o peso do garoto A é o dobro do peso do garoto B, é necessário que a distância de B até o eixo E seja o dobro da distância de A até esse mesmo eixo para que ambos fiquem em equilíbrio.” (Villas Bôas *et al.*, 2010, p. 406).

A turma tem um perfil muito característico de engajamento em atividades tecnológicas. No caso do *PhET Interactive Simulations*, eles já estavam familiarizados desde o início do 1º ano EM. Considerando tal experiência foi observado que não foram necessárias muitas orientações para que eles conseguissem experienciar as propostas da aula. Em ambos os ambientes virtuais eles foram instigados a refletir sobre situações como: o que aconteceria ao colocar pesos de massas diferentes em pontos equidistantes do eixo de rotação, ou ao modificar as distâncias em que os corpos estavam dispostos na gangorra.

Com o intuito de captura de dados e proporcionar uma experiência ainda mais significativa, após eles conhecerem os ambientes das simulações propostas, eles foram direcionados ao jogo, ao ambiente *Game*, onde os estudantes puderam interagir em um ambiente de competição, colocando à prova seus conhecimentos de forma lúdica e motivadora. Segundo Zabala (1998) metodologias que integram o lúdico, o afetivo e o cognitivo são valiosas para uma aprendizagem efetiva dos alunos, ou seja, integrando uma organização bem planejadas das atividades pode proporcionar uma aprendizagem significativa e crítica.

Figura 5.9: Ambiente de entrada do *Game* do *Balancing Act*.



Fonte: Adaptação própria a partir do painel do *PhET Interactive Simulations*. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_all.html).

Com o objetivo de proporcionar um momento de aprendizagem em que os alunos pudessem se divertir e, ao mesmo tempo, refletir sobre os conceitos trabalhados, as Missões Equilíbrio 1 e 2 utilizaram os *Levels* 1 e 2 da simulação apresentada na Figura 5.9. A proposta consistiu em formar grupos de, no máximo, quatro alunos, para que jogassem coletivamente na plataforma *PhET Interactive Simulations*, refletindo sobre as tomadas de decisão durante a atividade, enquanto um dos integrantes registrava as observações do grupo. Posteriormente, os estudantes acessaram um formulário no *Quizizz* para enviar suas respostas de reflexão e as justificativas das escolhas feitas. Em razão do tempo destinado ao conhecimento e à exploração da plataforma, a Missão Equilíbrio 1 foi iniciada em uma aula, mas as respostas referentes a ela só foram registradas no *Quizizz* durante a realização da Missão Equilíbrio 2, ocasião em que também responderam ao questionário correspondente a esta segunda etapa.

Figura 5.10: Preenchendo o Quizizz com as respostas deles das Missões Equilíbrio.



Fonte: Arquivo próprio, 2025.

A Figura 5.10 apresenta algumas alunas registrando suas respostas das Missões Equilíbrio na plataforma Quizizz. As atividades propostas nas duas missões podem ser classificadas em três categorias. É importante destacar que a plataforma organiza o avanço das questões de forma aleatória: enquanto em uma atividade de balanceamento um grupo poderia receber massas iguais, outro poderia receber massas diferentes. De modo semelhante, na atividade que solicita a previsão do que irá acontecer, e também na última categoria, as situações sempre envolvem massas distintas para que os alunos realizem os cálculos. Considerando esse funcionamento, as respostas foram analisadas com base na qualidade dos argumentos apresentados. As três categorias, juntamente com as respostas dos grupos, estão sistematizadas no Quadro 14.

Quadro 14: Categorias de atividades das Missões Equilíbrio 1 e 2.

| CATEGORIA                  | RESPOSTAS DOS GRUPOS                  |                                                                                                                        |                                         |                                                                                                    |                                                                                                                                              |
|----------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            | A03, A04, A16 e A22                   | A01, A02, A15 e A20                                                                                                    | A13, A14, A19 e A21                     | A08, A09 e A10                                                                                     | A05, A12 e A17                                                                                                                               |
| <b>C1 –<br/>Balanceie!</b> | <i>“mesmo peso = mesma distancia”</i> | <i>“Um lado esta com 20kg e o outro com 10kg, ou seja a distancia de 20kg deve ser menor que a de 10kg do centro.”</i> | <i>“baseando-se nos pontos da reta”</i> | <i>“na antepenúltima marcação, pois eles tem que estar na mesma posição para ficar equilibrio”</i> | <i>“Ao colocarmos o peso de 10kg na ponta e o de 20 kg a 2 pontinhos da esquerda pra direita, conseguiremos ter um ponto de equilibrio.”</i> |

|                                  |                                                                                                   |                                                                              |                                                                        |                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>C2 – O que vai acontecer?</b> | <i>“ambos na mesma distância, possuem pesos diferentes, logo cai para o lado com maior peso.”</i> | <i>“vai equilibrar, pois os dois pesos são iguais e na mesma distância.”</i> | <i>“cair para a direita, mesmo peso com posições diferentes”</i>       | <i>“será a primeira imagem, pois o lado esquerdo é mais pesado”</i> | <i>“Como o peso de 10kg é maior que o de 5kg, o lado que vai descer vai ser para a esquerda, porque o dois pesos estão na mesma posição em lados opostos. Agora se movermos o peso de 5kg um ponto pra direita, conseguiremos ter um ponto de equilíbrio entre as duas peças.”</i> |
| <b>C3 – Qual é a massa?</b>      | <i>“1/3 da distância, triplo do peso.”</i>                                                        | <i>“os dois pesos são iguais, por isso equilibrou.”</i>                      | <i>“baseado na posição do primeiro tijolo, seus pesos eram iguais”</i> | <i>“20kg”</i>                                                       | <i>“Como não sabemos o peso da anilha, nós analisamos o peso da peça. Vimos que a peça teria um valor razoável comparado a uma anilha e chutamos em colocar naquele ponto.”</i>                                                                                                    |

Fonte: Elaboração própria, 2025.

As missões equilíbrio, expostas no quando 14, evidenciaram uma progressão considerável na criticidade dos alunos na escolha das palavras referente à gangorra e equilíbrio, uma vez que esta atividade de simulação contemplou basicamente o que foi perguntado no pré-teste no que diz respeito ao vocabulário citado.

É possível observar que na categoria C1 apenas o grupo dos alunos A13, A14, A19 e A21 não utilizou de uma semântica que expusesse melhor o seu conhecimento, se resumiram a poucas palavras, o que não atrapalha na compreensão de que: os alunos souberam o que observar na hora da escolha da resposta, ainda que não tenham recorrido ao uso de um diálogo extenso, em contra partida o grupo A03, A04, A16 e A22 também foi sucinto em suas palavras mas bem mais assertivo indo direto ao ponto de sua justificativa de forma correta. Já o grupo A01, A02, A15 e A20 e o grupo A05, A12 e A17 discorreu utilizando bem do vocabulário teórico e numérico em sua justificativa, demonstrando apropriação da linguagem (Moreira, 2010).

Embora as questões propostas pelo jogo apresentem dados aleatórios para cada participante, os alunos que assim o fizeram deveriam ter se orientado a responder conforme os conceitos estabelecidos por Villas Bôas *et al.* (2012) e escolher a posição do 2º objeto observando a massa do 1º e a posição em que se encontra e quando fosse os 2 de mesma massa, os alunos deveriam ter colocado o 2º em uma posição equidistante ao eixo fixo em relação ao 1º objeto, e quando fosse

um objeto maior ou menor, utilizar da proporção, ou seja, por exemplo, se o 2º objeto for o dobro do 1º, coloca-lo na metade do caminho da gangorra.

Na categoria C2 há um ponto negativo a ser chamado atenção em todas as respostas, o uso da palavra “peso”. Segundo Moreira (2010) o conhecimento de senso comum é fundamental, é possível observar que os alunos utilizaram da palavra “peso” e, que embora eles estejam se referindo como “massa” e que ambas são coisas diferentes; o vocabulário tem se direcionado de forma correta a construção de um significado relacionado aos fenômenos que acontecem nesta proposta. Seguindo os princípios da TASC, aparentemente não houve o princípio da desaprendizagem quanto ao emprego correto da palavra “peso”, contudo percebemos a construção do princípio da semântica e o do aprendiz perceptor, em que os alunos estão criticamente analisando, dando significado para responder o jogo.

O uso recorrente do termo “peso” em vez de “massa”, como observado na categoria C2, revela a permanência de ideias de senso comum, mas também uma importante janela para a análise da aprendizagem em construção. À luz da TASC e de TAS de Ausubel (2003), é possível compreender que a aprendizagem significativa não pressupõe a eliminação imediata de concepções alternativas, mas sim sua transformação progressiva, por meio do confronto com novas informações ancoradas em contextos significativos. Essa permanência parcial de termos equivocados, embora esperada, mostra que os alunos podem estar atribuindo sentido aos fenômenos com base em suas experiências e que o processo de desaprendizagem é gradual e exige tempo e vivências contextualizadas.

Por fim, na categoria C3, apenas 1 grupo novamente economizou em suas palavras, demonstrando o que afirma Moreira (2018) que a Física para muitos são apenas fórmulas e cálculos; expandindo um pouco a ideia, os alunos enxergam a Física dessa forma e podem ter dificuldade na hora de aprofundar suas respostas pois estão aprendendo apenas de forma mecânica (Ausubel, 2003). A ausência de argumento foi compensada pelas outras equipes, no qual o grupo A03, A04, A16 e A22, embora tenha sido direto e utilizado termos da matemática para responder, justificou de forma precisamente correta.

Ambas as categorias C2 e C3 também estão justificadas pelo estudo de Villas Bôas *et al.* (2012), no qual a análise do que aconteceria (C2) pode ser alcançada a partir da análise de se há possibilidade de equilíbrio ou não; e o cálculo da massa (C3) também pode ser feita pela proporção descrita pelo autor, em que, os alunos em



ambas as situações possivelmente tentaram equilibrar os dois corpos e utilizar a tal relação para definir suas respostas.

Essa progressão pode ser interpretada à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC), conforme discutida por Moreira (2010), que destaca a importância da mediação crítica para que o aluno se torne um sujeito ativo, reflexivo e capaz de atribuir sentidos próprios aos conteúdos. A apropriação do vocabulário teórico por alguns grupos, bem como a construção de justificativas mais elaboradas, aponta para o fortalecimento do subsunçor crítico, que permite que os conceitos deixem de ser apenas reproduzidos e passem a ser ressignificados em contextos diversos, como os propostos nas atividades de simulação.

## 5.5 Física: Fato ou Farsa

Como delimitado na metodologia, o objetivo deste jogo foi avaliar as afirmações dos alunos durante sua montagem. Ao final da aula de Missão Equilíbrio, os alunos foram instigados a criarem afirmações verdadeiras e falsas sobre o tema de Estática do Corpo Rígido. Em grupos eles poderiam montar as afirmações, sendo 1 para cada integrante e, principalmente, as falsas eles deveriam enviar uma resposta corrigindo o que estava errado na sentença. Os alunos também poderiam escolher entre enviar as afirmações digitadas em um documento ou utilizando imagens, alguns optaram por utilizar o *canva*. No quadro abaixo, estão reunidas as afirmações mais interessantes para a presente pesquisa, dentre estas estão a maioria que foram para o jogo e algumas adicionais. O jogo foi nomeado como Física: Fato ou Farsa? Trocando as palavras verdadeiro por fato e falso por farsa. Segue abaixo no quadro 15 algumas afirmações construídas pelos alunos com base em suas pesquisas e análises.

Quadro 15: Afirmações enviadas pelos alunos para o jogo.

| GRUPOS              | AFIRMAÇÕES                                                                                                                                   | RESPOSTA DO GRUPO | RESPOSTA DOS ALUNOS JUSTIFICANDO OU CORRIGINDO SUAS AFIRMAÇÕES                                                                                                             |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A13, A14, A19 e A21 | <i>“Se um corpo rígido está em equilíbrio estático, a soma das forças externas aplicadas sobre ele é necessariamente diferente de zero.”</i> | Farsa             | <i>“Para o equilíbrio estático, a soma das forças externas deve ser zero.”</i>                                                                                             |
|                     | <i>“O centro de gravidade de um corpo rígido sempre coincide com seu centro geométrico.”</i>                                                 | Farsa             | <i>“O centro de gravidade depende da distribuição de massa, e em corpos com distribuição irregular de massa, ele pode estar deslocado em relação ao centro geométrico”</i> |

|                                 |                                                                                                                                                                           |              |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 | <i>"Um corpo pode estar em equilíbrio de translação, mas não em equilíbrio de rotação."</i>                                                                               | <i>Fato</i>  | <i>"Se a soma das forças for zero, mas houver um momento resultante não nulo, o corpo pode girar."</i>                                                                                                                                                     |
|                                 | <i>A estabilidade de um corpo em equilíbrio estático depende da posição do centro de gravidade em relação à sua base de apoio</i>                                         | <i>Fato</i>  | -----                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>A03, A04, A06, A22 e A16</b> | <i>"O equilíbrio estático de um corpo rígido não depende do ponto de aplicação das forças, desde que a soma das forças e momentos seja menor que 1."</i>                  | <i>Farsa</i> | <i>"Esse mito sugere que, desde que a soma das forças e momentos seja zero, o equilíbrio estático é garantido, independentemente de onde as forças são aplicadas. No entanto, o ponto de aplicação das forças é crítico para determinar o equilíbrio."</i> |
| <b>A01, A02, A15 e A20</b>      | <i>"Em uma balança, de um lado o A02 e A20 e do outro A01 e A15 o lado que pesa mais é do A01 e A15."</i>                                                                 | <i>Fato</i>  | <i>"Porque juntos A01 e A15 pesa mais."</i>                                                                                                                                                                                                                |
|                                 | <i>"O A02 e a professora em uma balança, em lados diferentes, o lado que desce ao chão é o da professora."</i>                                                            | <i>Farsa</i> | <i>"O lado que desce é do A02."</i>                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>A05, A07, A12 e A17</b>      | <i>"Se uma maçã for suspensa por um fio e seu centro de massa estiver deslocado para fora do eixo vertical do fio, ela permanecerá em equilíbrio estático sem girar."</i> | <i>Farsa</i> | <i>"Por não estar no seu centro de massa, a maçã será deslocada para o lado."</i>                                                                                                                                                                          |
|                                 | <i>"Se um balão tiver uma massa distribuída de forma homogênea, seu centro de massa estará localizado geometricamente no centro do balão."</i>                            | <i>Fato</i>  | <i>"Se a massa do balão estiver distribuída de maneira homogênea, seu centro de massa coincidirá com o centro geométrica."</i>                                                                                                                             |

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Observou-se um esforço coletivo dos alunos para construir e responder às afirmações, considerando que a turma apresenta como característica marcante a competitividade e o interesse por jogos, sejam eles recreativos ou educativos. O engajamento dos estudantes está registrado no Quadro 15, que apresenta suas respostas às afirmações, indicando se consideraram cada item como fato ou farsa, bem como as justificativas que fundamentaram suas escolhas.

Do grupo A13, A14, A19 e A21 é interessante destacar sua segunda afirmação amentos científicos, não somente na *"O centro de gravidade de um corpo rígido sempre coincide com seu centro geométrico."*, é notória a apropriação da linguagem e, embora o foco da Estática do Corpo Rígido seja o centro de massa, também é abordado o centro de gravidade e eles trouxeram lá da matemática o termo *"centro geométrico"*.

Todas as palavras escolhidas foram utilizadas corretamente e a equipe afirmou que isso é uma Farsa em sua resposta justificativa/correção fez uso do mesmo vocabulário da afirmação, explicando precisamente a proposição Física colocada, uma vez que o centro de massa depende da distribuição de massa no corpo e só pode coincidir com o centro de gravidade e centro geométrico caso o objeto seja homogêneo e uniforme (Barreto e Xavier, 2016). Isso demonstra sinais de uma aprendizagem crítica no processo diante da apropriação da linguagem e da semântica (Moreira, 2010) e resgatando palavras também da Matemática, logo expondo que trouxeram de outras disciplinas uma aprendizagem significativa para fazer uso na Física (Ausubel, 2003).

O grupo composto por A03, A04, A06, A22 e A16, em sua primeira proposição propuseram afirmações e resposta mais tímidas, já a segunda proposição não economizaram palavras na justificativa, demonstrando domínio do vocabulário e ressaltando o ponto mais importante, o ponto de aplicação da força para o equilíbrio. Foram assertivos tanto na afirmação quanto na justificativa, especialmente na questão classificada como farsa, na qual exploraram detalhadamente a correção da resposta. Os alunos explicaram de forma clara que o ponto de aplicação da força é essencial para determinar se um corpo se encontra em equilíbrio, uma vez que uma somatória de forças não nula pode gerar movimento de translação ou rotação (Geekie One, 2025).

Já o grupo A01, A02, A15 e A20 apresentou algumas falhas no contexto geral de suas afirmações, uma vez que omitiram informações, esperando que seus colegas observassem os participantes para deduzir a resposta. Apesar de terem sido econômicos em ambas as justificativas, ao levantarem os dados de massa dos sujeitos envolvidos, conseguiram determinar corretamente quais afirmações eram fato e quais eram farsa. Isso ocorreu porque consideraram a força peso aplicada na gangorra e avaliaram se existiria uma situação de equilíbrio entre as partes (Villas Bôas et al., 2012).

Já o grupo A05, A07, A12 e A17 trouxe em suas afirmações conteúdos além do esperado porém, como foi necessário escolher apenas 2 para o jogo não ficar extenso, vamos nos ater as afirmações do quadro, a primeira, que esteve no jogo, os alunos manipularam na afirmação todos os conceitos propostos na pesquisa: centro de massa, equilíbrio e torque; e embora sua justificativa careça de uma explicação melhor sobre o que seria esse deslocamento para o lado, que corresponde ao giro

propriamente dito, é perceptível o seu controle quanto ao uso dos conceitos descritos por Barreto e Xavier (2016) quando falam que para uma situação de equilíbrio é necessário somatória nula das forças resultantes e do momento resultante.

Três das quatro equipes demonstraram uma apropriação dos conceitos de forma adequada e potencialmente crítica, uma vez que fizeram uso da linguagem de modo correto conceituando segundo os autores Barreto e Xavier (2016) e Villas Bôas *et al.* (2012), e embora o quarto grupo tenha omitido informações, é notório que os conceitos estão presentes, eles apenas falharam em deixar ausente informações importantes e no não uso fluente das palavras. Acima de tudo, todos os grupos demonstraram apropriação e articulação dos conteúdos. Essas evidências reforçam os pressupostos da TASC (Moreira, 2010) e da SDI (Ugalde, e Roweder, 2020), mostrando que a linguagem, a construção de um jogo dicotômico e a mediação crítica são elementos fundamentais para que os alunos não apenas repitam informações, mas se tornem sujeitos ativos na construção de significados científicos.

O engajamento dos alunos diante da atividade “Fato ou Farsa” evidencia a potência dos jogos como estratégia pedagógica capaz de mobilizar conhecimentos prévios e promover a apropriação de novos conceitos de maneira significativa (Zabala, 1998). A natureza competitiva da turma e o interesse por jogos contribuíram para o esforço coletivo na elaboração e justificativa das afirmações, permitindo observar como o uso da linguagem e dos conceitos científicos foi sendo aprimorado. De acordo com Ausubel (2003), o vínculo entre os novos conhecimentos e os subsunçores já presentes na estrutura cognitiva é essencial para a aprendizagem significativa. Essa conexão é perceptível quando os alunos integram vocabulários da Matemática, como “centro geométrico”, para interpretar conceitos da Física, o que evidencia a ancoragem e a mobilização interdisciplinar na construção do conhecimento.

Figura 5.11: Interagindo com o jogo criado a partir de suas afirmações.



Fonte: Arquivo próprio, 2025.

Após a recolha das afirmações, elas foram colocadas na plataforma *Quizizz*, a figura 5.11 apresenta os alunos jogando com suas afirmações. Eles ficaram muito entusiasmados e o jogo gerou algumas discussões na sala, bem como demonstrações de aprendizagem significativa (Ausubel, 2003), uma vez que, durante a exposição das questões utilizando de um *data show*, os alunos da turma questionaram porquê era fato ou farsa e os alunos que criaram a afirmação que aparecia na projeção respondiam com fluência diante dos demais.

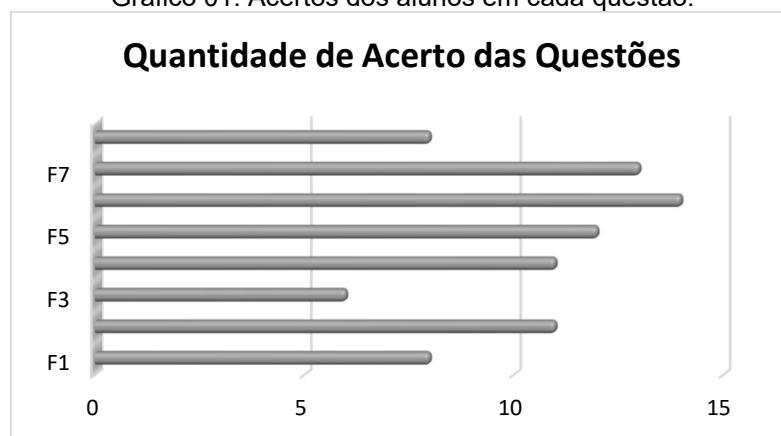
Durante as questões dos colegas que faltava informação, foi o momento de maior crítica e indignação dos demais da turma, momento este crucial em que houveram demonstração pública de aprendizagem significativa crítica (Moreira, 2010) no qual parte dos questionamentos foi: “cadê a massa delas?” e “como eu vamos saber sem saber o peso delas?”; os alunos que criaram as afirmações responderam as massas e perceberam a sua falha. As afirmações presentes no jogo estão descritas no quadro 16 com suas respectivas numerações para auxiliar na leitura do gráfico 01.

Quadro 16: Afirmações do jogo Física: Fato ou Farsa.

| QUESTÃO | AFIRMAÇÃO                                                                                                                                                        |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| F1      | Se uma maçã for suspensa por um fio e seu centro de massa estiver deslocado para fora do eixo vertical do fio, ela permanecerá em equilíbrio estático sem girar. |
| F2      | Em uma balança, de um lado o A02 e A20 e do outro A01 e A15 o lado que pesa mais é do A01 e A15.                                                                 |
| F3      | Se um corpo rígido está em equilíbrio estático, a soma das forças externas aplicadas sobre ele é necessariamente diferente de zero.                              |
| F4      | O centro de gravidade de um corpo rígido sempre coincide com seu centro geométrico.                                                                              |
| F5      | Se uma mola for comprimida uniformemente em ambos os lados e o centro de massa do sistema permanecer no mesmo lugar, o sistema continuará em equilíbrio.         |
| F6      | A estabilidade de um corpo em equilíbrio estático depende da posição do centro de gravidade em relação à sua base de apoio.                                      |
| F7      | O equilíbrio estático de um corpo rígido não depende do ponto de aplicação das forças, desde que a soma das forças e momentos seja menor que 1.                  |
| F8      | O A02 e a professora em uma balança, em lados diferentes, o lado que desce ao chão é o da professora.                                                            |

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Gráfico 01: Acertos dos alunos em cada questão.



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Para fins de acréscimo aos dados subjetivos, vamos visualizar dois gráficos quanto aos desempenhos dos alunos no jogo. O gráfico 01 é referente a quantidade de alunos que acertaram as questões, sendo de F1 até F8 as questões que estão dispostas no quadro 15. É notório pelo gráfico que algumas questões tiveram destaque em acertos, sendo a F6, F7 e F8 o top 3 de maiores acertos dos alunos.

As questões F6 e F7 se destacam de forma significativa, ultrapassando a marca de 12 acertos, o que indica que o conteúdo envolvido nessas afirmações foi melhor assimilado ou mais facilmente reconhecido pelos estudantes durante a atividade. Isso pode estar relacionado à clareza conceitual trabalhada nas aulas anteriores ou ao fato dessas proposições estarem mais próximas das vivências cotidianas dos alunos, facilitando a ancoragem dos conceitos, conforme proposto por Ausubel (2003). Já a questão F3 aparece com o menor número de acertos, o que pode indicar uma maior complexidade semântica ou menor familiaridade dos alunos com o conteúdo específico envolvido nela, o que também aponta, conforme Moreira (2010), para os limites da aprendizagem significativa crítica quando a mediação não é suficiente para provocar uma reorganização conceitual profunda.

Gráfico 02: Acertos dos alunos.



Fonte: Elaboração própria, 2025.

O Gráfico 02 apresenta a quantidade de acertos por aluno nas afirmações do jogo, servindo como complemento importante à análise qualitativa realizada anteriormente. A variação de acertos entre os estudantes é perceptível, com destaque para os alunos A12, A03, A10 e A22, que obtiveram as maiores pontuações, todas iguais ou superiores a 7 acertos, levando em conta que foram 8 afirmações. Essa performance sugere um maior nível de apropriação dos conceitos trabalhados, o que pode refletir tanto o engajamento individual com a atividade quanto o êxito da SDI em promover a aprendizagem significativa.

Em contrapartida, alguns alunos apresentaram menor desempenho, como os casos de A09 e A06, com menos de 4 acertos. Esse dado levanta a necessidade de refletir sobre os fatores que podem ter influenciado esse rendimento, como dificuldades específicas na compreensão dos conceitos, menor participação nas aulas práticas ou até mesmo insegurança diante da linguagem científica, conforme já apontado por Moreira (2010), que destaca a importância da mediação crítica para que o aluno atribua sentido ao que aprende.

Portanto, o gráfico serve como evidência quantitativa complementar aos dados qualitativos, mostrando que o desempenho dos alunos não foi homogêneo e refletindo o quanto os diferentes níveis de apropriação da linguagem científica interferem na capacidade de análise crítica diante das proposições apresentadas. Essa observação reforça a importância de práticas pedagógicas que valorizem a diversificação de estratégias e recursos, como os jogos, para alcançar uma aprendizagem mais consolidada e significativa.

Esse panorama geral reforça que, embora o uso de metodologias ativas como os jogos contribua para tornar a aprendizagem mais atraente e significativa, a aprendizagem significativa crítica exige que o professor atue intencionalmente na mediação dos conteúdos, respeitando o tempo e o percurso de cada estudante. A discrepância entre os resultados também ilustra o princípio da individualidade cognitiva defendido por Ausubel (2003), em que cada aluno atribui significados a partir de suas próprias estruturas mentais e experiências prévias e mostra também o que o princípio da desaprendizagem de Moreira (2010) só ocorre quando o aluno de desvencilha do conhecimento prévio, criando novos significados e reestruturando o conhecimento.

## 5.6 Balanço Final

Por fim, a última etapa da SDI, o pós-teste. Ele foi construído a partir do pré-teste também com perguntas subjetivas, modificando linguagem e organização das questões para verificar o aprendizado dos alunos a partir de suas respostas livres aos questionários.

Figura 5.12: Aplicação do pós-teste – Balanço Final.



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Esta etapa também foi realizada individualmente e ocorreu na última aula, logo após a discussão sobre o jogo e os alunos responderam utilizando seu material como ilustrado na figura 5.12. Para melhor discussão das respostas, elas estão descritas em quadros comparativos abaixo, constando quadro 17 a 1ª questão do pós-teste que esta dava seguimento a busca da consolidação do subsunçor da questão 2 do pré-teste.



Quadro 17: Exposição das respostas quanto ao conceito de centro de massa.

| ALUNO    | PRÉ-TESTE                                                                                                               | PÓS-TESTE                                                      |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|          | PERGUNTAS                                                                                                               |                                                                |
|          | Q2. Você já ouviu falar no termo "centro de massa"? Se sim, como você o descreveria com suas próprias palavras?         | Q1. O que você entende por Centro de Massa?                    |
| RESPOSTA |                                                                                                                         |                                                                |
| A10      | "Não"                                                                                                                   | "centro onde se concentra a massa do corpo"                    |
| A01      | "Não sei"                                                                                                               | "o acúmulo de massa em um ponto"                               |
| A14      | "Não"                                                                                                                   | "é um ponto centrado onde a massa fica em equilíbrio"          |
| A02      | "uma posição a um objeto ou sistema de um objeto"                                                                       | "peso e volume"                                                |
| A22      | "É o centro de um corpo/objeto, e normalmente sendo o local que auxilia para o equilíbrio."                             | "Onde a massa de um corpo/objeto está concentrada."            |
| A12      | "Centro de massa é o ponto central de um corpo, logo, é o local de um corpo que apresenta maior concentração de massa." | "É o núcleo do corpo onde se tem maior concentração de massa." |

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Para a construção do quadro 17, foram escolhidas as respostas de 3 alunos que demonstraram um avanço considerável de suas respostas, sendo A10, A01 e A14; e os mesmos 3 alunos utilizados anteriormente no quadro 07. Os alunos A10, A01 e A14 declararam no pré-teste que não conheciam o termo ou não sabiam descrevê-lo, no entanto, no pós-teste, os 3 apresentaram definições próximas à ideia científica de centro de massa, como "centro onde se concentra a massa do corpo" (A10) e "o acúmulo de massa em um ponto" (A01). Os alunos A01 e A14 passaram a utilizar expressões como "massa em equilíbrio" e "ponto onde se acumula a massa", o que demonstra que houve apropriação da linguagem da Física próxima a definição de Barreto e Xavier (2016) quando definem que "O centro de massa deve ser entendido como o ponto em que podemos considerar aplicada toda a massa do corpo em estudo." (Barreto e Xavier, 2016, p. 245). Também foi possível observar, por este uso adequado da linguagem, que os alunos demonstram sinais de uma aprendizagem significativa crítica, um dos elementos apontados por Moreira (2010) em um de seus princípios.

O aluno A02 apresentou no pré-teste uma tentativa de definição mais técnica, o que pode indicar um esforço de formalização do conceito. No entanto, sua resposta no pós-teste revela confusão conceitual ao misturar grandezas distintas da Física. Esse caso exemplifica que a aprendizagem significativa não é automática e requer o

rompimento com conceitos anteriores imprecisos, fenômeno conhecido como desaprendizagem ou reconceitualização, descrito por Moreira (2010). A ausência de uma mediação suficientemente eficaz para esse estudante pode ter contribuído para que a ancoragem fosse mal direcionada.

A seguir, no quadro 18 constam as respostas da 2ª questão do pós-teste e a resposta do pré-teste pro mesmo subsunçor para serem comparadas.

Quadro 18: Exposição das respostas quanto ao conceito de equilíbrio.

| ALUNO    | PRÉ-TESTE                                                                                                                                                | PÓS-TESTE                                                                                                    |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | PERGUNTAS                                                                                                                                                |                                                                                                              |
|          | Q1. O que você entende por "equilíbrio" no contexto da vida cotidiana? Dê um exemplo.                                                                    | Q2. Defina com suas palavras: o que é equilíbrio?                                                            |
| RESPOSTA |                                                                                                                                                          |                                                                                                              |
| A09      | "ter uma harmonia com seus horários e afazeres do seu dia a dia"                                                                                         | "quando ambos os lados tem a mesma massa fazendo com que a força haja de forma nula no corpo"                |
| A10      | "saber diferenciar as coisas necessarias do dia a dia, para nao causar desequilíbrio"                                                                    | "é onde se encontra o ponto certo para fazer o corpo ficar estável"                                          |
| A22      | "Uma divisão do tempo entre lazer e responsabilidade, de forma que não me desgaste."                                                                     | "Uma posição estável de um corpo, onde o movimento é constante ou nulo, porque as forças se anulam/igualam." |
| A12      | "Algo que faça bem ao nosso corpo e mente e nos tire da zona de conforto, mas sem ser algo que nos traga malefícios."                                    | "É o balanceamento da distribuição de peso de um corpo."                                                     |
| A02      | "Que é algo essencial para andar, para nadar e etc "                                                                                                     | "um ponto de equilíbrio e concentração"                                                                      |
| A20      | "é quando nos controlamos nosso corpo em determinadas posições, quando por exemplo, estamos em cima de algum objeto estreito, tentando nos manter em pé" | "não sei explicar"                                                                                           |

Fonte: Elaboração própria, 2025.

No quadro 18 foi evidente que principalmente os alunos que anteriormente falaram de equilíbrio socioemocional progrediram para um conhecimento Físico fenomenológico da palavra, já evidenciando uma nova ancoragem de conceitos (Ausubel, 2003). Enquanto no pré-teste os alunos A09, A10 e A22 falaram sobre organização pessoal, o A12 bem estar, o A20 controle pessoal e o A02 de locomoção, A09 e A10 mencionam forças, posição e ponto certo, indicando aproximação da concepção física de equilíbrio, o A10 indo a caminho da definição dos tipos de equilíbrio (Geekie one, 2025), A09 e A22 se apropriaram próximos a definição de Villas Bôas *et al.* (2012) no qual ele fala sobre a somatória das forças ser nula e o A12 se aproxima em Villas Bôas *et al.* (2012) na definição quanto a aplicação das forças em uma gangorra e de que forma elas alcançar um equilíbrio pela proporcionalidade.

A22 e A12 ainda foram além, descrevendo o equilíbrio como uma condição estável, em que as forças se anulam ou se distribuem (Villas Bôas *et al.*, 2012), o que representa uso correto da linguagem científica e da semântica, dois dos princípios para a aprendizagem crítica, segundo Moreira (2010).

A02 utiliza “ponto de equilíbrio e concentração”, o que, apesar de genérico, demonstra apropriação parcial do conceito e um possível vínculo com o aprendizado prático vivenciado na SDI (Ugalde e Roweder, 2020). O único aluno que declarou não saber explicar no pós-teste foi o A20, embora no pré-teste tenha feito uma analogia corporal válida. Isso sugere dificuldade de ancoragem entre o conhecimento cotidiano e o novo conhecimento científico, algo esperado na transição para uma aprendizagem mais significativa.

Este quadro evidencia que a proposta pedagógica favoreceu uma progressão clara de um conhecimento intuitivo para uma conceituação científica mais estruturada. A valorização do conhecimento prévio, o uso de jogos e situações-problema, e o estímulo à linguagem verbal são elementos que, articulados com a SDI, podem promover uma apropriação crítica e significativa dos conceitos físicos, especialmente do equilíbrio estático, conforme os marcos teóricos de Moreira e Ausubel.

No quadro a seguir, 19, constam as respostas referente ao brinquedo João Teimoso do pós-teste e da sua questão comparativa do pré-teste.

Quadro 19: Exposição das respostas quanto a porquê o João Teimoso sempre permanece na vertical.

| ALUNO      | PRÉ-TESTE                                                                                                                                           | PÓS-TESTE                                                                                                                |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | PERGUNTAS                                                                                                                                           |                                                                                                                          |
|            | RESPOSTA                                                                                                                                            |                                                                                                                          |
|            | <b>Q4. Pense em um brinquedo que balance, como uma gangorra ou um boneco que sempre volta à posição inicial. Por que ele não cai completamente?</b> | <b>Q3. Tendo em vista os assuntos estudados, na sua opinião, por que o boneco "João Teimoso" não deita?</b>              |
| <b>A05</b> | “por causa da inercia”                                                                                                                              | “pois o centro de massa dele se encontra na barriginha em baixo”                                                         |
| <b>A12</b> | “Porque ele apresenta um ponto de maior massa em um lado, logo o outro se torna “dependente” dele no quesito movimento.”                            | “Porque o seu centro de massa se encontra na base.”                                                                      |
| <b>A14</b> | “Pois ele tem alguma coisa que ajuda ele voltar a sua posição”                                                                                      | a base do boneco é mais pesado que sua estrutura em si, isso faz com que o centro de gravidade do boneco seja mais baixo |
| <b>A09</b> | “o boneco não cai pq á um peso em baixo que não deixa ele cair por completo”                                                                        | “por que o peso dele está em baixo dele, sendo ali seu ponto gravitacional”                                              |

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Já no quadro 19 foi exposto a questão do pós-teste referente ao boneco João Teimoso e a questão do pré-teste que fazia menção a ele, levando em conta o pré-

teste exposto no quadro 12, observa-se que todos os alunos apresentaram algum tipo de compreensão empírica ou intuitiva sobre o fenômeno. A05 havia demonstrado familiaridade com o termo Físico mesmo aplicando de forma inadequada, já no pós-teste sua resposta demonstrou maior clareza conceitual; A12 demonstrava um raciocínio estruturado, apenas demonstrou dificuldade de organizar as palavras e evoluiu no pós-teste, e embora tenha optado por um discurso mais sucinto, foi assertivo em sua afirmação.

Os alunos A14 e A09 fazem inferências a partir da observação direta, como “algo que ajuda ele voltar” ou “um peso embaixo”; A14 demonstra ter incorporado a ideia de peso e distribuição estrutural, mesmo sem usar diretamente os termos “centro de massa” ou “torque”, o que evidencia progressão na compreensão do fenômeno físico; e A09 consegue explicar o comportamento do boneco como consequência direta da posição do centro de massa, ambos alinhados as definições de centro de massa e gravidade de Barreto e Xavier (2016).

Após a aplicação da Sequência Didática Interativa, os alunos demonstraram apropriação de conceitos físicos, como “centro de massa”, “estrutura”, “base”, “ponto gravitacional”. A transição entre o pré e o pós-teste mostra que a SDI foi eficaz em promover uma reconstrução conceitual significativa, no qual os alunos deixaram de explicar o fenômeno com base apenas na observação ou em termos genéricos, passaram a empregar vocabulário técnico, e a construir relações mais estruturadas e coerentes com os conceitos físicos de equilíbrio, centro de massa e torque (Moreira, 2010).

No quadro 20 estão expostas as respostas de pré e pós testes referentes ao subsunçor de torque aplicada a situação cotidiana de movimentar uma porta.

Quadro 20: Exposição das respostas quanto ao conceito de torque.

|              | <b>PRÉ-TESTE</b>                                                                                  |  | <b>PÓS-TESTE</b>                                                                                        |  |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|              | <b>PERGUNTAS</b>                                                                                  |  |                                                                                                         |  |
|              | <b>RESPOSTA</b>                                                                                   |  |                                                                                                         |  |
| <b>ALUNO</b> |                                                                                                   |  |                                                                                                         |  |
|              | <b>Q5. O que acontece se você tentar empurrar a porta perto da dobradiça?</b>                     |  | <b>Q4. Qual a diferença entre empurrar a porta perto da maçaneta ou longe? Justifique sua resposta.</b> |  |
| <b>A01</b>   | “ela vai fechar”                                                                                  |  | “perto vai fechar com mais facilidade e o de longe com mais dificuldade”                                |  |
| <b>A04</b>   | “A porta fica mais difícil de abrir, pois quanto mais perto do ponto de equilíbrio mais difícil.” |  | “Empurra perto da maçaneta se torna mais fácil, e longe se torna mais difícil. por causa do torque”     |  |
| <b>A10</b>   | “vai ser difícil para fechar”                                                                     |  | “porque a parte mais próxima do ponto de encontro exige mais força”                                     |  |

**A03***“a porta é empurrada de forma mais difícil”**“o torque perto da dobradiça é menor enquanto mais longe da dobradiça o torque maior”*

Fonte: Elaboração própria, 2025.

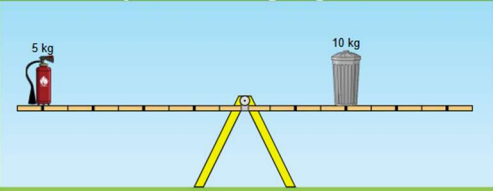
No quadro 20 foi exposto o fenômeno referente ao torque, contextualizado para eles com a ação cotidiana de fechar uma porta. No pré-teste, as respostas dos alunos são predominantemente empíricas e descritivas, com base em experiências cotidianas. A01, por exemplo, afirma que a porta “vai fechar”, sem explicar o porquê, revelando uma visão superficial do fenômeno. A10 e A03, por sua vez, indicam uma percepção correta de que a porta se torna mais difícil de movimentar quando empurrada próxima à dobradiça, mas não explicam essa dificuldade com base em conceitos físicos, limitando-se a dizer que é “difícil para fechar” ou que é “mais difícil” empurrar.

A04, ainda que com uma terminologia imprecisa, “ponto de equilíbrio”, já esboça um raciocínio mais próximo do científico, indicando que a dificuldade aumenta quanto mais próximo da dobradiça se aplica a força. Após a SDI, no pós-teste, nota-se uma incorporação clara da linguagem e dos conceitos da Física, especialmente o conceito de torque. A maioria dos alunos passou a empregar termos mais precisos e a justificar suas respostas com base em princípios físicos.

A03 também elabora uma resposta conceitualmente consistente ao afirmar que o torque perto da dobradiça é menor, e quanto mais longe da dobradiça, o torque é maior, explicitando uma relação direta entre força, distância e rotação. A10 apresenta um argumento coerente evidenciando compreensão da necessidade de maior força quando a distância ao eixo de rotação é menor (Godoy *et al.* 2020).

A última questão do pós-teste está no quadro 21, no qual não consta uma comparativa pois não foi questionada no pré-teste de modo tão objetivo e técnico assim, a pergunta havia sido junto a do brinquedo do João Teimoso.

Quadro 21: Exposição das respostas quanto ao conceito de equilíbrio.

| Por que os corpos da imagem conseguiram alcançar uma situação de equilíbrio na gangorra? |                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| ALUNO                                                                                    |  |
|                                                                                          | RESPOSTA                                                                             |

|            |                                                                                                                                                                                                         |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A03</b> | <i>"Porque o corpo mais proximo do ponto de referencia ganha mais massa"</i>                                                                                                                            |
| <b>A09</b> | <i>"o de maior massa se aproxima mais do meio e o de menor se distancia um pouco para que posso haver equilibrio, já que 5 é a metade de 10"</i>                                                        |
| <b>A12</b> | <i>"Porque o corpo mais longe do centro tem menor massa, fazendo com que ele "pese" mais na balança, e o corpo mais pesado de encontra mais próximo do centro da gangorra, tornando-o mais "leve"."</i> |
| <b>A17</b> | <i>"por o balde de lixo ter o dobro de massa do extintor ele precisa obrigatoriamente ficar na metade da distancia do extintor ao ponto de equilibrio"</i>                                              |
| <b>A04</b> | <i>"porque o corpo de 10kg esta na metade da distancia do corpo 5kg que tem metade do peso dele"</i>                                                                                                    |

Fonte: Elaboração própria, 2025.

A análise das respostas apresentadas no quadro 21 revela um nível satisfatório de compreensão por parte dos alunos a respeito do conceito de equilíbrio de torques, aplicado ao contexto da gangorra. Boa parte dos alunos conseguiu descrever, com suas próprias palavras, o princípio segundo o qual um corpo mais leve pode equilibrar um corpo mais pesado se estiver posicionado a uma distância maior do ponto de apoio descrito por Villas Bôas *et al.* (2012).

O aluno A12 explicita essa ideia ao mencionar que o corpo mais longe "tem menor massa" e por isso "pese mais", enquanto o corpo mais pesado, ao se aproximar do centro, se torna "mais leve", o que demonstra um entendimento funcional do torque. Já o aluno A04 apresenta uma resposta concisa e precisa ao afirmar que o corpo de 10 kg está a metade da distância do corpo de 5 kg, que tem metade do peso, ou seja, evidencia claramente a proporcionalidade inversa entre massa e distância em uma situação de equilíbrio rotacional Villas Bôas *et al.* (2012).

Alguns alunos utilizaram metáforas ou expressões que indicam uma compreensão intuitiva do fenômeno. A17, por exemplo, menciona que o balde precisa estar "na metade da distância do extintor" para manter o equilíbrio, o que, embora informal, demonstra domínio do conceito físico subjacente.

Por outro lado, há respostas que, apesar de indicarem uma tentativa de explicação coerente, apresentam certos equívocos ou confusões conceituais. A03, por exemplo, afirma que o corpo "mais próximo do ponto de referência ganha mais massa", o que pode ser uma tentativa de justificar o efeito do braço de alavanca, ainda que com termos imprecisos. A09, embora chegue a um raciocínio próximo do correto, utiliza uma linguagem pouco clara ao falar de "distanciar um pouco" e "5 é a metade

de 10", o que pode sinalizar dificuldades em expressar o raciocínio proporcional envolvido na resolução do problema.

De modo geral, a análise aponta que a maioria dos alunos compreendeu os elementos essenciais para explicar uma situação de equilíbrio em uma gangorra: a influência conjunta da massa dos corpos e da distância ao ponto de apoio Villas Bôas *et al.* (2012). Isso evidencia um avanço na apropriação dos conceitos de torque e equilíbrio, importantes no estudo da Estática do Corpo Rígido.

Isso demonstra que, mesmo com possíveis limitações na linguagem formal, os estudantes construíram significado a partir da experiência didática, aproximando-se do conceito científico. Esses dados reforçam o papel da mediação docente e da contextualização dos conceitos na construção da aprendizagem, em especial quando partimos das ideias prévias dos alunos para promover ancoragem de novos significados, princípio central da Teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel 2003). Segundo Moreira (2011), a aprendizagem torna-se mais potente quando o ensino parte do que o aluno já sabe, permitindo que o novo conteúdo se conecte a essas concepções pré-existentes, mesmo que, inicialmente, imprecisas ou fragmentadas.

A presença de termos como "força", "balanço", "posição estável" e "distribuição de peso" no pós-teste demonstra que os alunos conseguiram estabelecer relações não arbitrárias entre os novos conteúdos e seus conhecimentos prévios. Isso caracteriza a aprendizagem significativa conforme definida por Ausubel (2003), onde novas informações passam a ter sentido para o aluno, por estarem relacionadas à sua estrutura cognitiva. Esse fenômeno se confirma não apenas nos conceitos ligados ao centro de massa e ao equilíbrio estático, mas também na compreensão de torque, representada nas respostas sobre a porta e a gangorra. A linguagem utilizada pelos estudantes, mesmo que não totalmente formalizada, revela que os conceitos de Física começaram a ser internalizados a partir de experiências que mobilizaram situações do cotidiano e atividades práticas, como o experimento com o boneco João Teimoso ou a análise da porta sendo empurrada em diferentes pontos.

A comparação entre as respostas dos alunos no pré e no pós-teste permite afirmar que houve um processo de reconstrução conceitual, no qual o conhecimento prévio foi resignificado à luz das novas experiências e informações mediadas pela SDI (Ugalde e Roweder, 2020). A aprendizagem dos alunos tornou-se mais significativa, ancorada em conceitos científicos e articulada com situações do cotidiano. Tal progresso demonstra a eficácia da metodologia adotada, especialmente

no que diz respeito à promoção da aprendizagem ativa e da compreensão conceitual em Física. Como destaca Zabala (1998), atividades que partem do conflito cognitivo e envolvem a resolução de problemas reais tendem a mobilizar o pensamento crítico, promovendo a construção de conhecimentos mais sólidos e funcionais.

Além disso, o uso de estratégias didáticas investigativas, como a SDI, permitiu aos estudantes não apenas observar fenômenos físicos, mas também questioná-los, explicá-los e representá-los por meio de suas próprias palavras. Essa prática, coerente com os princípios de Moreira (2010), valoriza a linguagem como ferramenta ativa na construção de uma aprendizagem crítica, e o papel do outro, no caso, o professor e os colegas, como facilitador do desenvolvimento conceitual. Assim, as interações em sala de aula e a proposição de desafios contextualizados ampliaram a possibilidade de uma aprendizagem significativa e crítica.

Por fim, é possível afirmar que a aprendizagem evidenciada nas respostas dos alunos não se limita à memorização de definições, mas envolve um processo de compreensão mais profunda. Essa compreensão foi construída a partir da mobilização de representações mentais, da ressignificação de ideias espontâneas e da integração de experiências práticas e discursivas. Tal processo está em consonância com os pressupostos de Ausubel (2003) e Moreira (2010; 2018 e 2020), que destacam a importância da construção ativa do conhecimento por parte do aluno. Dessa forma, os dados analisados indicam que a proposta didática adotada favoreceu não apenas a apropriação dos conceitos de Estática, mas também o desenvolvimento de competências científicas e cognitivas fundamentais para o aprendizado significativo.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo investigar como a aplicação de uma Sequência Didática Interativa (SDI), fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, poderia contribuir para a construção de conceitos fundamentais da Estática do Corpo Rígido por estudantes do Ensino Médio. A proposta partiu da constatação de que muitos desses conceitos são abordados de forma excessivamente formal e abstrata nas aulas tradicionais de Física, o que dificulta a aprendizagem dos alunos e o reconhecimento de sua aplicabilidade no cotidiano.

Ao longo da SDI, buscou-se promover situações de aprendizagem em que os alunos pudessem partir de seus conhecimentos prévios e experimentar contextos reais e práticos, nos quais os conceitos físicos emergissem de forma mais concreta e significativa. As atividades foram cuidadosamente planejadas para gerar desequilíbrios cognitivos, suscitar questionamentos e possibilitar intervenções pedagógicas que ajudassem na ancoragem de novos significados. Nesse sentido, a metodologia adotada não se limitou à exposição teórica dos conteúdos, mas buscou envolver os estudantes ativamente na construção do saber científico.

A relevância desta abordagem reside no seu alinhamento com os pressupostos construtivistas da educação, especialmente com a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira (2010), segundo a qual a aprendizagem ocorre quando novos conteúdos se conectam de maneira substantiva e não arbitrária à estrutura cognitiva do aprendiz incorporando fundamentos socioculturais, epistemológicos críticos possibilitando que o aluno seja capaz de articular com o conteúdo de forma autônoma. A proposta da SDI favoreceu esse tipo de conexão ao permitir que os estudantes fizessem relações entre suas experiências cotidianas, as atividades práticas desenvolvidas e os conceitos científicos formalmente apresentados ao longo das aulas.

A escolha por uma abordagem investigativa se justifica pela sua potencialidade de promover o protagonismo estudantil e a autonomia intelectual dos alunos. Durante a execução da Sequência Didática Interativa, foi possível observar um envolvimento mais ativo dos estudantes com os problemas propostos, bem como um esforço progressivo em utilizar uma linguagem mais próxima dos conceitos científicos, sem perder o vínculo com suas compreensões anteriores. Essa transição demonstra a

eficácia do modelo investigativo na mediação entre o saber cotidiano e o saber escolar.

Além disso, a experiência da pesquisa revelou a importância de criar ambientes que favoreçam a escuta das vozes dos estudantes. Ao permitir que os alunos se expressem, ainda que de maneira incompleta ou imprecisa, foi possível acessar suas ideias e construir com elas o caminho do conhecimento. Essa escuta ativa, aliada a práticas contextualizadas e problematizadoras, reafirma a relevância de abordagens que respeitem os tempos e os modos de aprender de cada estudante, conforme apontam autores como Bogdan e Biklen (1994) e Demo (1996).

Portanto, os dados coletados ao longo da intervenção reforçam a importância de se repensar as metodologias tradicionais de ensino de Física, especialmente em temas historicamente considerados complexos, como a Estática. A combinação entre problematização, experimentação e mediação docente mostrou-se capaz de criar um ambiente propício à aprendizagem significativa, valorizando o papel ativo do aluno no processo e respeitando suas formas próprias de pensar o mundo físico.

As evidências de aprendizagem dos estudantes foram constatadas por meio da comparação entre as respostas do pré e do pós-teste, bem como pela observação das interações durante a SDI. Houve uma evolução evidente na forma como os alunos expressaram seus entendimentos sobre centro de massa, equilíbrio e torque. No início, predominavam respostas vagas, descontextualizadas ou com uso impreciso de termos científicos. No entanto, ao final da sequência, muitos estudantes já se apropriavam de expressões como “distribuição de peso”, “posição estável”, “centro de massa” e “torque”, evidenciando um processo de reconstrução conceitual. Isso demonstra que a intervenção promoveu uma aprendizagem significativa, permitindo que os alunos integrassem os novos conhecimentos à sua estrutura cognitiva.

Essa transformação conceitual ficou ainda mais evidente nas explicações fornecidas para situações-problema, como o caso da gangorra ou da porta sendo empurrada. Inicialmente, as respostas estavam centradas no senso comum e em experiências isoladas. Após a SDI, os estudantes passaram a considerar elementos da Física com mais precisão, oferecendo justificativas coerentes com os conceitos trabalhados. A linguagem ainda não era totalmente formalizada, o que é natural nesse estágio, mas revelava um avanço importante no raciocínio Físico, na capacidade de argumentação e na construção de relações entre fenômenos do cotidiano e os conceitos científicos.

Além disso, percebeu-se que alguns alunos demonstraram dificuldades em articular ideias verbalmente ou por escrito, especialmente quando solicitados a justificar suas respostas com mais profundidade. Isso aponta para a necessidade de continuar investindo em práticas que estimulem o desenvolvimento da linguagem científica, mas também evidencia que a proposta da SDI já representa um avanço importante ao criar oportunidades reais de expressão, experimentação e construção de sentido no processo de aprendizagem.

Do ponto de vista didático, a SDI demonstrou ser uma ferramenta flexível e adaptável à realidade escolar. A integração entre atividades práticas, jogos e momentos de sistematização teórica permitiu que os alunos transitassem entre o senso comum e o conhecimento científico, conforme propõem autores como Moreira (2010) e Ausubel (2003). Os resultados indicam que é possível ensinar conteúdos tradicionalmente considerados abstratos, como torque ou centro de massa, a partir de vivências corporais que facilitam a percepção e a construção do significado físico desses conceitos.

Outro aspecto relevante é que o produto educacional também se configura como uma proposta formativa para professores. A estrutura da SDI evidencia a importância de partir das ideias dos alunos, organizar intervenções significativas e estimular o pensamento crítico, o que dialoga com uma perspectiva construtivista do ensino. Ao disponibilizar essa sequência com fundamentação teórica e sugestões práticas, espera-se contribuir com outros educadores que buscam inovar suas abordagens e tornar o Ensino de Física mais significativo.

Como toda pesquisa aplicada em ambiente escolar, este estudo também enfrentou limitações que precisam ser reconhecidas. A principal delas foi o tempo disponível para a implementação da Sequência Didática Interativa, que se restringiu a um número reduzido de aulas, o que pode ter limitado o aprofundamento de alguns conteúdos ou a retomada sistemática de conceitos trabalhados. Além disso, a aplicação ocorreu em uma única turma de segundo ano do ensino médio, o que impossibilita generalizações mais amplas sobre a eficácia da proposta em contextos diversos, com outras realidades pedagógicas ou faixas etárias distintas.

Outro desafio foi a inassiduidade de alguns alunos da turma, o que tornou a amostra reduzida e o nível heterogêneo das turmas, que exigiu um cuidado constante na mediação pedagógica para garantir que todos os estudantes pudessem acompanhar e se engajar nas atividades. O ritmo da sequência precisou ser ajustado

para contemplar diferentes níveis de familiaridade com os conteúdos da Física e habilidades de leitura e escrita.

Outra limitação relevante refere-se à influência de fatores externos ao campo da pesquisa, como a carga horária da disciplina, o calendário escolar apertado e a necessidade de conciliação com os conteúdos exigidos pelo currículo formal. Também se destaca que, embora tenham sido utilizados diferentes instrumentos de coleta de dados, questionários, registros das aulas, análises dos jogos, os aspectos subjetivos da aprendizagem, como mudanças atitudinais, apropriação crítica ou deslocamentos conceituais mais sutis, podem não ter sido plenamente capturados. Essas limitações, contudo, não invalidam os resultados, mas apontam para a necessidade de estudos complementares e de replicações futuras em outros contextos educacionais.

Considerando as possibilidades futuras, o produto educacional pode ser replicado e aprimorado em outras turmas, com diferentes perfis e faixas etárias, contribuindo para pesquisas que investiguem o papel das práticas corporais e lúdicas no ensino de conceitos científicos. Sua estrutura também pode ser adaptada para abordar outros conteúdos da Física, mantendo a ênfase na aprendizagem significativa e crítica. Desse modo, ele se projeta como uma proposta de valor para o campo do Ensino de Física, especialmente no que se refere à formação de estudantes mais reflexivos e engajados.

Por fim, destaca-se que esta pesquisa e seu produto educacional reafirmam que é possível ensinar Física de forma envolvente, crítica e significativa. Quando os alunos são colocados no centro do processo, com espaço para pensar, experimentar e dialogar, os conteúdos deixam de ser apenas fórmulas e se tornam ferramentas para compreender e intervir no mundo. Essa perspectiva, ancorada na teoria e vivida na prática, representa uma contribuição valiosa para o avanço do ensino de Física no contexto da escola.

Nesse sentido, esta investigação se insere no campo da pesquisa translacional em educação, ao promover a articulação entre produção acadêmica e práticas pedagógicas concretas, contribuindo para reduzir a distância entre o que se investiga na universidade e o que se realiza na sala de aula. Ao transformar resultados teóricos em intervenções aplicadas e avaliadas, a pesquisa reforça o papel do educador como agente de inovação, capaz de produzir conhecimento a partir de sua própria prática e devolver à escola soluções formativas ancoradas na ciência da aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Osni Daniel de; ANDRADE, André Vitor Chaves de; BRINATTI, André Maurício; *et al.* **Equilibrium: uma abordagem experimental e contextualizada do conceito de equilíbrio dos corpos**. Série Produtos Educacionais em Ensino de Física, Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2024. Disponível em: [https://www2.uepg.br/ppgef/wp-content/uploads/sites/204/2024/03/VOLUME\\_25.pdf](https://www2.uepg.br/ppgef/wp-content/uploads/sites/204/2024/03/VOLUME_25.pdf). Acesso em: 18 jul. 2025.

ALVES, Osmenyo Arnold Freitas. Experimentação virtual de mecânica clássica com o PhET. 2021.

AMARAL, H. GAGLIARDI, E. **Sequência Didática e ensino de gêneros discursivos: breve síntese**. 2015. Disponível em: <https://dialogosassessoria.wordpress.com/2015/10/21/sequencias-didaticas-e-ensino-de-generos-discursivos-breve-sintese/>.

ASTROPT. **Quando a ciência precedeu a ética – histórias de experiências em humanos (parte III)**. 3 mar. 2020. Disponível em: <https://www.astropt.org/2020/03/03/quando-a-ciencia-precedeu-a-etica-historias-de-experiencias-em-humanos-parte-iii/>. Acesso em: 23 maio 2025.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia da educação: uma abordagem cognitiva**. Tradução de MLS de Lima. Editora Livraria do Conhecimento, 1980.

AUSUBEL, David. Paul. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**. 1ª ed. Paralelo Editora, LDA. 2003.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70; 2015.

BARRETO, Benigno, XAVIER, Claudio. **Física aula por aula: termologia, óptica e ondulatória**. 3. ed. - São Paulo: FTD, 2016.

BAUMFELD, Tiago. **Como funciona a biomecânica do tornozelo**. 22 ago. 2023. Disponível em: <https://tiagobaumfeld.com.br/biomecanica-do-tornozelo-como-funciona/>. Acesso em: 23 maio 2025.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. 1994.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 7 jun. 2025.

BUMERSSA. **Centro de gravidade**. 13 nov. 2012. Disponível em: <https://bumerssa.blogspot.com/2012/11/centro-de-gravidade.html>. Acesso em: 23 maio 2025.

CABRAL FILHO, José Eulálio; SILVA JUNIOR, José Roberto da; AGRA, Karine Ferreira. Pesquisa Translacional e a importância da sua difusão. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, v. 13, p. 293-294, 2013.

CANVA. Disponível em: <https://www.canva.com/>. Acesso em: 23 maio 2025.

CAREGNATO, Rita Catalina Aquino; MUTTI, Regina. Pesquisa qualitativa: análise de discurso versus análise de conteúdo. **Texto & Contexto-Enfermagem**, v. 15, p. 679-684, 2006.

COLOMBO, Irineu Mario; ANJOS, Dirceia Aparecida Silva; ANTUNES, Jovana Ritter. Pesquisa translacional em ensino: uma aproximação. **Educação Profissional e Tecnológica em Revista-ISSN 2594-4827**, v. 3, n. 1, 2019.

DA SILVA, Rosely Lopes et al. A construção do conhecimento a partir do erro. **Revista Filosofia Capital-ISSN 1982-6613**, v. 13, p. 21-35, 2018.

DE PAULO, Iramaia Jorge Cabral. Marco Antônio Moreira: o professor, o investigador, o ser humano. **Revista do Professor de Física**, v. 2, n. 3, p. 76-79, 2018.

DOS SANTOS, Fernanda Marsaro. Análise de conteúdo: a visão de Laurence Bardin. 2012.

ENBANG, L. Teaching traditional physics in a rapidly changing world. **Physics Today**, p. 10–11, 2016. Readers Forum.

FARIAS, Gabriela Belmont de. Contributos da aprendizagem significativa de David Ausubel para o desenvolvimento da Competência em Informação. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 27, n. 2, p. 58-76, 2022.

FRASSON, Viviane Bortoluzzi et al. Dorsiflexor and plantarflexor torque-angle and torque-velocity relationships of classical ballet dancers and volleyball players. **Rev Bras Biomec**, v. 8, n. 1, p. 31-6, 2007.

GEEKIE. **Estática de sólidos**. Geekie One, 2025. Material didático digital. Acesso restrito.

GIACOMELLI, Alisson Cristian; ROSA, Cleci T. Werner da; DARROZ, Luiz Marcelo. Teoria da Aprendizagem Significativa. In: **Cognição, linguagem e docência**. ROSA, C. T. W. (Org.), DARROZ, L. M. (Org.). Cruz Alta: Ilustração, 2022.

GODOY, Arlida Schmidt. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de administração de empresas**, v. 35, p. 57-63, 1995.

GODOY, Leandro Pereira de, AGNOLO, Rosana Maria Dell', MELO, Wolney Candido de. **Multiversos: ciências da natureza: movimentos e equilíbrios na natureza: ensino médio**. 1. ed. – São Paulo: FTD, 2020.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, vol. 1: mecânica**. 9ª Ed. Tradução Ronaldo Sérgio de Biase – Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HONORATO, Carla Aparecida; DIAS, Kely Krisley Borges; DIAS, Kênia Cristina Borges. Aprendizagem significativa: uma introdução à teoria. **Revista Mediação (ISSN 1980-556X)**, v. 13, n. 1, p. 22-37, 2018.

INSTITUTO METRÓPOLE DIGITAL. **Aula 01 – Introdução aos acionamentos eletrônicos: Harmônicos, Torque, Regime Permanente e Transitório.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2024. Disponível em: <https://materialpublic.imd.ufrn.br/curso/disciplina/2/44/1/11>. Acesso em: 23 maio 2025.

LEAL, Fidelis Lima; ARAUJO, Hilda Mara Lopes. A pesquisa como princípio educativo no exercício da docência: abordagem translacional. **Revista Espaço Pedagógico**, v. 31, p. e16340-e16340, 2024.

LEAL, Maycon Marcos; SILVA, Alidissi Taise Santos; MENESES, Liberalino de Souza. A Utilização do Simulador Phet como Ferramenta de Ensino Nas Aulas On-Line de Ciências em Uma Escola Do Município de Água Branca-Pi. In: **CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO**. 2020.

LEMONS, Luiz Fernando Cuozzo; TEIXEIRA, Clarissa Stefani; MOTA, Carlos Bolli. Uma revisão sobre centro de gravidade e equilíbrio corporal. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 17, n. 4, p. 83-90, 2009.

MICHA, Daniel Neves; FERREIRA, Mauro. Física no esporte-parte 1: saltos em esportes coletivos. Uma motivação para o estudo da mecânica através da análise dos movimentos do corpo humano a partir do conceito de centro de massa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, p. 3301, 2013.

MIRANDA, Pedro Jeferson et al. Estudo do centro de massa e estabilidade de quatro posturas básicas do Kung-fu Pak Hok. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, p. e4304, 2016.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa crítica**. 2010. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>. Acesso em: 20 de novembro de 2024.

MOREIRA, Marco Antonio. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20200451, 2021.

MOREIRA, Marco Antonio. 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. **Qurrriculum, La Laguna, Espanha**, 2012.

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

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. Lf Editorial, 2011.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de Física Básica**; vol. 1. 4ª Ed. Editora: Edgard Blücher LTDA, 2002.

OLEGÁRIO, Raphael Lopes; VITORINO, Silvia Maria Aparecida; DE SOUZA, Pedro Victor Nogueira. Pesquisa translacional do ensino superior no campo das ciências da saúde. **Itinerarius Reflectionis**, v. 15, n. 2, p. 01-11, 2019.

OLIVEIRA, Luiza. Prof. Marco Antonio Moreira. **Revista Polyphonia**, v. 26, n. 1, p. 243-249, 2015.

PEREIRA, Matheus Dotto. **Alavancas**. Blog Biomecânica, 21 jun. 2015. Disponível em: <https://biomecmaheusdotto.blogspot.com/2015/06/alavancas.html>. Acesso em: 23 maio 2025.

PHET INTERACTIVE SIMULATIONS. **PhET Interactive Simulations – University of Colorado Boulder**. [S. l.]: University of Colorado Boulder, [s. d.]. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/>. Acesso em: 7 jun. 2025.

PLANEJATIVO. *Física: estática de um ponto material*. Disponível em: <https://app.planejativo.com/estudar/263/resumo/fisica-estatica-de-um-ponto-material>. Acesso em: 23 maio 2025.

PLANEJATIVO. **Questão 6194 – Estática de um corpo extenso e centro de massa**. Disponível em: <https://app.planejativo.com/questao/6194/fisica-estatica-de-um-corpo-extenso-e-centro-de-massa>. Acesso em: 23 maio 2025.

PREGONER, Joseph Dave. Research approaches in education: A comparison of quantitative, qualitative and mixed methods. **IMCC Journal of Science**, v. 4, n. 2, p. 31-36, 2024.

PREPARA ENEM. **Alavanca: o que é, como funciona, tipos, resumo**. Disponível em: <https://www.preparaenem.com/fisica/alavancas.htm>. Acesso em: 23 maio 2025.

QUIZIZZ. **Quizizz – Plataforma de quizzes interativos**. Disponível em: <https://quizizz.com/>. Acesso em: 23 maio 2025.

REDU. **Centro de gravidade e tipos de equilíbrio**. Disponível em: <https://redu.com.br/fisica/centro-de-gravidade-e-tipos-de-equilibrio/>. Acesso em: 23 maio 2025.

SALA DE FÍSICA 5. **Alavancas do corpo humano**. Disponível em: <https://www.geocities.ws/saladefisica5/leituras/alavancas.html>. Acesso em: 23 maio 2025.

SANAR SAÚDE. **Biomecânica: fundamentos, referências e aplicações**. 29 nov. 2019. Disponível em: <https://www.sanarsaude.com/portal/concursos/artigos-noticias/biomecanica-fundamentos-referencias-e-aplicacoes>. Acesso em: 23 maio 2025.



SANTOS, Bruna dos et al. Modelagem educacional com simulação para a consolidação de competência profissional na educação permanente. **Cogitare Enfermagem**, v. 29, p. e92461, 2024.

TECNOBLOG. **O que é Chromebook?**. 3 jul. 2023. Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-chromebook/>. Acesso em: 7 jun. 2025.

TORRES, Lydhia Rubhia de Lima. **A importância da dinâmica e do trabalho em grupo para o ensino e aprendizagem**. Revista FT, v. 27, n. 118, 2023. Disponível em: <https://revistaft.com.br/a-importancia-da-dinamica-e-do-trabalho-em-grupo-para-o-ensino-e-aprendizagem/>. Acesso em: 18 jul. 2025.

UGALDE, Maria Cecília Pereira; ROWEDER, Charlys. Sequência didática: uma proposta metodológica de ensino-aprendizagem. **Educitec-Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 6, p. e99220-e99220, 2020.

UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER. **Balancing Act. PhET Interactive Simulations**, 2024. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_all.html). Acesso em: 23 maio 2025.

VIEIRA, Luiz Duarte; NERLING, Maria Andreia Maciel; DARROZ, Luiz Marcelo. Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. In: **Cognição, linguagem e docência**. ROSA, C. T. W. (Org.), DARROZ, L. M. (Org.). Cruz Alta: Ilustração, 2022.

VILLAS BÔAS, Newton, DOCA, Ricardo Helou, BISCUOLA, Gualter José. **Tópicos de física: volume 2**. 19. ed. — São Paulo: Saraiva, 2012.

ZOOM EDUCATION FOR LIFE. Disponível em: <https://www.zoom.education>. Acesso em: 7 jun. 2025.

## APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

# Missão Equilíbrio

Uma sequência didática interativa como metodologia mediadora para o ensino de estática do corpo rígido no ensino médio



**Tayla Johana dos Santos Costa**  
**Hilda Mara Lopes Araujo**

# Missão Equilíbrio

Uma sequência didática interativa como metodologia  
mediadora para o ensino de estática do corpo rígido no  
ensino médio



**Tayla Johana dos Santos Costa**  
**Hilda Mara Lopes Araujo**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF  
POLO 26

Tayla Johana dos Santos Costa  
Hilda Mara Lopes Araujo

PRODUTO EDUCACIONAL

MISSÃO EQUILÍBRIO: uma sequência didática como metodologia mediadora para o ensino de estática do corpo rígido no ensino médio

Teresina  
2025

Tayla Johana dos Santos Costa  
Hilda Mara Lopes Araujo

MISSÃO EQUILÍBRIO: uma sequência didática como metodologia mediadora para o ensino de estática do corpo rígido no ensino médio

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: ESTÁTICA DO CORPO RÍGIDO NO ENSINO MÉDIO À LUZ DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 26 – UFPI, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(es):  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Hilda Mara Lopes Araujo

Teresina  
2025

# Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus pelos seus provimentos e absolutamente tudo o que permeou a minha trajetória desde o final da graduação até eu entrar no mestrado e sua presente conclusão, sem Ele nada disso teria sido possível e Ele, em toda sua sabedoria e conhecimento mediante ao tempo e aos espaços, me fez estar nesta turma, neste polo, com estes colegas e professores e com a consciência que tenho hoje pra viver este processo de forma genuína e com responsabilidade.

Quero agradecer meu marido, Anderson Kurunczi, que deu todo apoio durante todo o curso, de inúmeras formas e todas que ele podia para que eu alcance a conclusão deste sonho. Também aos meus pais, Rosangela Maria e Osvaldo Ferreira que, mais uma vez em suas vidas, fizeram de tudo para me ver concluir este sonho, mesmo eu já estando em uma fase que eles não precisavam, eles me deram todo suporte necessário.

Agradeço, e já agradeço inúmeras vezes, a Deus pelos meus colegas de sala e agora agradeço diretamente a eles por todas as contribuições e todos os momentos vividos durante este curso, sei que Deus tinha guardado cada um de nós para estar nesta turma do MNPEF polo 26 turma de 2023 juntos pois íamos precisar da força um do outro, as enroladas e desenroladas um do outro e todo apoio que um de pro outro, nominalmente, agradeço ao: Adriano Amaranes, Antonio Felipe, Antonio Huanderson, Edivaldo, Eduardo, Emmanuel, Fernando, Flávio, Guilherme Brendo, José Ayrton, Jorge, Paulo e Rebeca Geovana por terem estado comigo e contribuído durante todo este processo.

Em especial, agradeço ao meu grupinho Adriano Amaranes, Antonio Felipe e Rebeca Geovana, pelos apoios e principalmente a Rebeca irritante Geovana pelos estresses e por ter me feito ser um ser humano minimamente mais acolhedor e de que pensa mais nas palavras, sei que Deus a colocou no meu caminho por um propósito maior de amizade para a vida; e claro, levarei os meus 3 “xovens” no coração para a vida.

Gostaria de agradecer também a alguns atores deste processo de mestrado que possivelmente nem saberão que estão sendo citados: meu amigo Rodolfo que me deu suporte quando fui fazer as etapas do processo de seleção, ao meu agora amigo Fidelis Leal que foi da turma 2022 e contribuiu muito para a construção do meu produto educacional e dissertação, agradeço a minha nova amiga Ana Carolline Santos que me aceitou em sua casa esses 2 anos de curso e que vai ser levada no coração pra vida; e por fim ao sr Antonio Erasmo, o meu caroneiro durante quase todo esses 2 anos, que me buscava de madrugada para levar para Teresina pra aula e que proporcionou inúmeras conversas interessantes sobre política, educação e sociedade, ele me deu um apoio e contribuição gigantesca e talvez não tenha noção disso.

# Agradecimentos

Agradeço a cada um dos professores que lecionaram disciplinas no programa nesses 2 anos de curso, em especial a prof<sup>a</sup> Claudia Adriana e ao prof<sup>o</sup> Alexandre Maciel por ter nos proporcionado disciplinas engrandecedoras e ensinamentos Físicos e de Física aplicada a educação que eu levarei para a minha própria prática profissional com ênfase e carinho. Gostaria de Agradecer a prof<sup>a</sup> Maria do Socorro e o Prof<sup>o</sup> Micaías Andrade pelas valiosas contribuições ao meu produto educacional e dissertação, este trabalho não seria o que se tornou. Também agradeço ao coordenador Célio Borges pelas suas contribuições à minha formação a ao programa e aos integrantes da banca examinadora, prof<sup>a</sup> Hilda, prof<sup>a</sup> Socorro e prof<sup>o</sup> Fábio Paz, e os suplentes, prof<sup>o</sup> Micaías e prof<sup>o</sup> Ronaldo Albano, por contribuírem com a minha pesquisa.

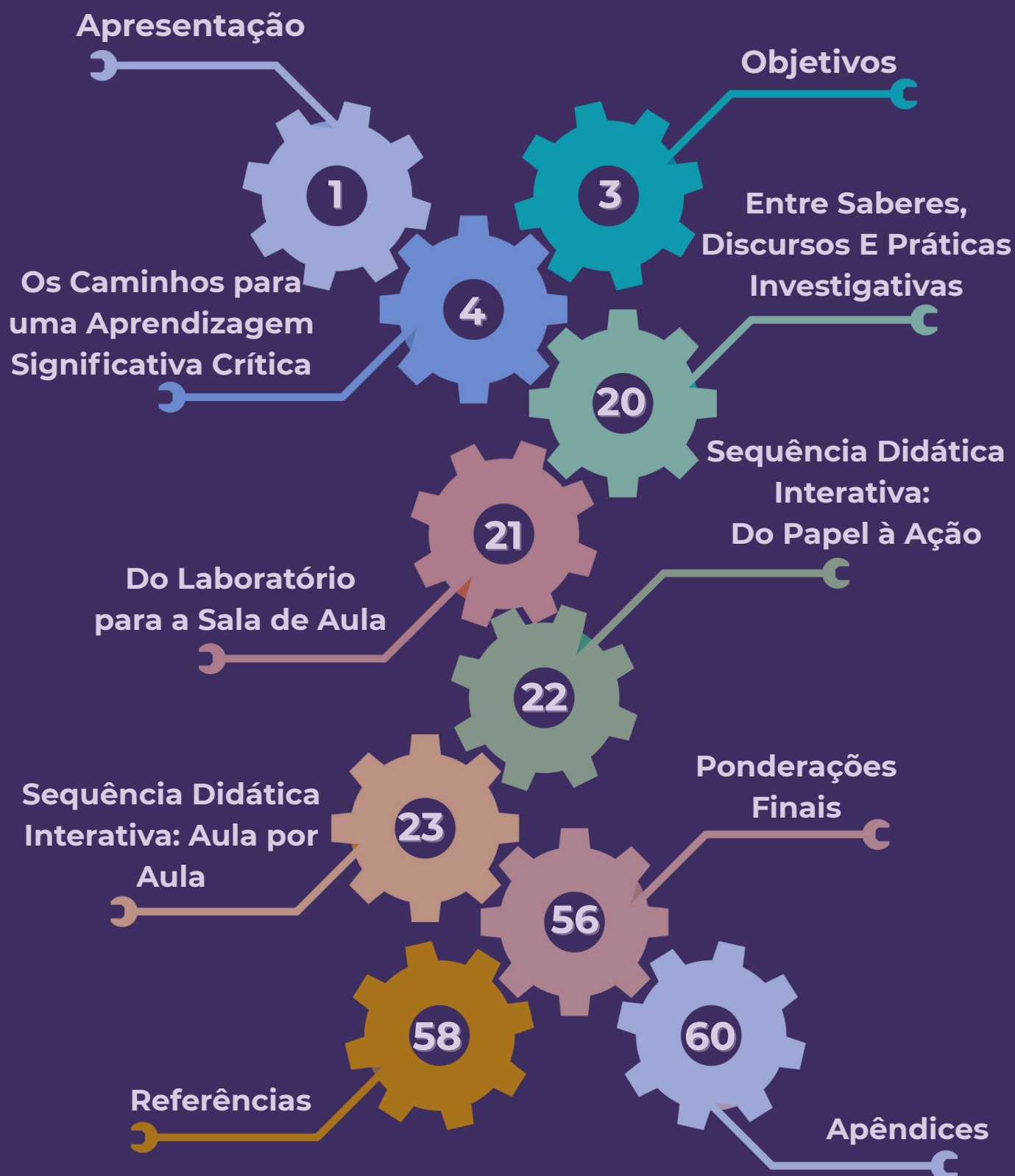
Especialmente agradeço a minha orientadora, a prof<sup>a</sup> Dra<sup>a</sup> Hilda Mara Araújo Lopes por ter me aceito em um momento tão avançado, pela sua incrível disciplina lecionada com muita maestria e que sem dúvida me proporcionou todo o aporte teórico, não somente para esta pesquisa, como para a vida profissional. Agradeço principalmente pela orientação maravilhosa, detalhista e acrescentadora de inúmeras percepções que eu precisava e queria para me tornar uma professora e pesquisadora melhor.

Por fim, agradeço a SBF, a comissão do MNPEF e os professores da UFPI campus Ministro Petrônio Portela, pela oportunidade e por todas as contribuições direta e indiretamente que aconteceram ao longo da minha trajetória e por fim a Organização Educacional Cristo: à diretora prof<sup>a</sup> Osiely Santos e o coordenador prof<sup>o</sup> Ricardo que aceitaram a minha pesquisa e deram todo apoio que podiam para aplicação e construção do meu trabalho, seja ele no chão de sala ou desta pesquisa.

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



# Sumário





# Apresentação

## AO PROFESSOR

Caro(a) professor(a),

*É com entusiasmo que apresentamos o produto educacional "Missão Equilíbrio: uma sequência didática interativa como metodologia mediadora para o ensino de Estática Do Corpo Rígido no Ensino Médio".*

*Sabemos dos desafios enfrentados na abordagem desse conteúdo, muitas vezes percebido pelos alunos como excessivamente teórico, abstrato ou desvinculado de suas realidades (Enbang, 2016). Por isso, esta proposta nasce da necessidade de tornar o aprendizado mais significativo, contextualizado e participativo, colocando os estudantes no centro do processo por meio de vivências, simulações, jogos e atividades corporais que despertam o interesse e favorecem a construção conceitual (Moreira, 2021).*

*Inspirada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Marco Antonio de Moreira e sustentada pela perspectiva da pesquisa translacional em educação, esta Sequência Didática Interativa foi elaborada e testada com estudantes do 1º ano do Ensino Médio, trazendo resultados promissores tanto na apropriação dos conceitos de centro de massa, equilíbrio e torque quanto no engajamento dos alunos com a Física.*

*Além disso, a proposta está estruturada em missões, que exploram o lúdico e o desafio como formas de motivação, e utilizam estratégias interativas que ampliam o protagonismo estudantil. Ao longo das aulas, o professor atua como mediador, instigando reflexões, propondo situações-problema e conduzindo as discussões para a formalização científica dos conceitos.*

*Esperamos que este material contribua com o seu trabalho em sala de aula, oferecendo não apenas um roteiro de aulas, mas também uma inspiração para ensinar Física de forma envolvente, crítica e com sentido para os alunos. Que esta Sequência Didática Interativa seja também uma missão compartilhada entre nós, educadores. Que a "Missão Equilíbrio" seja também uma missão compartilhada entre nós, educadores.*

Conte conosco. Boa missão!



# Apresentação

## AO ALUNO

Caro(a) Aluno(a),

*Este material foi pensado para você, estudante do Ensino Médio, como uma forma diferente de aprender Física. Através de desafios, jogos e situações do cotidiano, você será convidado(a) a pensar com o corpo, refletir sobre o equilíbrio e descobrir que a Física vai muito além das fórmulas — ela está presente no seu dia a dia.*

*Explore cada etapa com curiosidade, se permita experimentar e descubra como a aprendizagem pode ser significativa e crítica quando parte da sua própria experiência.*

*Conte conosco para uma boa jornada!*



# Objetivos

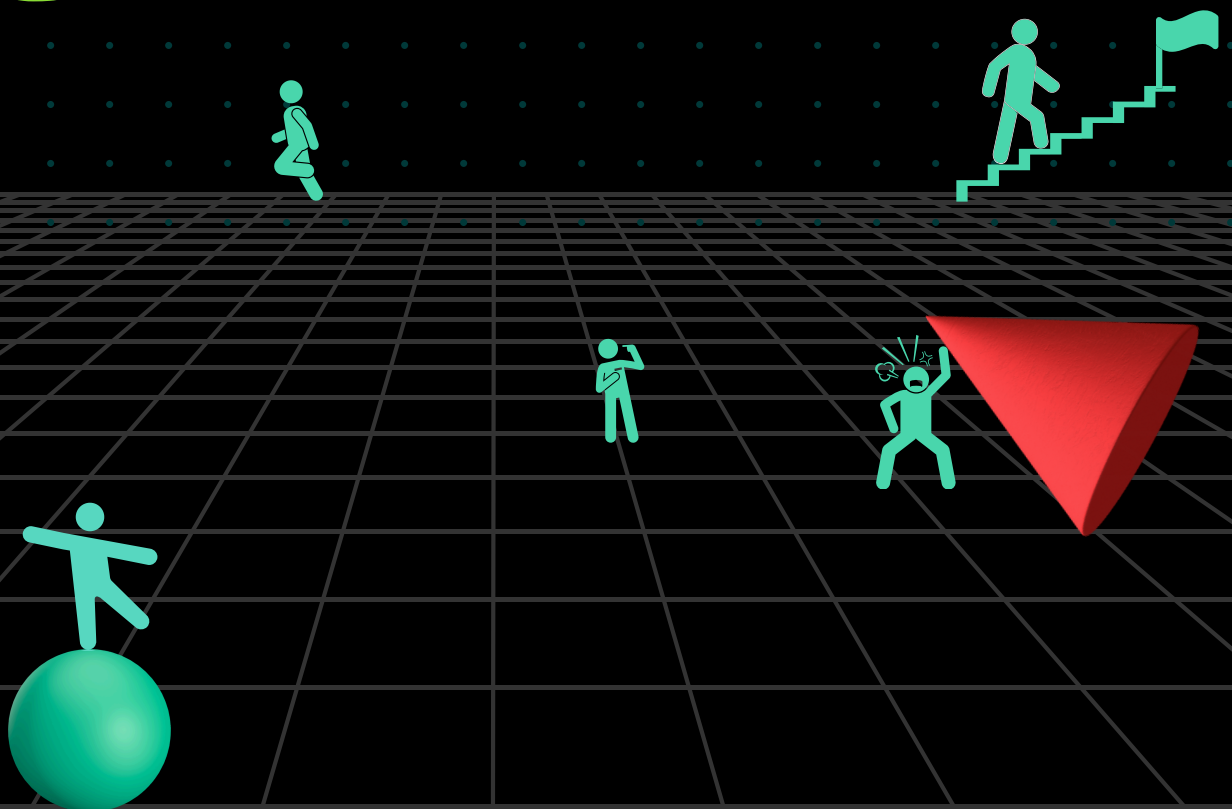
## OBJETIVO GERAL

Analisar como o estudo da estática do corpo rígido pode contribuir para a compreensão de conceitos fundamentais relacionados à dinâmica corporal e cotidiana

## OBJETIVO ESPECÍFICO

1. Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre estática do corpo rígido;
2. Apresentar os fundamentos teóricos da Estática do Corpo Rígido que embasam a proposta didática;
3. Correlacionar a teoria da aprendizagem significativa e crítica com os conceitos de estática do corpo rígido;
4. Aplicar a pesquisa translacional na unidade teoria-prática no conhecimento da Estática Do Corpo Rígido;
5. Proporcionar fundamentos teóricos sobre Sequência Didática Interativa (SDI) como metodologia de ensino aprendizagem para apreensão dos fundamentos teóricos da Estática do Corpo Rígido;
6. Avaliar o desenvolvimento da aprendizagem dos alunos a partir da comparação entre o pré e o pós-teste considerando suas construções discursivas sobre o conteúdo de Estática do Corpo Rígido;

# Os Caminhos para uma Aprendizagem Significativa Crítica

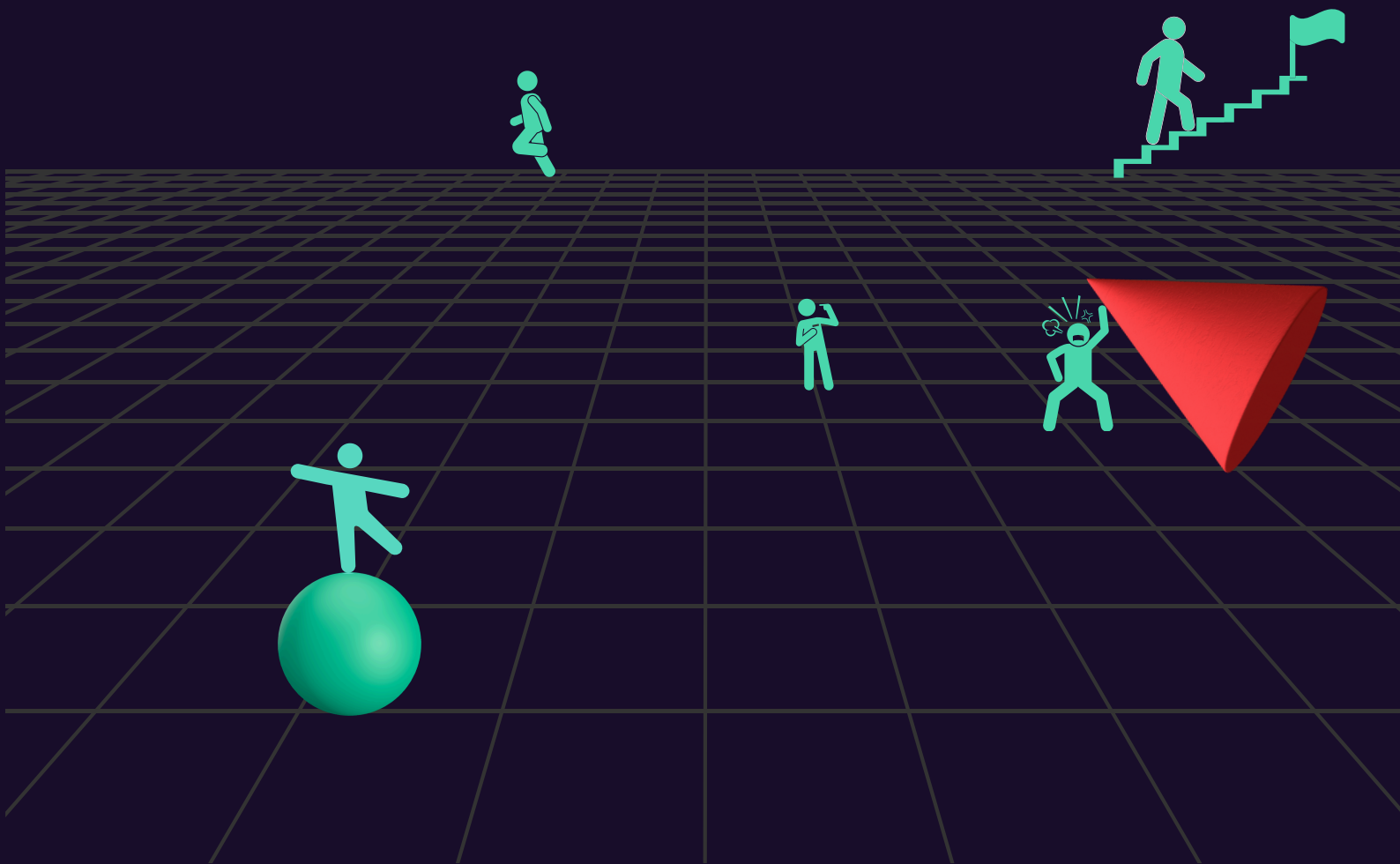


# Os Caminhos para uma Aprendizagem Significativa Crítica

O presente capítulo tem o objetivo de correlacionar a teoria da aprendizagem significativa e teoria da aprendizagem significativa crítica com os conceitos de Estática Do Corpo Rígido, buscando identificar elementos que evidenciem uma aprendizagem significativa crítica em potencial, conforme a abordagem de Marco Antonio Moreira (2010), fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (2003).

O primeiro aspecto que tange as pesquisas relacionadas ao ensino nos dias atuais é: o que fazer para que os jovens em sala de aula de fato aprendam o que está sendo proposto? Isso não é apenas um problema do ensino de Física no ensino médio, mas uma inquietação que atravessa as diferentes etapas da educação e suas diversas áreas do conhecimento, pois o desafio atual é: traduzir o conhecimento científico em experiências de modo a proporcionar uma aprendizagem com sentido para os estudantes (Moreira, 2018).

Para tanto, este capítulo percorre os fundamentos da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), proposta por David Ausubel, e sua posterior ampliação crítica, desenvolvida por Marco Antonio Moreira. Serão discutidas as distinções entre ambas as abordagens e suas implicações no ensino de Física, especialmente no que se refere ao desenvolvimento de ações que visem uma aprendizagem com maior sentido e profundidade para os estudantes.



## **David Ausubel E A Teoria Da Aprendizagem Significativa – TAS**

Visando essa compreensão sistemática de passado, presente e futuro, no século XX, David Ausubel surgiu com sua Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) no qual propôs que o ensino deve ser proporcionado a partir de conceitos pré-existentes possibilitando assim a formação de uma estrutura cognitiva, por vezes até individual de cada estudante (Farias, 2022).

Ausubel em seu livro “Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva” (2003) expõe a essência da sua Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) quando diz que a natureza do significado da aprendizagem está relacionada a retenção e manuseio de um conjunto de informações relevantes para o ser, como fenômenos, acontecimentos, hipóteses, concepções e vocabulário das mais variadas disciplinas.

Mas o que seria uma aprendizagem significativa? Segundo Rosa e Darroz (2022), a teoria de Ausubel tem como cerne do seu conceito que a aprendizagem ela é significativa quando novos conhecimentos interagem com elementos já existentes na estrutura cognitiva do aluno, criando novas estruturas conceituais a partir dessas relações.

Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não literal, não ao pé da letra, e não arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito aprendiz (Moreira, 2011, p. 8).

Moreira (2011) reafirma um dos pilares centrais da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel: a ideia de que a aprendizagem só será realmente significativa quando houver uma interação intencional e estruturada entre o novo conteúdo e conhecimentos prévios relevantes já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Para tanto o teórico fala de dois critérios específicos básicos para criar um ambiente propício à aprendizagem que são: **predisposição** e **ferramentas** (Rosa e Darroz, 2022; Moreira e Masini, 2001).



## David Ausubel E A Teoria Da Aprendizagem Significativa – TAS

Figura 1: Critérios para uma aprendizagem significativa



Fonte: Elaboração própria, 2025.

É possível afirmar que ambos os critérios estão relacionados pois não há ação intencional de aprender se não for a partir da atenção retida, e nada melhor para manter os alunos comprometidos como uma ferramenta potencialmente significativa. Isso implica dizer que o planejamento do professor deve ir além da escolha de conteúdos: deve envolver a mediação intencional de experiências de aprendizagem que possibilitem uma conexão sólida entre novas informações a conceitos já existentes na estrutura cognitiva dos estudantes.

Nesse sentido, o uso de recursos como analogias, mapas conceituais, experimentos contextualizados e situações-problema são exemplos recorrentes na literatura como instrumentos que, quando bem aplicados, favorecem uma aprendizagem mais profunda. Assim, é na articulação entre a predisposição do aluno e o uso consciente e qualificado de ferramentas didáticas que se constrói um cenário propício para a aprendizagem significativa no sentido proposto por Ausubel (Ausubel et al., 2003; Moreira, 2006).

Aplicando tais conceitos na prática em sala de aula, o professor iniciaria seu conteúdo novo verificando os **conhecimentos prévios** dos alunos, isso pode ocorrer através de participação ativa dos alunos em sala, respondendo em voz alta às perguntas ou proposições, ou mesmo através da aplicação de questionário subjetivo.



## David Ausubel E A Teoria Da Aprendizagem Significativa – TAS

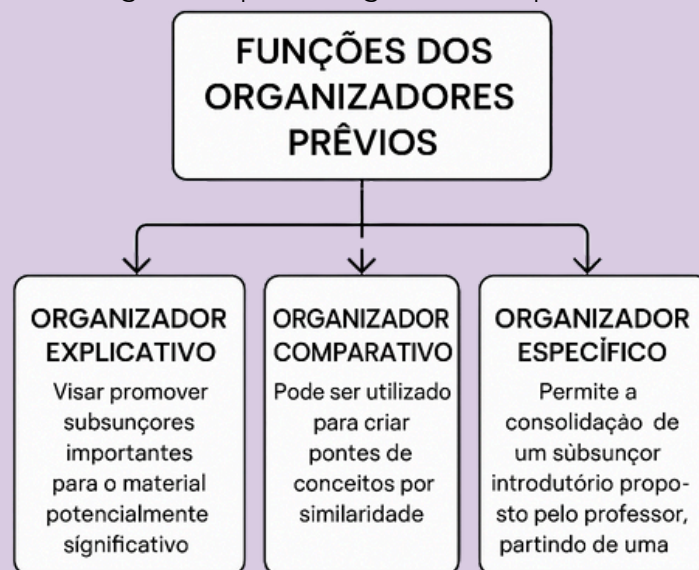
A partir desses critérios, a teoria está pautada no entendimento de que todo indivíduo tem em sua estrutura cognitiva algum conhecimento já significativo, no qual será o ponto de partida para novas estruturas cognitivas. Logo a construção dos novos conhecimentos será ancorada em outros existentes, criando uma hierarquia dos conceitos no processo cognitivo, atualizando e incluindo novos conhecimentos e dando ênfase no que é mais importante; tal estrutura foi denominada por Ausubel et al. (2003) como subsunçores.

Em síntese, **subsunçores** são ideias âncora que vão facilitar o processo de aprendizagem de uma nova informação, seja por ser os conceitos iniciais a partir de experiências cotidianas, senso comum, ou por auxiliarem na organização do conhecimento que está sendo construído pelo aluno.

Um outro elemento no processo de construção cognitiva são os **organizadores prévios**. Organizadores prévios são recursos didáticos introdutórios que têm como objetivo preparar o aluno para a aprendizagem de novos conteúdos, promovendo conexões significativas com conhecimentos já existentes em sua estrutura cognitiva. Eles funcionam para a ancoragem de novas ideias a partir de subsunçores, contudo são materiais prévios, introdutórios, que servirão como ponte para a aprendizagem (Ausubel et al., 2003.).

Tais organizadores são os elementos utilizados antes do material potencial significativo ou o próprio conteúdo a ser lecionado e podem ser de três tipos: explicativo, comparativo ou específico.

Figura 2: Tipos de organizadores prévios



Fonte: Elaboração própria, 2025.



## **David Ausubel E A Teoria Da Aprendizagem Significativa – TAS**

Essa perspectiva evidencia um contraste direto com a aprendizagem mecânica, na qual o conteúdo é assimilado de forma memorística, sem conexões significativas com o que o aluno já sabe. Enquanto a aprendizagem mecânica se caracteriza por repetições e acúmulo de informações desconexas.

A aprendizagem mecânica se caracteriza pela memorização repetitiva e desconectada de conteúdos, sem vínculo com os conhecimentos prévios dos alunos. Nela, as informações são assimiladas de forma arbitrária, sem permitir relações significativas ou hierarquias cognitivas. Embora esta teoria pareça contrária a TAS, Ausubel aponta que ela se relaciona com a aprendizagem significativa, pois algumas características da aprendizagem mecânica podem contribuir no processo de construção do conhecimento e subsunções que não estavam presentes antes (Ausubel et al., 1980).

Neste sentido, no cotidiano escolar, quase que independente da disciplina, é possível conseguir refletir esta possibilidade de memorização e repetição dos fatos por exemplo: decorando datas de fatos históricos ou nomes de personalidades, repetindo os nomes de macronutrientes ou de estruturas das funções oxigenadas. Na Física, existe a memorização das fórmulas por música ou frases engraçadas, técnicas de utilizar figuras geométricas planas pra decorar como utilizar algumas fórmulas, tais recursos ainda podem ser vistos e incentivada em sala de aula até os dias atuais.

Rosa e Dorraz (2022) expõem que ambas as teorias são complementares, ou seja, a aprendizagem mecânica ela tem seu nível de importância no processo de aprendizagem significativa, uma vez que contribui para processos de associação, estruturando, reestruturando, a hierarquia dos conhecimentos no aspecto cognitivo do aluno.

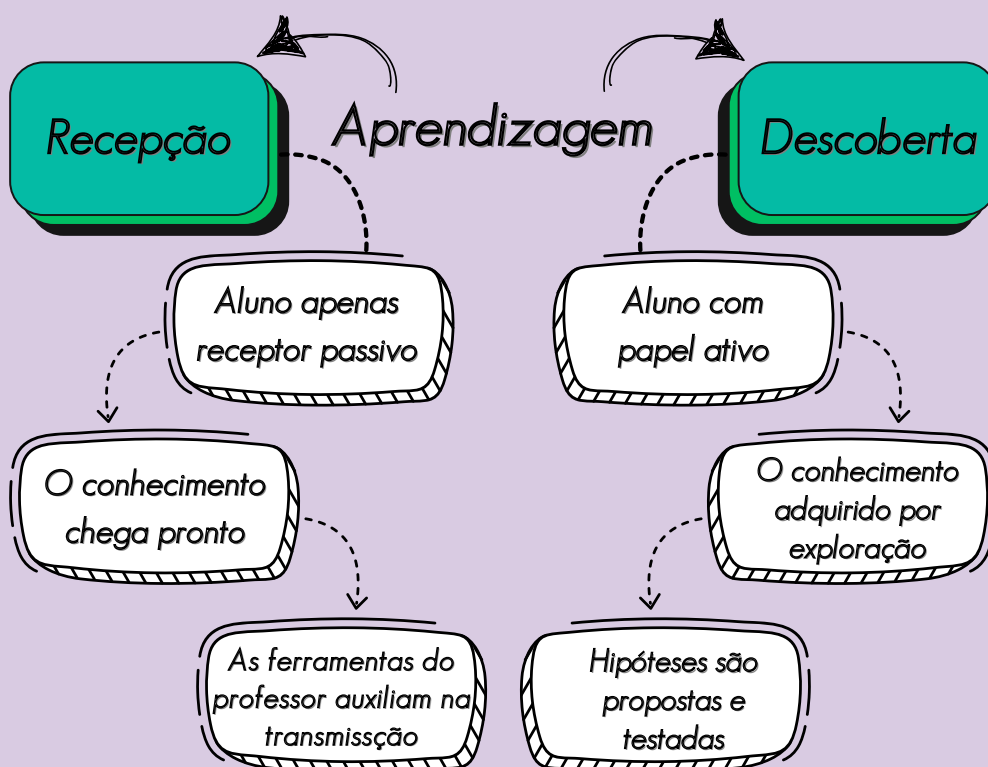
Tendo em vista o tema de Ensino de Estática do Corpo Rígido a partir da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica do presente estudo, tais elementos vistos até então serão desenvolvidos no decorrer da Sequência Didática Interativa, contudo podemos dar ênfase que é inevitável e indispensável a importância da aula expositiva no qual fórmulas serão apresentadas, posteriormente a análise prévia dos subsunções de Estática do Corpo Rígido e da criação dos conceitos âncora, o cálculo referente ao centro de massa de um sistema e conceitos de acordo com os tipos de equilíbrio são conhecimentos prévio que não são esperados, tendo assim a necessidade da inserção dessas ideias âncora para o desenvolvimento do aprendizado dos estudantes.



## David Ausubel E A Teoria Da Aprendizagem Significativa – TAS

Seguindo tal lógica, é possível inferir que a aprendizagem significativa é permeada por algumas etapas para alcançar o aprendizado almejado, assim a aprendizagem mecânica faz parte deste processo. Outras aprendizagens que podem fazer parte das etapas da aprendizagem são, a aprendizagem por recepção e por descoberta (Rosa e Darroz, 2022).

Figura 3: Aspectos da aprendizagem por recepção x por descoberta

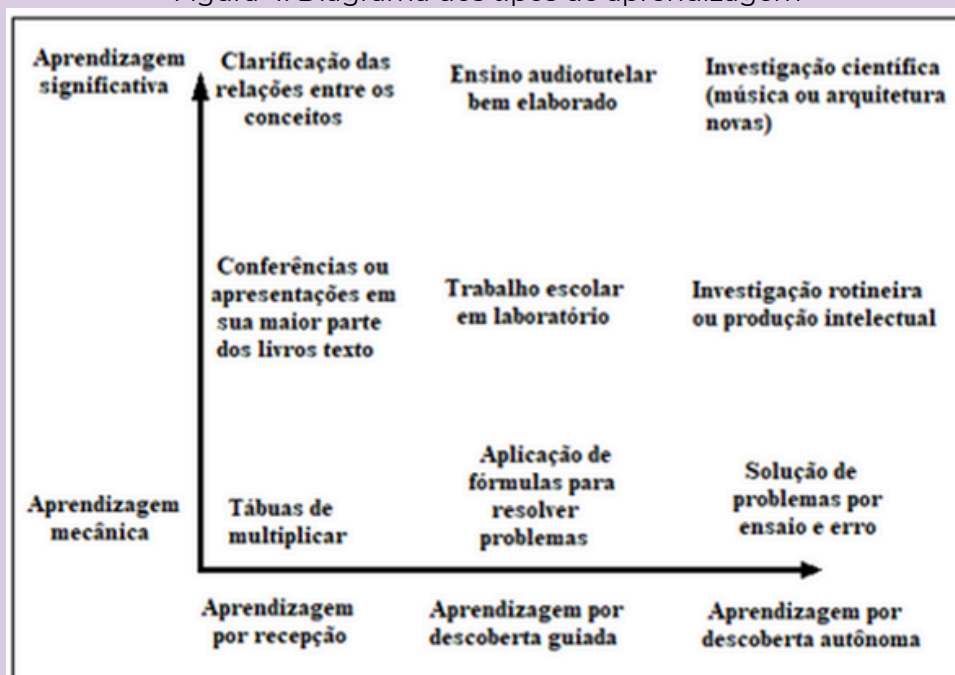


Fonte: Elaboração própria, 2025.

Tais aprendizagens podem ser potencialmente significativas uma vez que o aluno pode raciocinar relacionando o conteúdo visto ativamente, seja relacionando, lembrando ou reconhecendo o que foi visto em outros momentos. O que não é mutuamente excludente do processo de descoberta, pois descobrir coisas novas é um processo importantíssimo para a inserção, reestruturação e consolidação dos conceitos. Para elucidar a relação entre as aprendizagens Ausubel, vejamos o exposto na figura abaixo.

## David Ausubel E A Teoria Da Aprendizagem Significativa – TAS

Figura 4: Diagrama dos tipos de aprendizagem



Fonte: Adaptada de Ausubel, Novak e Hanesian, 1983, p. 35 apud Rosa e Darroz, 2022, p. 87.

O diagrama mostra que dependendo do tipo de atividade, ela vai se enquadrar relacionando os tipos de aprendizagem. Sabemos que a aprendizagem mecânica ela consiste em repetição e memorização e para tal o aluno precisa atuar como receptor de informação, neste cenário a atividade de tabuada de multiplicar por exemplo, que está presente no canto inferior esquerdo, mostra muito bem onde a junção desses tipos de aprendizagem atuam no processo de aprendizado do aluno.

Em contrapartida, no outro extremo do diagrama temos a investigação científica, que consta no canto superior direito, consiste em pesquisar. Para uma atividade deste tipo o aluno precisa ter de início uma ideia e consequentemente o interesse pelo tema a ser estudado, a partir disso o aluno vai construir seu conhecimento e sua pesquisa com base em descobertas, investigação e neste caso podemos inferir que a aprendizagem é significativa, acontecendo de forma totalmente autônoma, uma vez que a pessoa vai estar refletindo sobre o tema, criando suas próprias âncoras do assunto, descobrindo coisas novas e reestruturando o conhecimento.

## **David Ausubel E A Teoria Da Aprendizagem Significativa – TAS**

Trazendo alguns exemplos de Física e a Estática do Corpo Rígido relacionados ao diagrama da figura 2.1 temos que no processo de clarificação das relações entre os conceitos, presente no canto superior esquerdo, esta atividade se faz fundamental no processo de construção dos conceitos formais, por exemplo relacionados a centro de massa e equilíbrio, o aluno pode ter o conhecimento prévio e ser capaz de explicá-los com suas palavras, porém no contexto escolar e em uma educação que preza pela cientificidade dos conhecimentos, é necessário que ele internalize o conceito construído pela academia. Embora este processo aparentemente se assemelhe com a aprendizagem mecânica não significa que não houve uma aprendizagem significativa, pois, a partir da ancoragem de um conhecimento já existente é que o conceito formal será construído (Moreira, 2010).

No outro extremo, canto inferior direito do diagrama, temos solução de problemas por ensaio e erro. Esta atividade consiste basicamente para a Física em experiências práticas que visam a extração de dados, como por exemplo buscar a posição exata para que uma gangorra alcance o estado de equilíbrio entre dois corpos sobre ela. O aluno pode por meio de simulação, ou prática real, pegar dois corpos de massas iguais, ou diferentes, e posicioná-los um em cada lado da gangorra, afim de tentar alcançar o equilíbrio. É provável que isso não aconteça de primeira e que o mesmo fique ali tentando inúmeras vezes, errando, até alcançar o objetivo. Houve aprendizagem mecânica, porém o aluno terá de descobrir neste processo qual o local ideal.

A teoria de Ausubel também divide a TAS em três tipos fundamentais, são elas as aprendizagens por: **representação**, de **conceitos** e de **proposições** (Rosa e Darroz, 2022). Na primeira o estudante estabelece relações cognitivas entre símbolo e significado, podemos pensar diretamente na relação de aprendizagem de uma nova língua. Trazendo para o âmbito da Física, em definições como corpo extenso e ponto material, os livros podem trazer como um ponto na página e abaixo dele escrito ponto material, em outra imagem como de um caminhão e logo abaixo a legenda de corpo extenso.

Aprendizagem de conceitos é um pouco mais complexa, uma vez que expande a ideia inicial de representação, trazendo agora uma definição ou critério explicativo para tal. Continuando a partir do exemplo anterior, no livro, logo após os símbolos utilizados deve conter: definições como a de ponto material e a de corpo extenso



## **David Ausubel E A Teoria Da Aprendizagem Significativa – TAS**

A terceira aprendizagem mencionada, de proposições, abrange uma profundidade maior ainda pois vai envolver representações e conceitos simultaneamente para uma compreensão geral. Por exemplo, no assunto de centro de massa, para que o aluno compreenda que um sistema de massas num plano bidimensional tem um centro de massa com uma localização específica mediante a fórmula ele precisa entender o que é o centro de massa, o que é massa e o que é posição em relação a um plano cartesiano.

Segundo Honorato et al (2018) há três tipos de aprendizagem que o sujeito pode utilizar para desenvolver seus conhecimentos, não exclusivamente com apenas uma delas envolvidas no processo, mas as utilizando em maior ou menor quantidade. São elas: a modalidade visual, a auditiva e a cinestésica.

Figura 5: Modalidades de aprendizagem .



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Trazendo essas modalidades para a Física na modalidade visual, em uma aula pode ser utilizado recursos como simulações virtuais onde o aluno atua ativamente em sua construção, como no experimento da Gangorra disponível no PhET Colorado, ou a partir de vídeos do YouTube com simulações gravadas por terceiros.

Um momento onde pode ser trabalhado tanto a modalidade visual como a auditiva pode ser a partir de discussões, como em uma atividade prática simulada que o aluno deve julgar e refletir para responder; trabalhar em grupo e ouvir o que os colegas tem a dizer pode leva-lo a alcançar o conhecimento.



## ***David Ausubel E A Teoria Da Aprendizagem Significativa – TAS***

A modalidade cinestésica é a mais interessante e desafiadora pois é onde vai necessitar de práticas, envolvendo experimentos com ferramentas, como encontrar o centro de massa de uma régua ou vassoura e mantê-las em estado de equilíbrio; ou práticas corporais como experienciar como o próprio centro de massa atua de acordo com a região de contato dos pés com o chão e a inclinação do corpo.

Em suma a Teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel baseia-se na ideia de que o novo conhecimento só será verdadeiramente aprendido se puder se ancorar em conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno. Esse processo depende da existência de ideias prévias relevantes (subsunçores), da disposição do aluno para aprender significativamente e do uso de materiais potencialmente significativos. No entanto, embora poderosa, essa teoria ainda se concentra majoritariamente nos aspectos cognitivos do aprendizado, deixando de lado elementos sociais, culturais e políticos que também influenciam o processo educativo.

Na seção a seguir, trataremos partindo dessa base, a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC), proposta por Marco Antônio Moreira (2010), no qual amplia e aprofunda os pressupostos ausubelianos ao incorporar uma dimensão crítica ao processo de aprender. A seguir, serão explorados os princípios que estruturam essa teoria e que propõem um modelo de ensino mais participativo, reflexivo e transformador, no qual o aluno é compreendido como sujeito ativo, capaz de questionar, representar e ressignificar o conhecimento em diálogo com o mundo.

## ***Marco Antonio de Moreira e A Teoria Da Aprendizagem Significativa Crítica – TASC***

Marco Antonio Moreira, estudioso e difusor da teoria de Ausubel no Brasil, propôs a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC), ampliando essa abordagem ao incorporar a dimensão crítica ao processo de construção do conhecimento. A TASC reconhece o aluno como sujeito ativo, situado em contextos históricos e sociais específicos, capaz de questionar, transformar e atribuir sentido ao que aprende. Para o professor, essa perspectiva é especialmente relevante porque exige que o ensino vá além da simples transmissão de conteúdos, estimulando o pensamento reflexivo, o diálogo e a articulação entre saberes escolares e a realidade vivida pelos alunos, tornando a aprendizagem mais contextualizada, crítica e transformadora.



## **Marco Antonio de Moreira e A Teoria Da Aprendizagem Significativa Crítica – TASC**

A relevância de Moreira para a docência nos dias de hoje para a pesquisa e o Ensino de Ciências, com foco em Física, se dá pelos seus estudos na Cornell no qual foi orientado por Joseph Novak, discípulo de David Ausubel, criados da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) mencionada na seção anterior. Sob orientação de seus preceptores Moreira trouxe para o Brasil a TAS, tornando-se um dos principais divulgadores e estudiosos no país. Essa influência foi crucial para o fortalecimento das abordagens cognitivas e construtivistas no ensino de Física brasileiro (De Paulo, 2018).

Moreira (2010) a partir de seus estudos sobre os trabalhos de Postman e Weingartner de 1969, ele pontua que embora o papel da escola seja preparar o aluno para a vida em sociedade, que constantemente está em mudança, a escola ainda tem até hoje conceitos em foco e pontua alguns como sendo os mais evidentes como o papel da escola, até os dias atuais, o de direcionar os alunos a preceitos de verdades únicas, certezas fechadas, conceitos fixos, no qual os resultados são previsíveis e só tem um único caminho de consequência e de que o conhecimento só é conhecimento se foi transmitido por alguém de intelecto superior para eles.

Nesses moldes, a escola resulta em criar personalidades passivas, simples receptores, autoritários, de mente fechada às inovações e ideias que fujam ao que lhes foi imposto; cria uma sociedade de intolerantes, conservadores e inflexíveis a mudanças pela ilusão ensinada quanto às certezas. Moreira (2010) pontua que mesmo após anos de inovações, desenvolvimento das ciências, viagem do homem ao espaço, energia nuclear e avanços tecnológicos, a escola agregou novos focos ao seu modelo de educação que só acrescentou a lista valores que ainda tem como foco aspectos a manter a construção de personalidades passivas, uma vez que trata da informação apenas para ter, ter a tecnologia como algo essencial ao progresso e a qualidade de vida, consumismo consciente, globalização sem restrições e comércio desenfreado de toda e qualquer mercadoria.

A saída encontrada por Moreira (2010) para conseguir reverter essa criação contínua de personalidades passivas é a busca pela “aprendizagem significativa com atividades subversivas”, buscando sobretudo uma postura crítica afim de modificar os padrões da sociedade e sobreviver a contemporaneidade.



## Marco Antonio de Moreira e A Teoria Da Aprendizagem Significativa Crítica – TASC

aprendizagem significativa crítica: é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela. Trata-se de uma perspectiva antropológica em relação às atividades de seu grupo social que permite ao indivíduo participar de tais atividades mas, ao mesmo tempo, reconhecer quando a realidade está se afastando tanto que não está mais sendo captada pelo grupo (Moreira, 2010, p. 7).

O ser crítico precisa ir além de uma perspectiva interna a situação, o sujeito crítico deve, ao mesmo tempo que participa do problema, ser capaz olhar para além dele. Nesta perspectiva, o autor amplia a ideia do sujeito deve aprender ao ver sentido ao que está lhe sendo ensinado, indo em direção a possibilidade da dúvida, do raciocínio, do questionamento e da construção de novos conceitos e teorias a partir da autonomia. Além disso, através deste tipo de aprendizagem o aluno será capaz de lidar de forma construtiva com as mudanças sem ser dominado por ele, administrar informações e usufruir do mundo moderno sem se deixar levar por ele.

Com o intuito de proporcionar uma aprendizagem significativa e visando facilitar a aprendizagem significativa crítica, Moreira (2010) propõe onze princípios, propostas plenamente viáveis e executáveis em sala de aula para proporcionar uma aprendizagem eficientemente subversiva.

Figura 6: Diagrama dos Princípios da TASC.

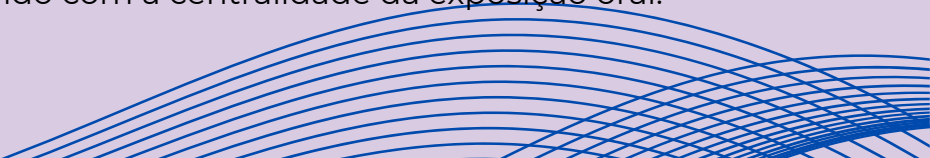


Fonte: Elaboração própria, 2025.



## ***Marco Antonio de Moreira e A Teoria Da Aprendizagem Significativa Crítica – TASC***

Aplicando um pouco mais vamos conceituar cada princípio:

- **Princípio dos Conhecimentos Prévios:** A aprendizagem significativa crítica começa com o que o aluno já sabe. Para Moreira (2010), os conhecimentos prévios são a variável mais importante no processo de aprender significativamente.
  - **Princípio da Interação Social e do Questionamento:** O ensino deve partir de perguntas e não de respostas. A aprendizagem crítica exige diálogo e troca real de significados entre professor e aluno (Moreira, 2010).
  - **Princípio da Não Centralidade do Livro de Texto:** O livro didático não deve ser a única fonte de conhecimento. Moreira (2010) defende o uso de múltiplas fontes e a criação de espaços abertos, investigativos e questionadores.
  - **Princípio do Aprendiz como Perceptor/Representador:** O aluno é alguém que percebe o mundo e o representa com base em suas experiências. Segundo Moreira (2010), a percepção é a base da construção de conhecimento, e só muda quando o antigo conhecimento deixa de ser funcional.
  - **Princípio do Conhecimento como Linguagem:** Conhecer é dominar a linguagem específica de cada disciplina. Aprender criticamente é entender essa linguagem como uma nova forma de ver o mundo (Moreira, 2010).
  - **Princípio da Consciência Semântica:** O significado está nas pessoas e não nas palavras em si. Moreira (2010) destaca que essa consciência permite uma postura crítica diante dos discursos e amplia a negociação de sentidos.
  - **Princípio da Aprendizagem pelo Erro:** Errar é parte natural do processo. Aprender criticamente, segundo Moreira (2010), é buscar o erro como forma de superação, rejeitando certezas absolutas.
  - **Princípio da Desaprendizagem:** Nem todo conhecimento prévio é útil. Moreira (2010) propõe a necessidade de “desaprender” conceitos que impedem a construção de novos significados.
  - **Princípio da Incerteza do Conhecimento:** Todo saber é provisório. O conhecimento é construído por meio de definições, perguntas e metáforas, que são criações humanas (Moreira, 2010).
  - **Princípio da Não Utilização do Quadro-de-Giz:** O ensino deve superar práticas expositivas tradicionais. O “quadro-de-giz” simboliza uma aula mecânica, e Moreira (2010) sugere sua substituição por métodos ativos e participativos.
  - **Princípio do Abandono da Narrativa:** O professor deve ouvir mais e falar menos. Para Moreira (2010), o conhecimento emerge do diálogo e da construção coletiva, rompendo com a centralidade da exposição oral.
- 

## **Marco Antonio de Moreira e A Teoria Da Aprendizagem Significativa Crítica – TASC**

Tendo em vista o exposto a aprendizagem significativa crítica tem como uma de suas propostas tirar o foco do professor e tornar o aluno o centro, o protagonista no seu processo de aprendizagem. O professor aqui se torna um mediador do processo e faz, como um de seus papéis, aprender a aprender e ensinar os alunos a aprender de forma autônoma e crítica (Moreira, 2010).

Ela não se limita ao domínio cognitivo, mas convoca o sujeito aprendente à tomada de consciência sobre o conhecimento, seu contexto e seus usos. Esse redirecionamento demanda a superação da mera narrativa docente e o investimento em práticas pedagógicas que promovam o questionamento, a reconstrução e a problematização das percepções dos alunos. A seguir, torna-se relevante aprofundar as distinções entre as abordagens clássica e crítica da teoria da aprendizagem significativa, situando os aspectos que as aproximam e, sobretudo, os que as diferenciam.

Diante do exposto, a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, proposta por Marco Antônio Moreira, amplia os fundamentos ausubelianos ao incorporar dimensões sociais, perceptivas e reflexivas ao processo de ensino e aprendizagem. Ao deslocar o foco do ensino transmissivo para práticas dialógicas, participativas e contextuais, Moreira propõe uma educação que transforma, que escuta e que convida à ressignificação constante do saber.

Tendo em vista essa ampliação, na seção a seguir, será discutido os principais contrapontos entre a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e sua releitura crítica feita por Moreira (2010), no qual serão apresentados os pontos de convergência e divergência entre ambas as abordagens, destacando como essas distinções impactam a prática docente e a forma como se concebe o ato de aprender. Em seguida serão exploradas as contribuições da TASC para o Ensino de Física, destacando suas potencialidades no favorecimento de aprendizagens mais críticas, ativas e significativas, em sintonia com as demandas contemporâneas da educação científica.



## TAS X TASC

O papel do professor, nesse contexto, é o de apresentar conteúdos estruturados de maneira lógica e sequencial, e o do aluno, o de estabelecer ligações entre esses conteúdos e os conhecimentos que já possui. A estrutura é fortemente cognitiva e a ênfase está na estabilidade das relações significativas entre conteúdos. No entanto, Marco Antonio Moreira, ao longo de seus estudos e práticas pedagógicas, reconheceu a necessidade de uma ampliação dessa teoria frente aos desafios da educação contemporânea.

Para complementar o exposto vamos visualizar na figura abaixo os contrapontos entre a visão clássica e a visão crítica.

Figura 7: Exposição dos contrapontos entre a visão clássica e a crítica

|                 | FUNDAMENTO                                                                               | OBJETIVO                                                        | ASPECTOS DO ENSINO                                                                                               | PAPEL DO ALUNO                | PAPEL DO PROFESSOR                                            |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>CLÁSSICA</b> | Base cognitivista com foco em estrutura mental e interação entre conhecimentos prévios   | Facilitar a ancoragem de novos conhecimentos                    | Novos conhecimentos ancorados a partir de conhecimentos prévios, clareza e progressividade no avanço do conteúdo | Aluno ativo                   | Facilitador da conexão entre subsunções e novos conhecimentos |
| <b>CRÍTICA</b>  | Incorpora fundamentos socioculturais, epistemológicos críticos e a subversão intelectual | Promover a compreensão crítica e transformadora do conhecimento | Construção e reconstrução de conhecimento a partir do questionamento de conhecimentos prévios                    | Aluno protagonista e autônomo | Promotor, incentivador da criatividade e da autonomia         |

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Embora a visão crítica seja uma ampliação da visão clássica de David Ausubel, ainda assim foi possível perceber as nuances em que uma levemente diverge da outra. Ambas as teorias podem ser trabalhadas juntas e observadas no processo de aprendizagem e também podem proporcionar reflexões valiosas para os professores na hora do seu planejamento.

Nesse cenário, a aprendizagem deve ajudar o aluno a não apenas compreender o mundo, mas também posicionar-se criticamente diante dele, evitando tanto o apego conservador ao que já se sabe quanto a alienação diante do novo.



## *TASC no Ensino de Física*

### ***Afinal, como essas concepções de aprendizagem podem contribuir para superar os desafios históricos e contemporâneos enfrentados por professores e estudantes no Ensino de Física?***

Moreira destaca que o ensino de Física tem sido historicamente marcado por uma excessiva formalização matemática, pela ênfase na resolução mecânica de problemas e pela fragmentação conceitual, o que frequentemente afasta os estudantes e impede a construção de significados profundos.

A proposta crítica coloca o aluno como sujeito ativo do processo de construção do conhecimento, o que exige do professor uma prática que vá além da exposição tradicional e envolva os conhecimentos prévios dos estudantes e disposição para o diálogo entre saberes acadêmicos e saberes cotidianos. Assim, ao invés de focar exclusivamente na transmissão de conteúdos, o ensino de Física deve ser orientado para a formação de um pensamento crítico, investigativo e conectado com os desafios do tempo presente (Moreira, 2010).

O uso de laboratórios virtuais e jogos, por exemplo, pode sanar parte do problema e da justificativa de alguns professores para manter a aula tradicional, que é a ausência de laboratório e materiais. Com as simulações, a prática pode ser alcançada mesmo de forma virtual, podendo proporcionar uma aprendizagem mais ativa, logo significativa.

Além disso, é preciso considerar que o ensino de Física, quando orientado por uma aprendizagem significativa crítica, deve superar a ideia de neutralidade do conhecimento. Isso significa reconhecer que os conteúdos ensinados não são apenas ferramentas técnicas ou verdades absolutas, mas também expressam formas de ver o mundo e de interagir com ele. A TASC propõe que o ensino de Física incorpore questões contemporâneas como a crise climática, as desigualdades no acesso à tecnologia, o uso da ciência na indústria bélica e a relação entre ciência e poder.

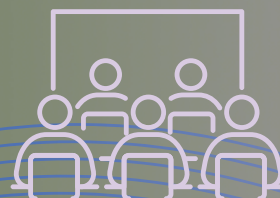
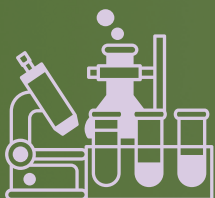
Dessa forma, a aprendizagem deixa de ser apenas significativa no sentido cognitivo e passa a ser também significativa no plano existencial e social e a teoria da aprendizagem significativa crítica, ao enfatizar o papel da percepção, da funcionalidade e do contexto sociocultural na aprendizagem, se apresenta como uma resposta coerente aos desafios elencados por Moreira (2021). Trata-se de uma proposta que reconhece a complexidade do ensino de Física e convida os educadores a uma prática mais dialógica, contextualizada e transformadora.



## ENTRE SABERES, DISCURSOS E PRÁTICAS INVESTIGATIVAS

Tais caminhos foram traçados com base em um olhar investigativo sobre os processos de ensino e aprendizagem em Física, particularmente na temática da Estática do Corpo Rígido, considerando a relevância de práticas pedagógicas que promovam sentido e significância aos estudantes do Ensino Médio.

Neste cenário, destaca-se o aporte da pesquisa translacional, compreendida como uma metodologia que visa transformar saberes científicos em ações concretas e vice-versa, fazendo um movimento **Do Laboratório para a Sala de Aula**, essa abordagem orientou a estruturação da **Sequência Didática Interativa** adotada neste trabalho, favorecendo o diálogo entre os fundamentos da Física e as práticas de sala de aula.





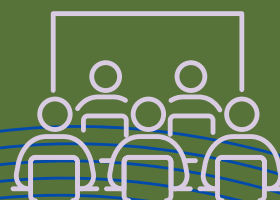
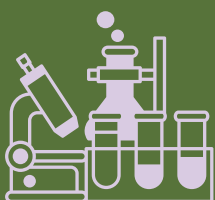
# Do Laboratório para a Sala de Aula

A pesquisa translacional surgiu no campo da saúde, com o objetivo de encurtar a distância entre os avanços científicos e sua aplicação prática em benefício da sociedade. Com o tempo, esse conceito foi sendo ampliado e passou a ser incorporado também na educação, ganhando força como uma proposta de articulação entre o saber acadêmico e a realidade das salas de aula.

Na perspectiva educacional, a pesquisa translacional busca transformar o professor em sujeito ativo da produção do conhecimento, não apenas um executor de teorias prontas. Ela promove um movimento de ida e volta entre a teoria e a prática: os conhecimentos científicos embasam as ações pedagógicas e, ao mesmo tempo, as vivências escolares retornam como elementos para ressignificar e aprimorar a teoria (Colombo et al., 2019; Leal e Araújo, 2024).

Esse processo dialógico fortalece a construção de metodologias e produtos educacionais mais conectados com a realidade dos alunos, como a Sequência Didática Interativa (SDI) proposta neste trabalho. Ao adotar essa abordagem, o professor se torna pesquisador de sua própria prática, desenvolvendo ações mais críticas, criativas e transformadoras, em consonância com os princípios da aprendizagem significativa.

Nesse contexto, a pesquisa translacional se mostra como uma estratégia relevante, justamente por buscar traduzir o conhecimento produzido em contextos acadêmicos para situações concretas de ensino, respeitando as especificidades do ambiente escolar. A valorização do professor como sujeito ativo e reflexivo, que pesquisa e transforma sua própria prática, também aparece como um ponto de convergência entre o pensamento de Moreira (2010) e os princípios da pesquisa translacional (Colombo et al., 2019). Dessa forma, as potencialidades dessa abordagem ganham força ao dialogar com uma proposta de ensino que se fundamenta na crítica, na mediação significativa e na transformação social.



# Sequência Didática Interativa: Do Papel à Ação

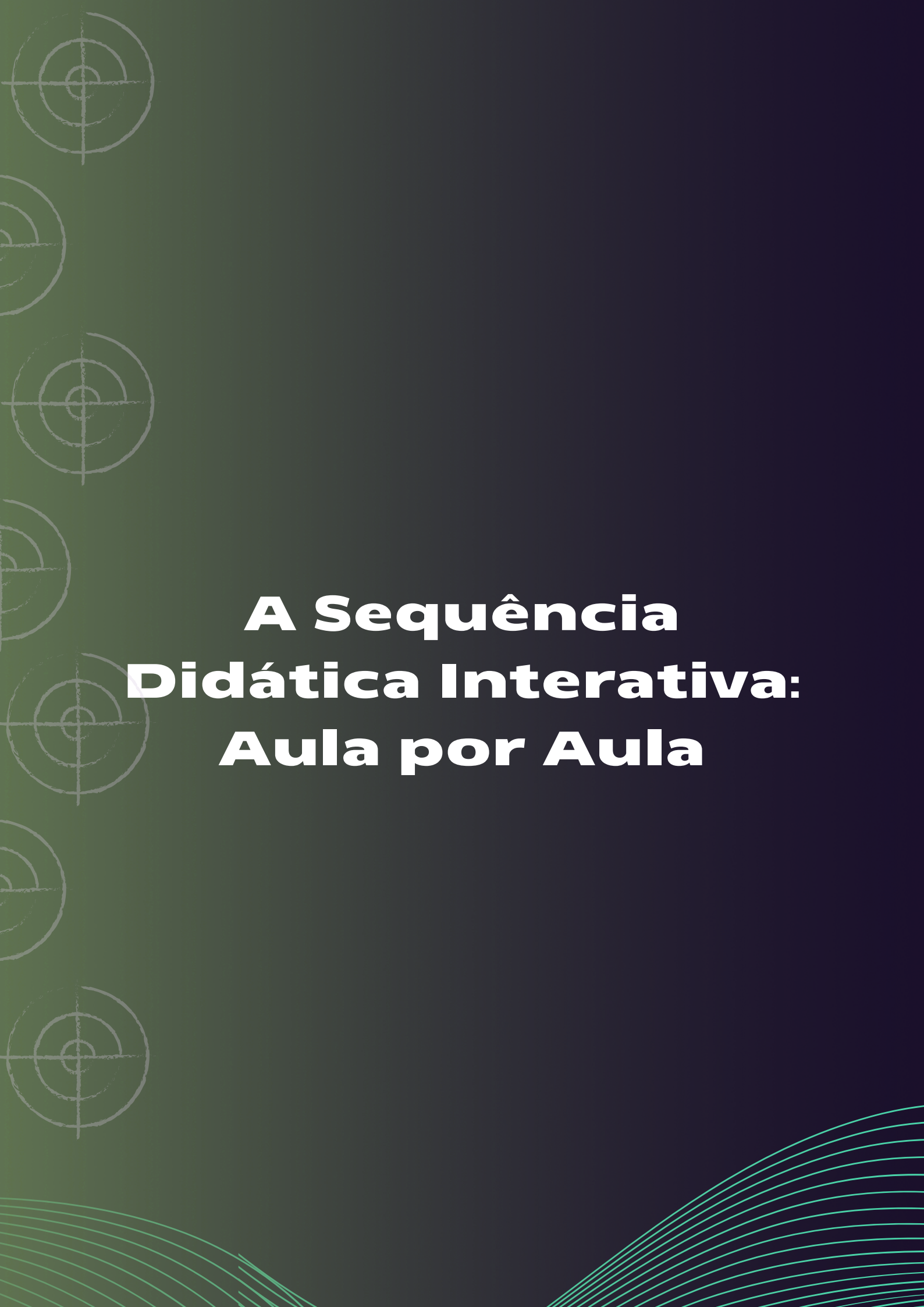
O conceito de sequência didática (SD) surgiu na década de 1980, na França, como uma tentativa de integrar conteúdos fragmentados. No Brasil, ganhou força a partir dos Parâmetros Curriculares Nacionais nos anos 1990. Zabala (1998) define a SD como um conjunto estruturado de atividades pedagógicas com objetivos definidos, organizadas de forma progressiva e lógica. Essa organização favorece o encadeamento dos conteúdos, facilitando a compreensão dos alunos.

Autores como Ugalde e Roweder (2020) reforçam que a SD deve articular conteúdos e objetivos de forma clara, promovendo uma progressão coerente que valorize a mediação docente. Assim, temas complexos podem ser abordados com base em conhecimentos prévios, permitindo um avanço gradual e significativo.

Nas últimas décadas, essa concepção foi ampliada com a inserção de práticas mais participativas, resultando na proposta da Sequência Didática Interativa (SDI). Essa abordagem incorpora elementos do construtivismo e do diálogo, promovendo a participação ativa do estudante na construção do conhecimento. A SDI parte da escuta das hipóteses e dúvidas dos alunos, fomentando investigações e reflexões em sala de aula. O professor deixa de ser apenas aplicador e passa a atuar como mediador crítico, capaz de adaptar o percurso pedagógico conforme as interações se desenvolvem.

A SDI se articula diretamente à TASC, ao reconhecer que o conhecimento não é neutro nem isolado, mas atravessado por aspectos sociais, culturais e políticos. Como destaca Moreira (2011), a aprendizagem só se torna crítica quando os alunos são estimulados a interpretar, questionar e ressignificar os saberes à luz de sua realidade. Nesse sentido, a SDI oferece um caminho para um ensino de Física que vá além da memorização, promovendo aprendizagens com sentido, diálogo e criticidade.

Com base nesses princípios, foi elaborada uma proposta de intervenção composta por aulas encadeadas que priorizam a problematização, a experimentação e o diálogo com os conhecimentos prévios dos estudantes.

The background is a dark blue gradient. On the left side, there are several sets of concentric circles in a light green color, some with crosshairs. At the bottom, there are wavy, curved lines in a light green color.

# **A Sequência Didática Interativa: Aula por Aula**



# A Sequência Didática Interativa: Aula por Aula

Quadro 01: Descrição da SDI.

| Nº da Aula | OBJETIVO ESPECÍFICO                                                                                                   | ATIVIDADES DESENVOLVIDAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 01         | Verificar os conhecimentos prévios. Introduzir os conceitos básicos: ponto material, corpo extenso e centro de massa. | Balanço Inicial: Explorando o Ponto de Partida. Aplicação do pré-teste para buscar os conhecimentos prévios dos alunos (Ausubel, 2003). Foram respondidos questionários de modo individual utilizando a plataforma Quizizz com perguntas subjetivas afim de construir os subsunçores da turma para nortear os próximos encontros. |
| 02         | Aprofundar os conceitos de estática, tratando sobre equilíbrio. Aplicar os conceitos na prática                       | Caça ao Centro de Massa. Sensibilização sobre a temática, contextualizando a partir dos subsunçores observados no pré-teste. Em seguida foi iniciado os conceitos de forma cientificamente estruturada e logo colocado a teoria em prática com as experiências descritas posteriormente no figura 08.                             |

Fonte: Elaboração própria, 2025.

# A Sequência Didática Interativa: Aula por Aula

Quadro 01: Descrição da SDI.

| Nº da Aula | OBJETIVO ESPECÍFICO                                                                                                                                                                                          | ATIVIDADES DESENVOLVIDAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 03         | Introduzir novos conceitos a partir do resgate de vivências                                                                                                                                                  | Controle Corporal e Torque: A Física do Cotidiano. Aproveitando alguns conceitos da aula anterior, o momento foi iniciado falando sobre a aplicação do centro de massa nas práticas esportivas e no decorrer da aula, foi continuada a aula expositiva para ensinar os conceitos formais sobre torque.                                                                                                                                                                                                                   |
| 04         | Aplicar os conceitos vistos na aula anterior em uma simulação. Utilizar da simulação para livremente experienciar o que acontece em situações de gangorra. Exercitar os conceitos vistos através de um jogo. | Missão Equilíbrio 1. Foram resgatados alguns conceitos para criar uma ancoragem entre o assunto visto mediante esta SD e anteriores ao tema, afim de embasar as práticas seguintes. Através da simulação Balancing Act, na plataforma Phet Colorado, os alunos puderam experimentar em dois ambientes com níveis de profundidade de conhecimentos diferentes, os conceitos vistos. Ainda na mesma plataforma, eles utilizaram de um jogo para verificar seus conhecimentos, discutindo em equipe as tomadas de decisões. |

Fonte: Elaboração própria, 2025.



# A Sequência Didática Interativa: Aula por Aula

Quadro 01: Descrição da SDI.

| Nº da Aula | Nº DE ALUNOS | OBJETIVO ESPECÍFICO                                                                                                                                                                                                          | ATIVIDADES DESENVOLVIDAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 05         | 16           | Exercitar os conceitos vistos através de um jogo simulado.<br>Verificar as respostas às perguntas relacionadas ao jogo.<br>Construir afirmações acerca de estática do corpo rígido para compor o jogo Física: fato ou farsa. | Missão Equilíbrio 2 e Fatos e Farsas na Visão dos Alunos. Neste encontro os alunos fizeram a execução do segundo jogo de equilíbrio e colocaram suas respostas e reflexões a cerca das perguntas dos jogos das duas simulações. No momento de fazer as afirmações, os alunos foram provocados a rever e refletir sobre os conceitos vistos afim de criar afirmações verdadeiras e falsas sobre o tema para compor o jogo.                                                                           |
| 06         | 19           | Apresentar o jogo criado a partir das afirmações criadas pelos alunos.<br>Observar junto com eles os resultados gerais da turma.<br>Aplicar o pós-teste para verificar os conceitos apreendidos por eles durante a pesquisa. | Física: Fato ou Farsa e Balanço Final. Aplicação do jogo de afirmações criadas por eles, discussão dos resultados obtidos, tratando as afirmações feitas, conectando aos conceitos e explicando o porquê de algumas das afirmações serem uma farsa, no intuito de conectar possíveis aspectos dos conceitos que não estavam consolidados. Captura das reflexões e respostas acerca de estática do corpo rígido, através dos pós-teste com perguntas similares e mais estruturadas que no pré-teste. |

# Plano de Aula



**Duração:** 50 min

**Tema:** Estática do corpo rígido - diagnóstico inicial

## **Objetivo**

Verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre Estática do Corpo Rígido, utilizando um questionário gamificado com questões objetivas e subjetivas como ponto de partida para a construção de subsunçores (Ausubel, 2003).

## **Recursos Didáticos**

- Pré-teste impresso ou digital;
- Plataforma Quizizz (pré-teste digital);
- Computadores ou celulares com acesso à internet (pré-teste digital).

## **Etapas da Aula**

### Acolhida / Contextualização

- Abertura da aula com um momento de sensibilização: apresentação da proposta da pesquisa e breve introdução do tema que será aprofundado nas próximas aulas.

### Desenvolvimento

- Aplicação de um questionário gamificado na plataforma Quizizz, nomeado como "Balanço Inicial"

## **Avaliação**

Análise das respostas subjetivas e objetivas como ferramenta diagnóstica para levantamento de conceitos prévios

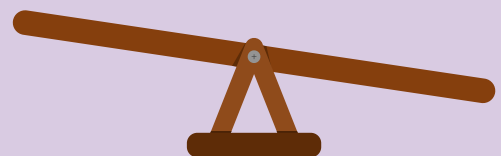
# AULA 01 - BALANÇO INICIAL: EXPLORANDO O PONTO DE PARTIDA

O objetivo desta aula foi verificar os conhecimentos prévios que os alunos têm sobre Estática do Corpo Rígido, utilizando um questionário gamificado na plataforma Quizizz com questões objetivas e subjetivas para construir os subsunçores da turma (Ausubel, 2003).

Inicialmente foi feita uma sensibilização, cerca de 10 min, abrindo um diálogo sobre a presente pesquisa e uma breve introdução do que aconteceriam nas aulas subsequentes. Neste momento foi comentando também situações do cotidiano que eles pudessem ter experienciado tais fenômenos tema da pesquisa, sem qualquer aprofundamento de conceitos.

Em seguida foi compartilhado o link do questionário gamificado na plataforma Quizizz que continham questões subjetivas, que objetivavam capturar conceitos prévios, com sua própria linguagem e forma de falar. Devido a problemas de conexões na escola, a estimativa de tempo de resposta dos aluno foi superior ao planejado, que era o tempo máximo de 20 a 25 minutos, durou cerca de 35 minutos, não restando tempo para seguir com o planejamento de conceitos iniciais.

Todas as perguntas estão descritas no quadro 02 a seguir:



# AULA 01 - BALANÇO INICIAL: EXPLORANDO O PONTO DE PARTIDA

Quadro 02: Perguntas do pré-teste para captura dos conhecimentos prévios.

## PRÉ-TESTE : BALANÇO INICIAL

1.

O que você entende por "equilíbrio" no contexto da vida cotidiana? Dê um exemplo.

2.

Você já ouviu falar no termo "centro de massa"? Se sim, como você o descreveria com suas próprias palavras?

3.

Quando você anda de bicicleta ou fica em pé sobre um pé só, o que faz para manter o equilíbrio?

4.

Pense em um brinquedo que balance, como uma gangorra ou um boneco que sempre volta à posição inicial. Por que ele não cai completamente?

5.

O que acontece se você tentar empurrar a porta perto da dobradiça?

Fonte: Elaboração própria, 2025.





# Plano de Aula

## Caça ao Centro de Massa



**Duração:** 50 min

**Tema:** Centro de massa

### **Objetivo**

Introduzir os conceitos científicos de ponto material, corpo extenso e centro de massa, a partir dos conhecimentos prévios observados no pré-teste. Explorar o equilíbrio do ponto material, distinguindo entre equilíbrio dinâmico e estático, bem como entre equilíbrio estável, instável e indiferente. Realizar práticas experimentais e corporais para vivenciar os conceitos teóricos, aliando teoria e prática.

### **Recursos Didáticos**

- Objetos simples: régua, cabo de vassoura, faca sem corte, fita ou bastão;
- Cadeiras;
- Quadro ou slides com esquemas teóricos.

### **Etapas da Aula**

#### Acolhida / Contextualização

- Relembre brevemente a atividade anterior (pré-teste "Balanço Inicial") e explique que, a partir das respostas dos alunos, será construída a base teórica da aula;
- Estimule a curiosidade com perguntas como: "Você já tentou equilibrar uma régua na mão? Por que algumas posições são mais fáceis de equilibrar do que outras?"

#### Desenvolvimento

- Aula expositiva dialogada com introdução aos conceitos de ponto material, corpo extenso e centro de massa.
- Em seguida, explicação sobre o equilíbrio de corpos, destacando os tipos: equilíbrio estático, dinâmico, estável, instável e indiferente.

### **Avaliação**

- Participação ativa nas discussões e práticas
- Observações qualitativas durante a execução das práticas

## Aula 02 - Caça ao Centro de Massa



O primeiro objetivo desta etapa foi introduzir os conceitos científicos a partir do que foi observado no pré-teste, estruturando a partir da ancoragem dos conhecimentos, iniciando pela ideia de ponto material, corpo extenso e centro de massa com uma aula expositiva dos conceitos. Em seguida foi dada continuidade tratando sobre equilíbrio do ponto material, diferenciando equilíbrio dinâmico de estático e tratando de equilíbrio estável, instável e indiferente.

O segundo momento da aula foi praticar os conceitos vistos em sala, utilizando de materiais de baixo custo e o próprio corpo fazendo as seguintes práticas descritas na figura abaixo:

Figura 8: Proposta de práticas de Estática do Corpo Rígido

**PRÁTICAS SIMPLES DE ESTÁTICA DO CORPO RÍGIDO**

**CAÇA AO CENTRO DE MASSA**  
Equilibrar objetos no dedo como régua, caneta, cabo de vassoura, ou qualquer objeto alongado.

**SALTANDO COM A FÍSICA**  
Saltar em 3 posições verticalmente: braços pra baixo, braços abertos e braço para o alto.

**OS LIMITES DO EQUILÍBRIO**  
Tentar tocar os pés inclinando o corpo para a frente afastado da parede e com o quadro e pés encostados na parede.

Fonte: Elaboração própria, 2025.



## Aula 02 - Caça ao Centro de Massa



Tais práticas na figura 8 consistem em provocar os alunos a aliar teoria-prática na hora de executar o que está fazendo. A partir da experiência mais simples, Caça ao Centro de Massa, os alunos puderam experienciar como é tentar equilibrar alguns objetos, os escolhidos foram um cabo de vassoura, uma régua e um objeto encontrado no kit de laboratório da escola e um marcador de texto maior do que os convencionais

Figura 9: Aluno praticando encontrar o centro de massa com o material do laboratório



Fonte: Arquivo própria, 2025.

## Aula 02 - Caça ao Centro de Massa



A segunda prática da figura 8 foi Saltando Com a Física, está atividade foi inspirada em movimentos circenses e de jogos observados e desenvolvidos de autoria própria. A prática trata de colocar dois alunos sobre duas cadeiras com um bastão, ou fita, para marcar a altura de um salto; um terceiro aluno fica no chão a frente dos demais e salta em três posturas diferentes. Primeira postura foi um salto um pouco mais livre, mas com os braços verticalmente para baixo; observa-se a altura que o aluno conseguiu saltar. Segunda postura, o aluno abriu os braços fazendo um desenho horizontal com eles e saltou, também foi observado sua altura do salto. Terceira e última postura o aluno posicionou os braços verticalmente para cima para saltar e foi observado também a altura que ele conseguiu saltar.

Figura 10: Aluno praticando o salto vertical com os braços abertos.



Fonte: Arquivo própria, 2025.

# Aula 02 - Caça ao Centro de Massa

Figura 11: Aluno praticando o salto vertical com os braços para cima.



Fonte: Arquivo própria, 2025.

A terceira prática escolhida, descrita no quadro 03, foram Os Limites do Equilíbrio. Esta prática consiste em observar o comportamento do centro de massa mediante a região de contato dos pés com o chão. Este momento se inicia com uma explicação relacionada a região de contato, onde a professora mostrou posições básicas de pé com os pés juntos, com os pés afastados na linha do quadril e depois afastando mais ainda. Foi mencionado posturas de lutas, algumas artes marciais que posições base de luta, onde o lutador não está atacando e nem defendendo, ele está apenas mantendo para tomar as próximas atitudes.

Figura 12: Alunos experimentando o limite do equilíbrio e do tombamento.



Fonte: Arquivo própria, 2025.



# Plano de Aula

## Controle corporal e Torque: a Física do Cotidiano

**Duração:** 50 min

**Tema:**

Torque



### Objetivo

Retomar os conceitos de centro de massa e equilíbrio a partir das vivências esportivas dos alunos. Estimular reflexões sobre equilíbrio corporal em atividades esportivas como basquete, promovendo a aprendizagem significativa por meio da ancoragem dos conhecimentos prévios. Introduzir o conceito de Momento de uma Força (Torque), relacionando com situações do cotidiano.

### Recursos Didáticos

- Porta da sala de aula;
- Participação corporal dos alunos;
- Quadro ou slides com esquemas teóricos.

### Etapas da Aula

#### Acolhida / Contextualização

- Início com resgate dos principais pontos da aula anterior por meio de perguntas reflexivas sobre as práticas realizadas.

#### Desenvolvimento

- Apresentação do conceito de Momento de uma Força (Torque);
- Exercícios mentais e visuais com exemplos progressivos;
- Ênfase na construção do significado a partir de experiências já vividas ou compartilhadas pelos alunos.

### Avaliação

- Participação ativa nas discussões e demonstrações práticas. Observação qualitativa da apropriação da linguagem científica ao final da aula

## Aula 03: Controle corporal e Torque: a Física do Cotidiano



A aula teve início com o resgate dos principais pontos abordados na aula anterior, buscando retomar conceitos por meio das vivências e de exercícios mentais relacionados a situações do cotidiano. Ao final da aula anterior, um aluno comentou que ele fazia alguns treinos no basquete que utilizava dos conceitos que estavam sendo exposto, logo, com base nas experiências relatadas por eles, a abordagem voltou-se para o contexto esportivo, considerando o perfil da turma, composta majoritariamente por estudantes bastante ativos em práticas esportivas, onde um aluno voluntariamente expos em nome dos demais o seguinte exercício.

Figura 13: Demonstração pró-ativa do aluno quanto aos movimentos do basquete com o CM.



Fonte: Arquivo própria, 2025.

A figura 13 é uma demonstração que o aluno fez referente a um de seus exercícios no basquete, no qual consiste em estar com a bola na mão, equilibrar-se sobre uma perna só, levar a bola até o chão, sem colocar os dois pés no chão e depois levantar, fazendo um movimento típico do basquete em direção a um arremesso ainda se equilibrando em uma perna só; todo este movimento sem cair, sem trocar a perna de base e sem tocar o outro pé no chão.



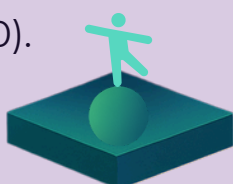
## Aula 03: Controle corporal e Torque: a Física do Cotidiano



A partir desta oportunidade, foram promovidas reflexões sobre os treinos que realizam, destacando como esses momentos exigem o controle do corpo mesmo em situações nas quais o centro de massa se encontra em posições desfavoráveis (Micha e Ferreira, 2013). Alguns deles refletiram e quiseram tentar, mesmo não tendo um viés esportivo, valorizando ainda mais a experiência acima do conteúdo meramente expositivo (Ausubel, 2003; Moreira, 2010).

Na segunda parte da aula, foram introduzidos os conceitos de Momento de uma Força, também conhecido como Torque. A abordagem seguiu a proposta de utilizar exercícios mentais e visuais baseados em situações cotidianas (Geekie one, 2025), estimulando a problematização e a aplicação prática do conteúdo de forma progressiva, indo do nível fácil ao nível mais avançado (Ausubel, 2003). Foi exposto o exemplo clássico da porta, com a da própria sala, aplicando força em pontos distantes da maçaneta e próximo às dobradiças. Algo menos cotidiano deles, mas ainda assim realista, foi exemplificar a dificuldade de girar um objeto no próprio ponto de giro, ao tentar abrir um parafuso sem o uso de uma chave ou um pote de vidro.

De todos o conceito aparentemente mais familiar foi o da porta, pois muitos relataram já ter tentado fechar a porta empurrando próximo a dobradiça e não terem conseguido, o que os proporcionou uma vivência e a construção do significado de que: longe da maçaneta, fica muito mais difícil (Moreira, 2010). Este foi um subsunçor presente no pré-teste onde os alunos demonstraram significados sem a presença de vocabulário ou estruturação das palavras corretamente para explicar, ausência esta que teve a presente aula da SDI (Ugalde e Roweder, 2020) foi construída a fim de dar subsídios aos conhecimentos para ser ancorado da forma correta alinhada a linguagem da Física (Moreira 2010).



# Plano de Aula

## Missão Equilíbrio



**Duração:** 50 min

**Tema:** Vetores, Forças e Simulação de Equilíbrio com Gangorras

### Objetivo

Relembrar os conceitos fundamentais de vetores e forças aplicadas ao equilíbrio de corpos. Aplicar os conceitos de torque e equilíbrio em simulações digitais realistas. Estimular o raciocínio em grupo e a construção coletiva de hipóteses com base em situações-problema. Verificar o processo de aprendizagem por meio de gamificação e registro de resultados em grupo.

### Recursos Didáticos

- Plataforma PhET Colorado: Balancing Act;
- Computadores, celulares ou tablets com acesso à internet;
- Caderno para anotações e discussões em grupo;
- Plataforma Quizizz para envio dos resultados.

### Etapas da Aula

#### Acolhida / Contextualização

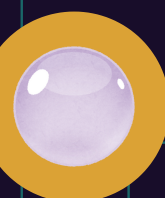
- Retomada dos conceitos de vetores, massa e força, fundamentais para compreender o funcionamento de ferramentas, gangorras e equilíbrios de objetos;
- Breve revisão com exemplos do cotidiano e perguntas instigadoras como: "Por que é mais fácil levantar um objeto pesado com uma alavanca longa?"

#### Desenvolvimento

Plataforma utilizada: PhET Colorado – Balancing Act



**Balancing Act**



# Plano de Aula

## Missão Equilíbrio



**Duração:** 50 min

**Tema:** Vetores, Forças e Simulação de Equilíbrio com Gangorras

### **Etapas da Aula**

Desenvolvimento

Plataforma utilizada: PhET Colorado – Balancing Act

Etapa 1 – Intro e Balance Lab:

- Os alunos exploraram livremente os dois modos iniciais da simulação, testando diferentes massas, posições e observando o comportamento da gangorra.

Etapa 2 – Game (Fig. 4.2):

- Em grupos de 3 a 4 alunos, jogaram o modo game, com desafios sequenciais e pontuação;
- Cada grupo discutiu as decisões de posicionamento, registrou as hipóteses e tirou prints da pontuação. Um integrante ficou responsável por anotar e explicar cada escolha feita;
- Observação: Devido ao tempo, o envio das respostas no Quizizz foi deixado para a aula seguinte.

### **Atividade de Consolidação**

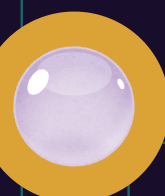
- Cada grupo acessará o Quizizz e enviará suas respostas com justificativas e os prints tirados durante o jogo;
- Essa devolutiva serve como instrumento diagnóstico no meio da sequência didática, permitindo observar se houve consolidação ou reestruturação dos subsunçores (Ausubel, 2003).

### **Avaliação**

Participação ativa na simulação e nos debates em grupo. Qualidade das justificativas registradas nas respostas do Quizizz. Clareza conceitual demonstrada nas decisões e nos prints de pontuação. Capacidade de aplicar os conceitos físicos a situações virtuais e cotidianas



**Balancing Act**





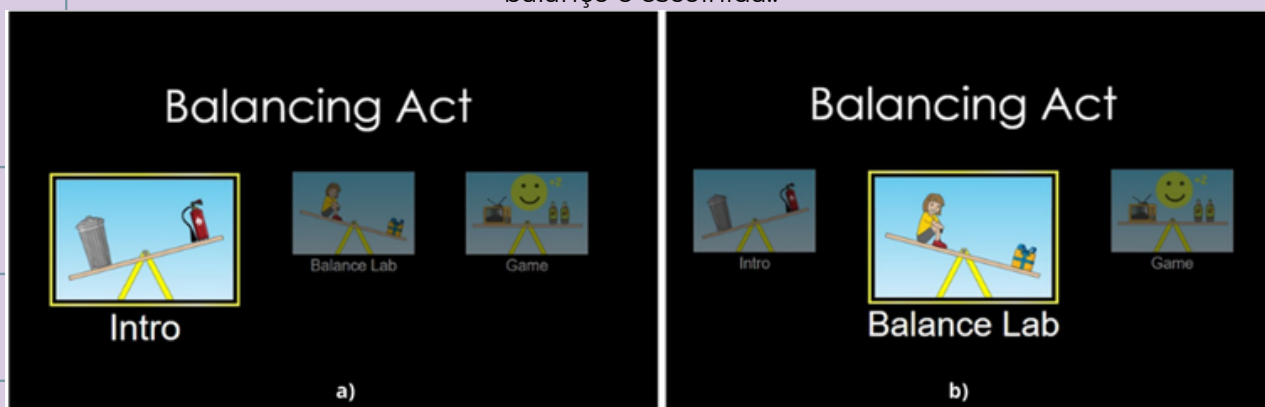
## Aula 04: Missão Equilíbrio 1



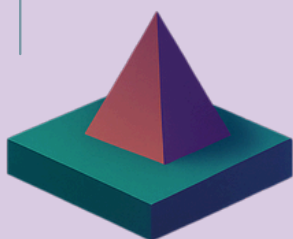
Resgatando conceitos de forças e vetores, esta aula teve como objetivo aplicar os conceitos vistos na aula anterior em uma simulação. Inicialmente os alunos foram guiados a relembrar os conceitos de vetores, assunto este do início do 1º ano do Ensino Médio, no qual é fundamental para entender a dinâmica de fenômenos como gangorra e ferramentas.

Em continuidade, o uso da plataforma PhET Colorado foi fundamental para os alunos pois proporcionou dois momentos distintos. A simulação Balancing Act esta disponível no link no final desta página, de uso dentro da temática: intro e balance act são acessos de simulações de situações cotidianas apenas para treinar os conceitos. A terceira atividade é a game que é uma atividade gamificada similar às duas primeiras, porém com pontuação, a sequência de fases dos jogos é a mesma, só muda alguns detalhes como troca o humano por uma lata de lixo, ou um extintor por uma TV.

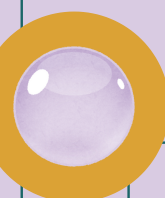
Figura 14: Painel de entrada da atividade Balancing Act da plataforma Phet Colorado. a) Quando a opção de atividade introdutória é escolhida. b) Quando a opção de laboratório de balanço é escolhida..



Fonte: Adaptação própria a partir do painel da prática Balancing Act PhET Interactive Simulations. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_all.html).



**Balancing Act**

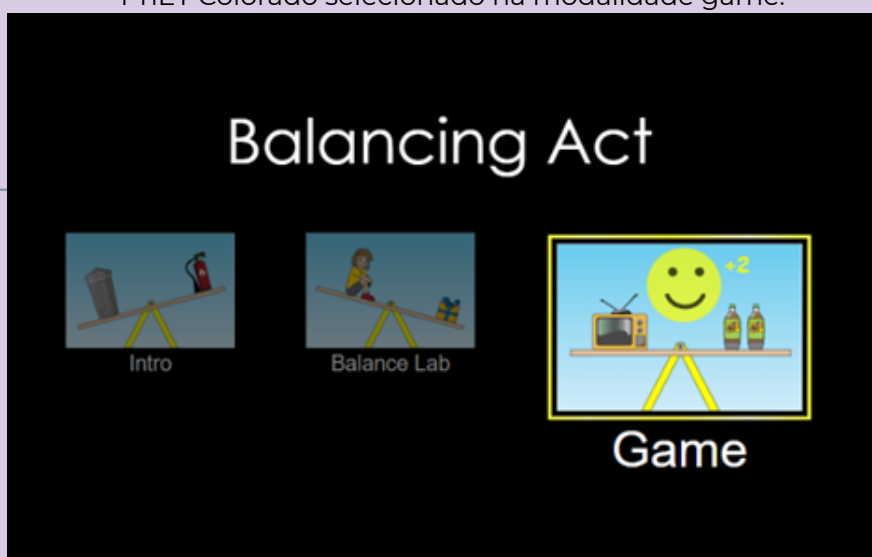


## Aula 04: Missão Equilíbrio 1

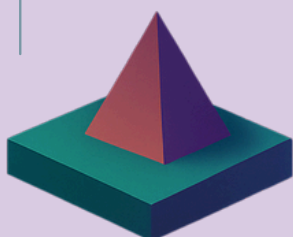


No primeiro os alunos utilizaram as atividades expostas na figura 14: intro e balance lab e com elas puderam experienciar o balanço de uma gangorra para entender a relação da distância do ponto de apoio, a massa colocada e como alcançar uma situação de equilíbrio, também puderam identificar o que irá acontecer com a gangorra de acordo com cada situação proposta. Na atividade introdutória da figura 14a) os alunos tiveram apenas uma gangorra e alguns objetos pesados; já na de laboratório de balanço na figura 14b) eles tinham mais massas definidas e corpos surpresas para explorar.

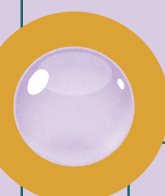
Figura 15: Painel de entrada da atividade Balancing Act da plataforma PhET Colorado selecionado na modalidade game.



Fonte: Phet Interactive Simulations. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_all.html).



**Balancing Act**

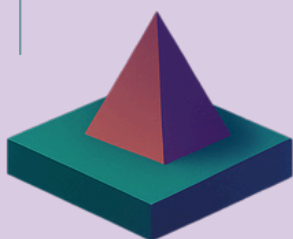


## Aula 04: Missão Equilíbrio 1

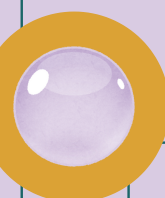


Por fim, os alunos utilizaram a simulação de Game como na figura 15, formaram grupos entre 3 a 4 alunos e utilizando o próprio PhET Colorado, os alunos jogaram um com práticas rápidas de equilibrar a gangorra para verificar que nível de domínio eles estão desses conceitos. Na dinâmica, todos os grupos discutiram entre os integrantes: o que fazer e o que ia acontecer diante da decisão, de acordo com o questionamento da fase do jogo, um integrante ficou responsável por anotar o resultado da discussão do grupo e a cada etapa eles tiraram print da pontuação e explicaram brevemente o porquê de suas escolhas de resposta.

Esta atividade consistiu em um teste para verificar como estava o processo de aprendizagem tendo em vista que este conteúdo se localizou no meio da Sequência Didática Interativa. As perguntas referentes a este teste foram colocadas novamente na plataforma Quizizz, onde um aluno responsável por grupo enviou os prints das respectivas pontuações e digitou a resposta do grupo para a pergunta. Devido ao tempo, o jogo foi iniciado, eles tomaram nota e somente na aula seguinte enviaram as respostas no questionário.



**Balancing Act**



# Plano de Aula

## Missão Equilíbrio



**Duração:** 50 min

**Tema:** Simulação de Equilíbrio com Gangorras.

### Objetivo

Consolidar o aprendizado sobre Estática do Corpo Rígido por meio da Missão Equilíbrio 2. Verificar se houve aprendizagem significativa e transformação dos subsunçores com base em respostas justificadas. Promover o uso da linguagem científica e a autoria dos alunos na elaboração de afirmações corretas e incorretas no jogo Física: Fato ou Farsa.

### Recursos Didáticos

- Plataforma PhET Colorado (simulação de equilíbrio);
- Plataforma Quizizz para coleta e análise das respostas;
- Livro didático dos alunos;
- Acesso à internet (laboratório de informática, celulares ou sala multimídia).

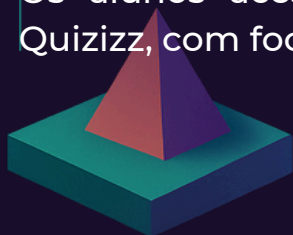
### Etapas da Aula

#### Acolhida / Contextualização

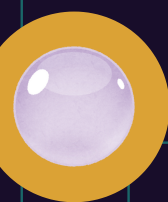
- Abertura com retomada das respostas do questionário da Missão Equilíbrio 1, realizadas na aula anterior e da Missão Equilíbrio 2 desta aula

#### Desenvolvimento

- Aplicação da simulação do jogo disponível na plataforma PhET Colorado, utilizando os níveis 1 e 2 do jogo interativo;
- Os alunos acessaram a simulação e responderam questões via Quizizz, com foco em justificar as escolhas feitas durante o jogo;



**Balancing Act**



# Plano de Aula

## Missão Equilíbrio



**Duração:** 50 min

**Tema:** Simulação de Equilíbrio com Gangorras.

### ***Etapas da Aula***

#### Desenvolvimento

- A atividade foi estruturada para observar indícios de aprendizagem significativa (Ausubel, 2003) e se houve reestruturação de conceitos anteriores.

#### Prática Autoral – Física: Fato ou Farsa

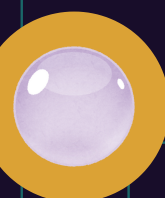
- Em grupos, os alunos criaram afirmações relacionadas ao conteúdo da sequência didática;
- Cada grupo elaborou afirmações que deveriam ser propositalmente verdadeiras (Fato) ou falsas (Farsa), utilizando como apoio seus livros e fontes externas confiáveis;
- As afirmações falsas deveriam ser corrigidas com justificativas conceituais, fortalecendo a consolidação do conteúdo e o uso da linguagem científica.

### ***Avaliação***

Participação nas simulações e nos questionários com justificativas. Capacidade de argumentação científica ao justificar e corrigir afirmações incorretas



**Balancing Act**



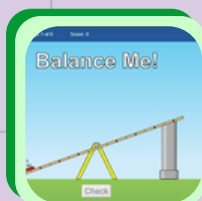
## Aula 05: Missão Equilíbrio 2



O objetivo desta aula consistiu em dar continuidade da Missão Equilíbrio e construir as afirmações acerca de estática do corpo rígido para compor o jogo de verdades e mentiras deles. Devido ao tempo os alunos só conseguiram fazer uma fase do jogo e tomar nota, logo metade desta aula foi composta por colocar as respostas na plataforma Quizizz mediante as perguntas da aula anterior e fazer a Missão Equilíbrio 2, postando também as suas respostas do questionário.

Segue no quadro 03 as perguntas e as imagens para auxiliar a eles saberem a que se refere a questão do Missão Equilíbrio 1.

Quadro 03: Questionário do teste intermediário da SDI, perguntas e imagens norteadora para os alunos enviarem suas respostas da Missão Equilíbrio 1.



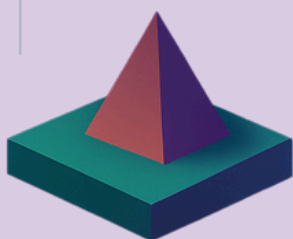
1. Onde posicionar o peso de 5 kg para que fique em equilíbrio? Justifique sua resposta.



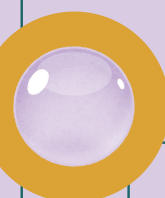
2. O que vai acontecer? Justifique sua resposta.



3. Onde o peso pode ser colocado para que a gangorra fique em equilíbrio? Por que neste local acontece o equilíbrio?



**Balancing Act**



# Aula 05: Missão Equilíbrio 2



4. Qual a massa do corpo? Como você chegou nesta conclusão?



5. O que vai acontecer? Justifique sua resposta.

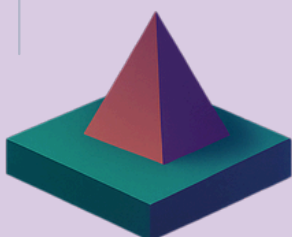


6. Qual a massa do corpo? Como chegou a esta conclusão?

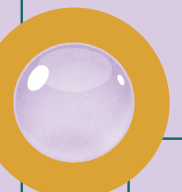
Fonte: Elaboração própria, 2025.

O quadro 04 tem como intuito mostrar todas as perguntas que foram colocadas na Missão Equilíbrio 1, como é possível ver através das imagens o site pode estar em inglês, logo todas as perguntas tiveram como intuito traduzir o sentido do que estava sendo questionado. Todas, com exceção da questão 7, foram solicitadas justificativas subjetivas para verificação se houve uma aprendizagem significativa (Ausubel, 2003) e se foi possível observar algum aspecto da aprendizagem significativa crítica (Moreira, 2010).

Segue abaixo no quadro 04 as perguntas e imagem do Missão Equilíbrio 2:



**Balancing Act**



# Aula 05: Missão Equilíbrio 2



Quadro 04: Questionário do teste intermediário da SDI, perguntas e imagens norteadora para os alunos enviarem suas respostas da Missão Equilíbrio 2.



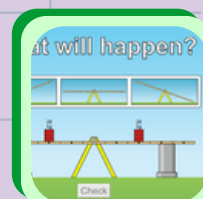
1. O que vai acontecer? Justifique sua resposta.



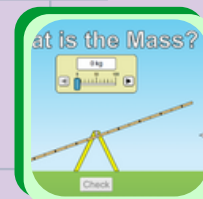
2. Onde colocar o peso para equilibrar? Justifique sua resposta.



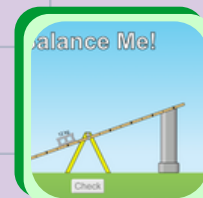
3. Qual a massa? Como você chegou a esta conclusão?



4. O que vai acontecer? Justifique sua resposta.

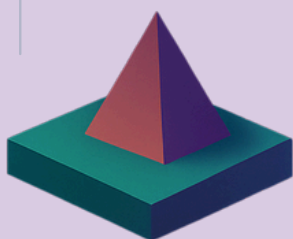


5. Qual a massa? Como você chegou a esta conclusão?

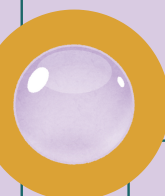


6. Onde posicionar o corpo para equilibrar a balança? Justifique sua resposta.

Fonte: Elaboração própria, 2025



**Balancing Act**





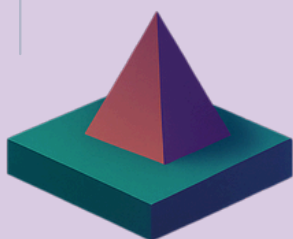
## Aula 05: Missão Equilíbrio 2



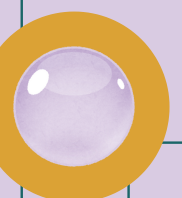
A missão equilíbrio 2 contida no quadro 05 trouxe algumas situações um pouco mais complexas, o game da plataforma PhET Colorado traz quatro níveis diferente para os alunos se divertirem, pelos alunos eles fariam todos, porém devido ao tempo os níveis 1 e 2 escolhidos foram suficientes para a presente pesquisa. Continuando com a captura de dados através do Quizizz e justificativas de respostas afim de coletar novos dados, para observar se os subsunçores se modificaram no processo e se houve a ancoragem de novos conceitos (Ausubel, 2003).

Neste segundo momento desta aula foi destinado a provocar os alunos a escrever algo de autoria própria acerca dos conceitos vistos. O jogo Física: Fato ou Farsa, consiste em um jogo simples de verdadeiro, chamado aqui de fato, ou falso, nomeado aqui como farsa. O jogo pode ser simples, mas a sua construção pôde proporcionar a verificação do nível de aprendizagem do aluno.

Os alunos foram instigados a montar afirmações acerca do conteúdo onde está sua afirmação teve que ser conscientemente um fato ou uma farsa. Em grupos eles enviaram afirmações proporcionais a quantidade de membros do grupo, eles puderam neste momento utilizar de recurso didático, o livro deles, e também de pesquisa externa para poder dar um suporte teórico para eles pois além das afirmações, eles deveriam corrigir as afirmações falsas que eles enviaram.



**Balancing Act**



# Plano de Aula



**Duração:** 50 min

**Tema:**

Revisão lúdica e pós teste

## **Objetivo**

Revisar os principais conceitos da sequência didática por meio do jogo Física: Fato ou Farsa, construído com base nas afirmações dos próprios alunos. Promover a reflexão e a argumentação científica ao permitir que os autores expliquem as afirmações e suas correções. Aplicar o pós-teste como instrumento de verificação da aprendizagem significativa e reestruturação conceitual.

## **Recursos Didáticos**

- Pós-teste impresso ou digital
- Plataforma Quizizz (pós-teste digital)
- Computadores ou celulares com acesso à internet (pós-teste digital)
- Data-show

## **Etapas da Aula**

### Acolhida / Contextualização

- Introdução ao jogo Física: Fato ou Farsa, criado com base nas afirmações feitas pelos próprios alunos na aula anterior;
- Explicação das regras do jogo e do funcionamento da plataforma Quizizz para esta atividade.

### Desenvolvimento

- Os alunos jogaram individualmente pelo Quizizz, interagindo com as afirmações elaboradas por seus colegas;
- As afirmações foram acompanhadas por imagens, algumas elaboradas no Canva pelos alunos, tornando a atividade mais visual e envolvente;

# Plano de Aula



**Duração:** 50 min

**Tema:**

Revisão lúdica e pós teste

## ***Etapas da Aula***

### **Desenvolvimento**

- Após todos finalizarem foi exposto, fazendo de um data show, as quantidades de acertos por questão e quanto cada aluno acertou;
- A cada pergunta, após a resposta, o conceito por trás da afirmação foi explicado pela professora e, quando possível, pelo autor da questão;
- Discussões pontuais foram incentivadas, estimulando a argumentação e a correção de ideias erradas com base em evidências e fundamentos teóricos.

### **Aplicação do Pós-Teste**

- Aplicação do pós-teste com questões baseadas no pré-teste, porém reformuladas com linguagem mais técnica e científica;
- O objetivo foi verificar a consolidação dos subsunçores, identificando o nível de elaboração conceitual alcançado após a sequência didática;
- Os alunos responderam individualmente, com atenção especial à clareza, coerência e uso da linguagem científica nas justificativas.

### **Fechamento**

- Incentivo à autoavaliação: "O que você não sabia no começo e hoje sente que domina melhor?"

## ***Avaliação***

Participação e engajamento no jogo Fato ou Farsa. Capacidade de argumentar e corrigir afirmações com base nos conceitos aprendidos. Qualidade das respostas no pós-teste (clareza conceitual, precisão técnica e uso adequado da linguagem científica)

## Aula 06: Balanço Final

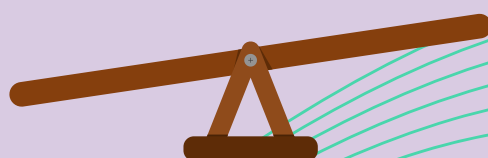
O objetivo desta aula foi apresentar o jogo criado a partir das afirmações deles, os deixando jogar individualmente, observar junto com eles os resultados gerais da turma, expondo pergunta por pergunta e explicando o conceito por trás de cada afirmação, onde o criador da afirmação teve livre momento para explicar para os colegas o erro, ao final desta aula, aplicar o pós-teste.

O jogo Física: Fato ou Farsa também foi colocado na plataforma Quizizz e contou com o engajamento da turma, alguns optaram por apenas enviar as afirmações por escrito o conteúdo, já outros utilizaram da plataforma Canva para fazer a exposição de sua sentença de forma esteticamente mais bonita. A seguir temos algumas imagens utilizadas no jogo.

Figura 16: Capa do jogo criado com a turma.



Fonte: Elaboração própria, 2025.



## Aula 06: Balanço Final

Figura 17: Uma das afirmações do jogo Física – Fato ou Farsa feita por um grupo de alunos. a) Imagem que aparece com a afirmação. b) Imagem que aparece após responder a anterior.

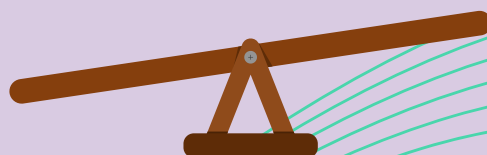


Fonte: Acervo de imagens enviadas pelos alunos, 2025.

A figura 16 foi a capa utilizada para ilustrar o jogo criado com a turma, ele foi utilizado na plataforma Quizizz. A figura 17 é de autoria de um dos grupos alunos e ilustra para o presente trabalho como apareceu no jogo, no lado a) é a imagem inicial que trás a afirmação, após a resposta dos alunos apareceria o lado b) já respondendo para eles qual seria a resposta certa para a pergunta anterior, onde os alunos tiveram o cuidado de colocar logo a explicação do porquê a afirmação feita anteriormente era farsa.

Após a recolha das afirmações, elas foram colocadas na plataforma Quizizz. Eles ficaram muito empolgados e o jogo gerou algumas discussões na sala bem como demonstrações de aprendizagem significativa (Ausubel, 2003) uma vez que, durante a mostra das questões utilizando de um data show, os alunos da turma questionaram porquê era fato ou farsa e os alunos que criaram a afirmação que aparecia na projeção respondiam com fluência diante dos outros.

As afirmações presentes no jogo estão no quadro 05 a seguir:





## Aula 06: Balanço Final

Quadro 05: Afirmações do jogo Física: Fato ou Farsa.

Farsa

Se uma maçã for suspensa por um fio e seu centro de massa estiver deslocado para fora do eixo vertical do fio, ela permanecerá em equilíbrio estático sem girar.

Fato

Em uma balança, de um lado o A02 e A20 e do outro A01 e A15 o lado que pesa mais é do A01 e A15.

Farsa

Se um corpo rígido está em equilíbrio estático, a soma das forças externas aplicadas sobre ele é necessariamente diferente de zero.

Farsa

O centro de gravidade de um corpo rígido sempre coincide com seu centro geométrico.

Fato

Se uma mola for comprimida uniformemente em ambos os lados e o centro de massa do sistema permanecer no mesmo lugar, o sistema continuará em equilíbrio.

Fato

A estabilidade de um corpo em equilíbrio estático depende da posição do centro de gravidade em relação à sua base de apoio.

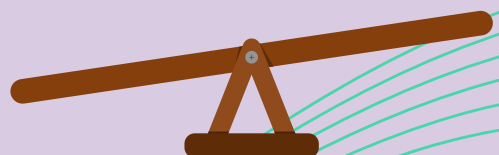
Farsa

O equilíbrio estático de um corpo rígido não depende do ponto de aplicação das forças, desde que a soma das forças e momentos seja menor que 1.

Farsa

O A02 e a professora em uma balança, em lados diferentes, o lado que desce ao chão é o da professora.

Fonte: Elaboração própria, 2025.



## Aula 06: Balanço Final

Por fim, a última etapa da SDI, o pós-teste. Com um intuito agora de verificar a consolidação dos subsunçores observados no pré-teste, o pós-teste trouxe algumas das perguntas iniciais com uma linguagem mais técnica, buscando principalmente que as respostas fossem um pouco mais elaboradas e alinhadas ao conhecimento adquirido através da aplicação da SD.

As perguntas foram reunidas no quadro 06 a seguir:

Quadro 06: Perguntas do Balanço Final – pós-teste.

### PÓS-TESTE : BALANÇO FINAL

1.

O que você entende por Centro de Massa?

2.

Defina com suas palavras: o que é equilíbrio?

3.

Tendo em vista os assuntos estudados, na sua opinião, por que o boneco "João Teimoso" não deita?

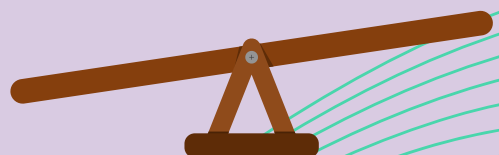
4.

Qual a diferença entre empurrar a porta perto da maçaneta ou longe? Justifique sua resposta.

5.

Por que os corpos da imagem conseguiram alcançar uma situação de equilíbrio na gangorra?

Fonte: Elaboração própria, 2025.

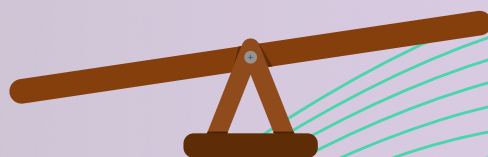


## Aula 06: Balanço Final

o uso de estratégias didáticas investigativas, como a SDI, permitiu aos estudantes não apenas observar fenômenos físicos, mas também questioná-los, explicá-los e representá-los por meio de suas próprias palavras. Essa prática, coerente com os princípios de Moreira (2010), valoriza a linguagem como ferramenta ativa na construção de uma aprendizagem crítica, e o papel do outro, no caso, o professor e os colegas, como facilitador do desenvolvimento conceitual. Assim, as interações em sala de aula e a proposição de desafios contextualizados ampliaram a possibilidade de uma aprendizagem significativa e crítica.

É possível afirmar que mediante os dados capturados na pesquisa a aprendizagem evidenciada nas respostas dos alunos não se limita à memorização de definições, mas envolve um processo de compreensão mais profunda. Essa compreensão foi construída a partir da mobilização de representações mentais, da resignificação de ideias espontâneas e da integração de experiências práticas e discursivas.

Tal processo está em consonância com os pressupostos de Ausubel (2003) e Moreira (2010; 2018 e 2020), que destacam a importância da construção ativa do conhecimento por parte do aluno. Dessa forma, os dados analisados indicam que a proposta didática adotada favoreceu não apenas a apropriação dos conceitos de Estática, mas também o desenvolvimento de competências científicas e cognitivas fundamentais para o aprendizado significativo.





# Ponderações Finais

A presente pesquisa teve como objetivo investigar como a aplicação de uma Sequência Didática Investigativa (SDI), fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, poderia contribuir para a construção de conceitos fundamentais da Estática do Corpo Rígido por estudantes do Ensino Médio. A proposta partiu da constatação de que muitos desses conceitos são abordados de forma excessivamente formal e abstrata nas aulas tradicionais de Física, o que dificulta a aprendizagem dos alunos e o reconhecimento de sua aplicabilidade no cotidiano.

Ao longo da SDI, buscou-se promover situações de aprendizagem em que os alunos pudessem partir de seus conhecimentos prévios e experimentar contextos reais e práticos, nos quais os conceitos físicos emergissem de forma mais concreta e significativa. As atividades foram cuidadosamente planejadas para gerar desequilíbrios cognitivos, suscitar questionamentos e possibilitar intervenções pedagógicas que ajudassem na ancoragem de novos significados. Nesse sentido, a metodologia adotada não se limitou à exposição teórica dos conteúdos, mas buscou envolver os estudantes ativamente na construção do saber científico.

A relevância desta abordagem reside no seu alinhamento com os pressupostos construtivistas da educação, especialmente com a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira (2010), segundo a qual a aprendizagem ocorre quando novos conteúdos se conectam de maneira substantiva e não arbitrária à estrutura cognitiva do aprendiz incorporando fundamentos socioculturais, epistemológicos críticos possibilitando que o aluno seja capaz de articular com o conteúdo de forma autônoma. A proposta da SDI favoreceu esse tipo de conexão ao permitir que os estudantes fizessem relações entre suas experiências cotidianas, as atividades práticas desenvolvidas e os conceitos científicos formalmente apresentados ao longo das aulas.

Do ponto de vista didático, a SDI demonstrou ser uma ferramenta flexível e adaptável à realidade escolar. A integração entre atividades práticas, jogos e momentos de sistematização teórica permitiu que os alunos transitassem entre o senso comum e o conhecimento científico, conforme propõem autores como Moreira (2010) e Ausubel (2003). Os resultados indicam que é possível ensinar conteúdos tradicionalmente considerados abstratos, como torque ou centro de massa, a partir de vivências corporais que facilitam a percepção e a construção do significado físico desses conceitos.

# Ponderações Finais

Como toda pesquisa aplicada em ambiente escolar, este estudo também enfrentou limitações que precisam ser reconhecidas. A principal delas foi o tempo disponível para a implementação da sequência didática, que se restringiu a um número reduzido de aulas, o que pode ter limitado o aprofundamento de alguns conteúdos ou a retomada sistemática de conceitos trabalhados. Além disso, a aplicação ocorreu em uma única turma de segundo ano do ensino médio, o que impossibilita generalizações mais amplas sobre a eficácia da proposta em contextos diversos, com outras realidades pedagógicas ou faixas etárias distintas.

Outro desafio foi a inassiduidade de alguns alunos da turma, o que tornou a amostra reduzida e o nível heterogêneo das turmas, que exigiu um cuidado constante na mediação pedagógica para garantir que todos os estudantes pudessem acompanhar e se engajar nas atividades. O ritmo da sequência precisou ser ajustado para contemplar diferentes níveis de familiaridade com os conteúdos da Física e habilidades de leitura e escrita.

Considerando as possibilidades futuras, o produto educacional pode ser replicado e aprimorado em outras turmas, com diferentes perfis e faixas etárias, contribuindo para pesquisas que investiguem o papel das práticas corporais e lúdicas no ensino de conceitos científicos. Sua estrutura também pode ser adaptada para abordar outros conteúdos da Física, mantendo a ênfase na aprendizagem significativa e crítica. Desse modo, ele se projeta como uma proposta de valor para o campo do Ensino de Física, especialmente no que se refere à formação de estudantes mais reflexivos e engajados.

# Referências

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. Psicologia da educação: uma abordagem cognitiva. Tradução de MLS de Lima. Editora Livraria do Conhecimento, 1980.

AUSUBEL, David. Paul. Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva. 1ª ed. Paralelo Editora, LDA. 2003.

CANVA. Disponível em: <https://www.canva.com/>. Acesso em: 23 maio 2025.

COLOMBO, Irineu Mario; ANJOS, Dirceia Aparecida Silva; ANTUNES, Jovana Ritter. Pesquisa translacional em ensino: uma aproximação. Educação Profissional e Tecnológica em Revista-ISSN 2594-4827, v. 3, n. 1, 2019.

DE PAULO, Iramaia Jorge Cabral. Marco Antônio Moreira: o professor, o investigador, o ser humano. Revista do Professor de Física, v. 2, n. 3, p. 76-79, 2018.

ENBANG,L. Teaching traditional physics in a rapidly changing world. Physics Today, p. 10–11, 2016. Readers Forum.

FARIAS, Gabriela Belmont de. Contributos da aprendizagem significativa de David Ausubel para o desenvolvimento da Competência em Informação. Perspectivas em Ciência da Informação, v. 27, n. 2, p. 58-76, 2022.

HONORATO, Carla Aparecida; DIAS, Kely Krisley Borges; DIAS, Kênia Cristina Borges. Aprendizagem significativa: uma introdução à teoria. Revista Mediação (ISSN 1980-556X), v. 13, n. 1, p. 22-37, 2018.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa crítica. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>. Acesso em: 20 de novembro de 2024.

MOREIRA, Marco Antonio. Desafios no ensino da física. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 43, p. e20200451, 2021.

MOREIRA, Marco Antonio. 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. Currículum, La Laguna, Espanha, 2012.

# Referências

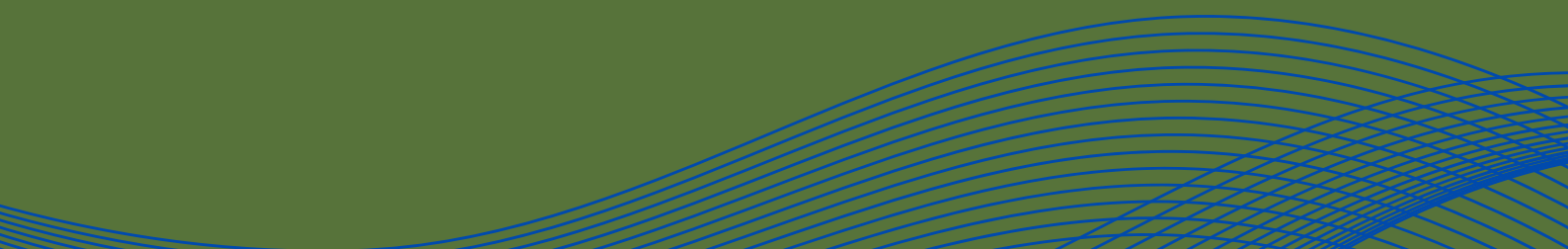
MOREIRA, Marco Antonio. Uma análise crítica do ensino de Física. Estudos avançados, v. 32, n. 94, p. 73-80, 2018.

MOREIRA, Marco Antônio. Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares. Lf Editorial, 2011.

PHET INTERACTIVE SIMULATIONS. PhET Interactive Simulations – University of Colorado Boulder. [S. l.]: University of Colorado Boulder, [s. d.]. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/>. Acesso em: 7 jun. 2025.

QUIZIZZ. Quizizz – Plataforma de quizzes interativos. Disponível em: <https://quizizz.com/>. Acesso em: 23 maio 2025.

UGALDE, Maria Cecília Pereira; ROWEDER, Charlys. Sequência didática: uma proposta metodológica de ensino-aprendizagem. Educitec-Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico, v. 6, p. e99220-e99220, 2020.



# APÊNDICES



# APÊNDICE A - BALANÇO INICIAL

## PRÉ-TESTE : BALANÇO INICIAL

1.

O que você entende por "equilíbrio" no contexto da vida cotidiana? Dê um exemplo.
  2.

Você já ouviu falar no termo "centro de massa"? Se sim, como você o descreveria com suas próprias palavras?
  3.

Quando você anda de bicicleta ou fica em pé sobre um pé só, o que faz para manter o equilíbrio?
  4.

Pense em um brinquedo que balance, como uma gangorra ou um boneco que sempre volta à posição inicial. Por que ele não cai completamente?
  5.

O que acontece se você tentar empurrar a porta perto da dobradiça?
- 

## APÊNDICE B - BALANÇO FINAL

### PÓS-TESTE : BALANÇO FINAL

1.

O que você entende por Centro de Massa?

2.

Defina com suas palavras: o que é equilíbrio?

3.

Tendo em vista os assuntos estudados, na sua opinião, por que o boneco "João Teimoso" não deita?

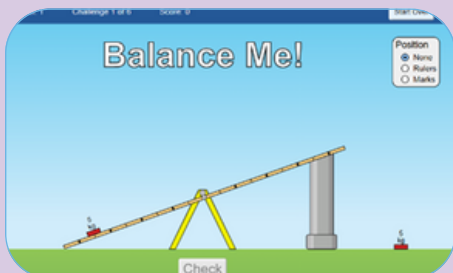
4.

Qual a diferença entre empurrar a porta perto da maçaneta ou longe? Justifique sua resposta.

5.

Por que os corpos da imagem conseguiram alcançar uma situação de equilíbrio na gangorra?

# APÊNDICE C - MISSÃO EQUILÍBRIO 1



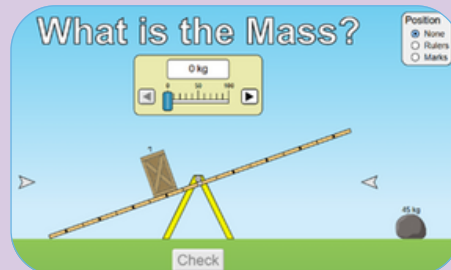
1. Onde posicionar o peso de 5 kg para que fique em equilíbrio? Justifique sua resposta.

2. O que vai acontecer? Justifique sua resposta.



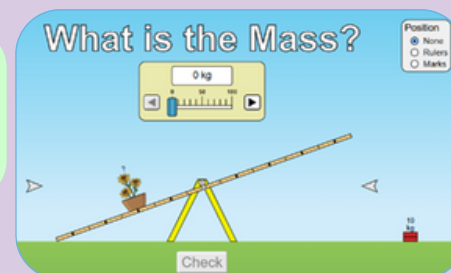
3. Onde o peso pode ser colocado para que a gangorra fique em equilíbrio? Por que neste local acontece o equilíbrio?

4. Qual a massa do corpo? Como você chegou nesta conclusão?



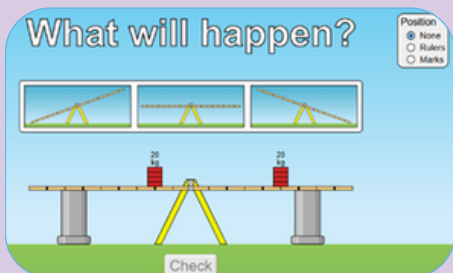
5. O que vai acontecer? Justifique sua resposta.

6. Qual a massa do corpo? Como chegou a esta conclusão?



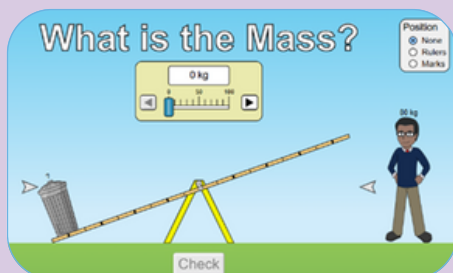
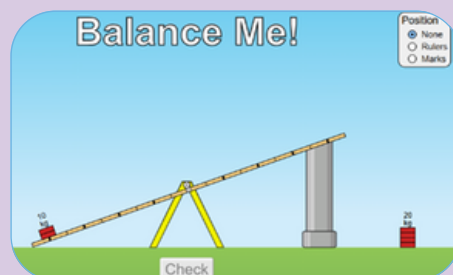


# APÊNDICE D - MISSÃO EQUILÍBRIO 2



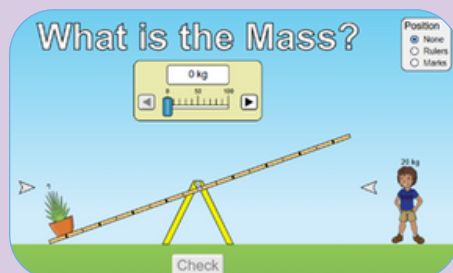
1. O que vai acontecer? Justifique sua resposta.

2. Onde colocar o peso para equilibrar?  
Justifique sua resposta.



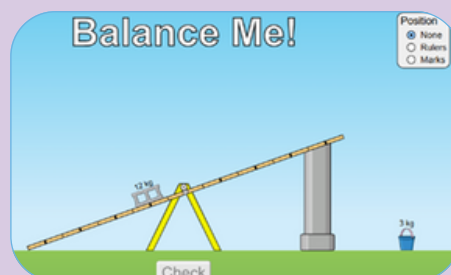
3. Qual a massa? Como você chegou a esta conclusão?

4. O que vai acontecer? Justifique sua resposta.



5. Qual a massa? Como você chegou a esta conclusão?

6. Onde posicionar o corpo para equilibrar a balança? Justifique sua resposta.



## APÊNDICE E - FÍSICA: FATO OU FARSA

Farsa

Se uma maçã for suspensa por um fio e seu centro de massa estiver deslocado para fora do eixo vertical do fio, ela permanecerá em equilíbrio estático sem girar.

Fato

Em uma balança, de um lado o A02 e A20 e do outro A01 e A15 o lado que pesa mais é do A01 e A15.

Farsa

Se um corpo rígido está em equilíbrio estático, a soma das forças externas aplicadas sobre ele é necessariamente diferente de zero.

Farsa

O centro de gravidade de um corpo rígido sempre coincide com seu centro geométrico.

Fato

Se uma mola for comprimida uniformemente em ambos os lados e o centro de massa do sistema permanecer no mesmo lugar, o sistema continuará em equilíbrio.

Fato

A estabilidade de um corpo em equilíbrio estático depende da posição do centro de gravidade em relação à sua base de apoio.

Farsa

O equilíbrio estático de um corpo rígido não depende do ponto de aplicação das forças, desde que a soma das forças e momentos seja menor que 1.

Farsa

O A02 e a professora em uma balança, em lados diferentes, o lado que desce ao chão é o da professora.

# Alavancas Digitais: Ferramentas para Potencializar o Ensino de Física

## Quizizz

Esta plataforma foi utilizada para fazer os questionários e, pela necessidade de serem subjetivos, na versão gratuita ele é um dos poucos que oferecem essa possibilidade.

Outras opções similares para atividades objetivas e subjetivas:



## Phet Interactive Simulations

Esta plataforma foi utilizada para fazer os simulações, ela contempla Física, Química, Biologia e Matemática.



## Canva

Esta plataforma foi utilizada para fazer imagens, deste produto educacional e pelos alunos para fazer slides em geral.



## **APÊNDICE B – PRÉ-TESTE**

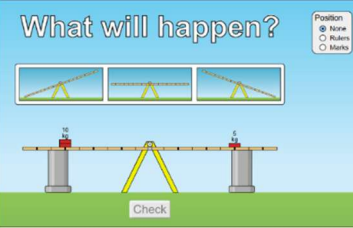
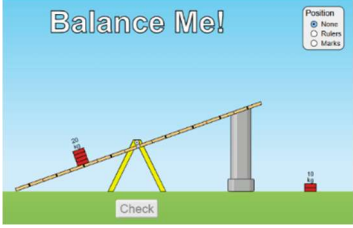
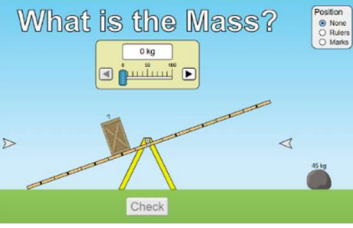
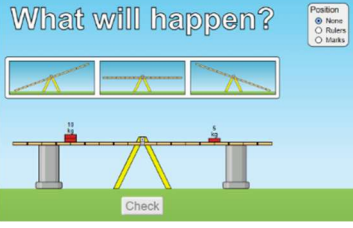
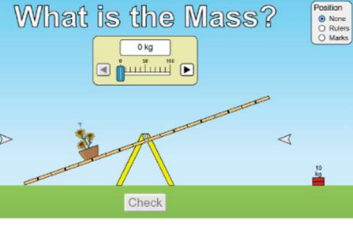
### **PERGUNTAS DO PRÉ – TESTE (BALANÇO INICIAL)**

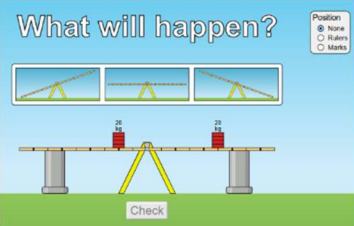
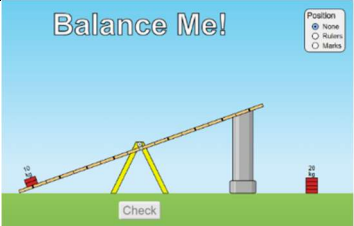
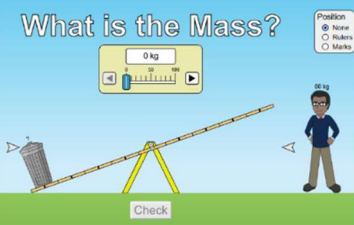
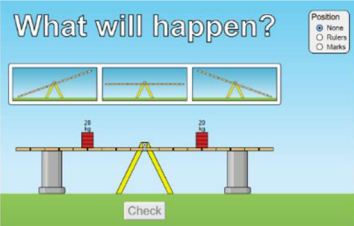
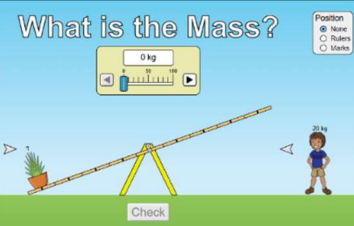
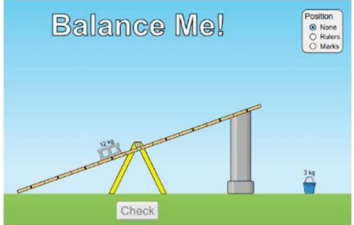
1. O que você entende por "equilíbrio" no contexto da vida cotidiana? Dê um exemplo.
2. Você já ouviu falar no termo "centro de massa"? Se sim, como você o descreveria com suas próprias palavras?
3. Quando você anda de bicicleta ou fica em pé sobre um pé só, o que faz para manter o equilíbrio?
4. Pense em um brinquedo que balance, como uma gangorra ou um boneco que sempre volta à posição inicial. Por que ele não cai completamente?
5. O que acontece se você tentar empurrar a porta perto da dobradiça?

**APÊNDICE C – PÓS-TESTE****PERGUNTAS DO PÓS – TESTE (BALANÇO FINAL)**

1. O que você entende por Centro de Massa?
2. Defina com suas palavras: o que é equilíbrio?
3. Tendo em vista os assuntos estudados, na sua opinião, por que o boneco "João Teimoso" não deita?
4. Qual a diferença entre empurrar a porta perto da maçaneta ou longe? Justifique sua resposta.
5. Por que os corpos da imagem conseguiram alcançar uma situação de equilíbrio na gangorra?

## APÊNDICE D – TESTE PROCESSUAL – MISSÕES EQUILÍBRIO

| MISSÃO EQUILÍBRIO 1                                                                 |                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Imagem De Referência                                                                | Pergunta                                                                                                             |
|    | 1. Onde posicionar o peso de 5 kg para que fique em equilíbrio? Justifique sua resposta.                             |
|    | 2. O que vai acontecer? Justifique sua resposta.                                                                     |
|   | 3. Onde o peso pode ser colocado para que a gangorra fique em equilíbrio? Por que neste local acontece o equilíbrio? |
|  | 4. Qual a massa do corpo? Como você chegou nesta conclusão?                                                          |
|  | 5. O que vai acontecer? Justifique sua resposta.                                                                     |
|  | 6. Qual a massa do corpo? Como chegou a esta conclusão?                                                              |
|                                                                                     | 7. Qual foi sua pontuação total?                                                                                     |

| MISSÃO EQUILÍBRIO 2                                                                 |                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Imagem De Referência                                                                | Pergunta                                                                       |
|    | 1. O que vai acontecer? Justifique sua resposta.                               |
|    | 2. Onde colocar o peso para equilibrar? Justifique sua resposta.               |
|   | 3. Qual a massa? Como você chegou a esta conclusão?                            |
|  | 4. O que vai acontecer? Justifique sua resposta.                               |
|  | 5. Qual a massa? Como você chegou a esta conclusão?                            |
|  | 6. Onde posicionar o corpo para equilibrar a balança? Justifique sua resposta. |
|                                                                                     | 7. Qual foi sua pontuação neste nível?                                         |

## APÊNDICE E – JOGO FÍSICA: FATO OU FARSA

### AFIRMATIVAS FEITAS PELOS ALUNOS

1. Se uma maçã for suspensa por um fio e seu centro de massa estiver deslocado para fora do eixo vertical do fio, ela permanecerá em equilíbrio estático sem girar. (Farsa)
2. Em uma balança, de um lado o A02 e A20 e do outro A01 e A15 o lado que pesa mais é do A01 e A15. (Fato)
3. Se um corpo rígido está em equilíbrio estático, a soma das forças externas aplicadas sobre ele é necessariamente diferente de zero. (Farsa)
4. centro de gravidade de um corpo rígido sempre coincide com seu centro geométrico. (Farsa)
5. Se uma mola for comprimida uniformemente em ambos os lados e o centro de massa do sistema permanecer no mesmo lugar, o sistema continuará em equilíbrio. (Fato)
6. A estabilidade de um corpo em equilíbrio estático depende da posição do centro de gravidade em relação à sua base de apoio. (Fato)
7. equilíbrio estático de um corpo rígido não depende do ponto de aplicação das forças, desde que a soma das forças e momentos seja menor que 1. (Farsa)
8. A02 e a professora em uma balança, em lados diferentes, o lado que desce ao chão é o da professora. (Farsa)



## APENDICE F – ALAVANCAS DIGITAIS: FERRAMENTAS PARA POTENCIALIZAR O ENSINO DE FÍSICA

66

### Alavancas Digitais: Ferramentas para Potencializar o Ensino de Física

#### Quizizz

Esta plataforma foi utilizada para fazer os questionários e, pela necessidade de serem subjetivos, na versão gratuita ele é um dos poucos que oferecem essa possibilidade.

Outras opções similares para atividades objetivas e subjetivas:



#### Phet Interactive Simulations

Esta plataforma foi utilizada para fazer os simulações, ela contempla Física, Química, Biologia e Matemática.



#### Canva

Esta plataforma foi utilizada para fazer imagens, deste produto educacional e pelos alunos para fazer slides em geral.

