

APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO CONCEITO DE EQUILÍBRIO NO ENSINO DE FÍSICA:

Uma Análise de Subsunçores com Base na Teoria de Ausubel

Larisse B. de S. Nogueira¹, Gislene M. B. de Lima²

Resumo: Este artigo investigou como os alunos do ensino médio interpretam e aplicam o conceito de equilíbrio, com base na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. O conceito de equilíbrio na Física refere-se a uma condição em que as forças e momentos que atuam sobre um sistema se anulam mutuamente, resultando em um estado de estabilidade. A pesquisa foi realizada com 33 alunos do segundo ano da Escola Instituto Dantas Monteiro (IDM), localizada no município de Areia Branca, no Rio Grande do Norte. A metodologia adotada foi de natureza descritiva e exploratória, utilizando um questionário online com questões abertas e fechadas. Os resultados indicaram que muitos alunos associam o conceito de equilíbrio a subsunçores emocionais e cotidianos, apresentando dificuldades em diferenciar conceitos científicos de não científicos e em aplicar o equilíbrio a contextos práticos. A análise detalhada das respostas evidencia lacunas conceituais e destaca a necessidade de abordagens pedagógicas que promovam uma aprendizagem mais significativa. Com base nos achados, são sugeridas estratégias como a contextualização dos conceitos, experimentação prática e diferenciação conceitual para facilitar a compreensão e aplicação do equilíbrio na Física.

Palavras-chave: Equilíbrio; Aprendizagem significativa; Subsunçores; Ensino de Física

1. INTRODUÇÃO

O ensino de Física na Educação Básica enfrenta desafios significativos, especialmente na aprendizagem de conceitos abstratos. Muitos alunos têm dificuldade em relacionar esses conceitos a situações cotidianas, o que pode resultar em uma aprendizagem mecânica e pouco significativa. Um exemplo disso é o conceito de equilíbrio, que é central em diversas áreas da Física e se manifesta em fenômenos que vão desde o comportamento de corpos em repouso até processos termodinâmicos.

No entanto, a ideia de equilíbrio também está presente no cotidiano, sendo utilizada para descrever tanto estados físicos quanto condições emocionais e sociais. Na Física, o equilíbrio pode ser classificado como estável ou instável. No equilíbrio estável, um sistema tende a retornar à sua posição inicial após uma pequena perturbação, como no caso de uma bola dentro de uma cavidade. Já no equilíbrio instável, qualquer perturbação leva o sistema a se afastar ainda mais da posição inicial, como acontece com uma bola no topo de uma colina [1].

Esses conceitos são fundamentais para a compreensão de fenômenos mecânicos e estruturais, além de possuírem analogias com situações do cotidiano, como a estabilidade de um objeto sobre uma superfície ou a capacidade de um indivíduo manter-se equilibrado ao caminhar ou andar de bicicleta. Ainda sobre os conceitos relacionados ao equilíbrio, é possível classificá-los como estático e dinâmico. Segundo Hibbeler (2017), "A estática trata do equilíbrio dos corpos, ou seja, aqueles que estão em repouso ou em movimento com velocidade constante; enquanto a dinâmica preocupa-se com o movimento acelerado dos corpos. Podemos considerar a estática um caso especial da dinâmica em que a aceleração é zero." [2].

No senso comum, equilíbrio é frequentemente compreendido de maneira intuitiva e associado à harmonia, controle ou estabilidade em diferentes aspectos da vida. Expressões como "manter o equilíbrio" são utilizadas para descrever a regulação emocional e a tomada de decisões ponderadas. Apesar de essa visão ser distinta da definição científica, há uma conexão entre ambas: tanto na física quanto no cotidiano, o equilíbrio está ligado à ideia de forças ou influências opostas que se compensam, resultando em um estado de estabilidade. A forma como os estudantes compreendem esse conceito está diretamente relacionada aos seus conhecimentos prévios, também chamados de subsunçores, conforme proposto por Ausubel na Teoria da Aprendizagem Significativa. A teoria da aprendizagem significativa, proposta por David Ausubel, oferece um referencial teórico para entender como os alunos constroem conhecimento a partir de seus subsunçores relevantes para a ancoragem de novos conceitos e como esses subsunçores podem ser utilizados para facilitar a compreensão de conceitos científicos.

A compreensão conceitual relacionada ao entendimento do equilíbrio no sentido científico pode ser desafiadora diante da sua abstração, no entanto faz mais necessária do que a abordagem tradicional que prioriza a memorização de fórmulas em detrimento da construção de um entendimento sólido dos princípios físicos. Conforme Moreira

(2021), "no ensino da Física é mais importante dar atenção aos conceitos físicos do que às fórmulas. As fórmulas contêm conceitos. Não tem sentido decorar fórmulas sem entender os conceitos que as constituem" [3]. Do ponto de vista cognitivo, conforme o psicólogo educacional Gérard Vergnaud, a construção de conceitos é o elemento central do desenvolvimento cognitivo. Em outras palavras, o ser humano amplia suas capacidades cognitivas à medida que formula e estrutura novos conceitos. Para Vergnaud (1982), um campo conceitual significa: "um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, interligados durante o processo de aquisição [4].

No contexto do Ensino de Física, atividades práticas, como experimentos interativos que ilustram os princípios do equilíbrio, estimulam a construção ativa do conhecimento. Isso ocorre quando os alunos têm a oportunidade de manipular materiais e observar fenômenos em tempo real, criando conexões significativas entre a teoria e a prática. A interação com o ambiente e a aplicação prática de experimentos não só reforçam o aprendizado, mas também favorecem a internalização de conceitos complexos, tornando-os mais acessíveis e compreensíveis. Segundo Araújo & Abib (2003), sobre a experimentação no ensino da Física, "tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente" (p. 176). [5]

Nesta perspectiva, este estudo tem como objetivo investigar os subsunçores dos estudantes da educação básica sobre o conceito de equilíbrio, analisando suas concepções espontâneas e científicas por meio de questionários que remetem a atividades lúdicas previamente vivenciadas. A pesquisa busca compreender como os alunos interpretam o equilíbrio em diferentes contextos e de que maneira esses conhecimentos prévios podem ser utilizados para uma aprendizagem mais eficaz. Para isso, foram elaboradas questões que exploram tanto a dimensão científica do equilíbrio quanto suas representações simbólicas, permitindo uma análise mais ampla da construção do conhecimento dos estudantes. Além disso, o trabalho apresenta uma proposta de prática experimental lúdica, que pode contribuir para a abordagem pedagógica dos conceitos de equilíbrio, força, torque e braço de alavanca, a qual pode tornar a aprendizagem mais dinâmica e significativa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Subsunçores e a Teoria da Aprendizagem Significativa

A teoria da aprendizagem significativa, proposta por David Ausubel, enfatiza que a aprendizagem ocorre quando novas informações se conectam de maneira não arbitrária e substantiva a conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno, chamados de subsunçores. Esses subsunçores são estruturas de conhecimento prévio que servem como base para a assimilação de novos conceitos. A estrutura cognitiva refere-se à organização mental das informações armazenadas na memória, que são organizadas de maneira hierárquica. A aprendizagem significativa implica na ampliação e modificação desses subsunçores, permitindo que o aluno construa uma rede de conhecimentos interligados e significativos. Como afirma Ausubel (1980), em sua teoria, "o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos" [6].

Desde o nascimento, o indivíduo está em contato diário com situações que estão diretamente relacionadas à Física, muitas vezes de forma tão natural que passam despercebidas. Neste contato, denominado 'física prática', o aluno começa a associar o que já sabia com os novos conhecimentos adquiridos, estabelecendo conexões entre seus subsunçores e as novas informações. Segundo Coelho, Marques e Souza (2019), ao longo do processo de construção das redes de conhecimento é importante que o docente consiga identificar os conhecimentos construídos sobre informações interpretadas equivocadamente. Por exemplo, um aluno pode já ter ouvido (e internalizado) que "um corpo está mais quente porque tem mais calor" ou que "temperatura e calor são a mesma coisa" [7]. Esses subsunçores equivocados podem dificultar o entendimento correto de que calor é energia térmica transferida entre corpos devido a uma diferença de temperatura, enquanto a temperatura está relacionada à agitação térmica das moléculas.

Nesse sentido, a experimentação surge como uma ferramenta poderosa no processo de construção de novos conhecimentos, já que o uso de experimentos simples pode atuar como fator de motivação e construção de uma aprendizagem significativa. Autores como Giordan [8] e Axt et al. [9] destacam que a experimentação desperta um forte interesse entre os alunos, sendo vista como motivadora, lúdica e essencialmente vinculada aos sentidos. Além disso, a experimentação possui um potencial heurístico e desafiador, capaz de elucidar conceitos e promover a reformulação conceitual, aspectos fundamentais para a correção de subsunçores equivocados. Ao transformar o conhecimento abstrato em realidade prática, os experimentos permitem que os alunos percebam a física aplicada à sua vida diária, despertando interesse e facilitando a conexão entre os novos conceitos e seus conhecimentos prévios.

A participação ativa dos alunos no desenvolvimento e análise de experimentos práticos e atividades lúdicas contribui ainda mais para a formação de modelos mentais funcionais, essenciais para a construção de uma aprendizagem significativa. Essa abordagem prática alinha-se diretamente à teoria de Ausubel, pois permite que os alunos relacionem ativamente os novos conhecimentos com suas experiências prévias, corrigindo equívocos e construindo uma compreensão mais sólida e interligada dos conceitos físicos. Dessa forma, a experimentação não

apenas motiva e engaja os alunos, mas também facilita a assimilação de novos conceitos e a reformulação de subsunçores, promovendo uma aprendizagem mais profunda e duradoura. Para Marcos Moreira (1999) "A clareza, a estabilidade cognitiva, a abrangência, a diferenciação de um subsunçor variam ao longo do tempo, ou melhor, das aprendizagens significativas do sujeito. Trata-se de um conhecimento dinâmico, não estático, que pode evoluir e, inclusive, involuir" [10].

Além disso, os subsunçores fazem parte do conhecimento pessoal que cada indivíduo possui e podendo aparecer de diversas formas, como símbolos, proposições, imagens ou modelos mentais. A cada nova informação, a conexão com os subsunçores ocorre, na maioria das vezes, de forma sequencial, desde que o conhecimento prévio específico esteja bem estabelecido. Isso significa que as novas informações são integradas de forma não literal, com base nos critérios de relevância do aprendiz.

2.2. Conceito de equilíbrio no contexto da Física

O estudo da mecânica clássica relacionado ao equilíbrio, abordado no ensino médio, pode ser contextualizado em situações cotidianas, como uma pessoa andando de bicicleta ou uma criança brincando em uma gangorra. No caso da bicicleta, o equilíbrio estático é observado quando o ciclista está parado, mas mantém a bicicleta em pé, o que ocorre porque as forças que atuam sobre o sistema (como a força peso e a normal do chão) se equilibram, o que no sentido físico representa a força resultante nula, conforme a Primeira Lei de Newton [1]. Já o equilíbrio dinâmico acontece quando um ciclista está em movimento com velocidade constante, porém as forças que atuam sobre a bicicleta também se cancelam, mantendo o movimento sem aceleração.

Ainda sobre conceitos relacionados à mecânica, ao brincar de gangorra, o entendimento sobre torque se torna essencial. Quando duas crianças de pesos diferentes estão sentadas nas extremidades da gangorra, é necessário ajustar suas distâncias em relação ao ponto de apoio para que os torques gerados por seus pesos se equilibrem. Isso garante que a gangorra permaneça em equilíbrio rotacional, permitindo que as crianças se divirtam sem que um lado fique constantemente para baixo.

Esses exemplos ilustram como os princípios da estática e da dinâmica estão presentes em atividades simples do dia a dia, demonstrando a importância do equilíbrio de forças e torques tanto para a manutenção do repouso quanto para o movimento controlado de corpos. O conceito de torque representa a quantidade que uma determinada força tende a rotacionar em torno do eixo. Para que um corpo rígido esteja em equilíbrio, duas condições devem ser atendidas:

1 - **Translação:** O movimento provocado por forças externas que atua sobre o corpo rígido, para que ocorra o equilíbrio a soma vetorial das forças é igual a zero, impedindo que o corpo sofra aceleração.

2 - **Rotação:** A soma dos momentos de torque que atuam sobre o eixo deve ser nula, impedindo que o corpo sofra aceleração ou gire.

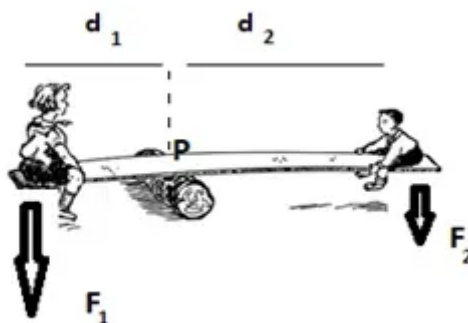


Figura 1. Corpo rígido em equilíbrio. Fonte: Vamos estudar Física. [11]

Considerando como exemplo a gangorra, na figura 1 é possível observar duas pessoas aplicando forças em lados opostos em relação ao ponto de apoio. Portanto, para que a gangorra esteja em equilíbrio, é necessário entender que os torques gerados pelas forças devem ser iguais em módulos e sentidos opostos, como:

$$F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$$

Onde F_1 e F_2 são as forças pesos sentidas pelas crianças do lado esquerdo e direito, respectivamente e d_1 e d_2 são as distâncias das crianças com relação ao ponto P do lado esquerdo e direito, respectivamente. Isso significa que a criança mais leve deve sentar mais distante do ponto de apoio, enquanto a pessoa mais pesada deve sentar mais próxima. Dessa maneira, é possível garantir o equilíbrio na gangorra.

3. MÉTODOS E RESULTADOS

O presente trabalho teve como objetivo analisar, inicialmente, quais são as concepções prévias dos sujeitos da

pesquisa, considerando os subsunçores já estabelecidos em suas estruturas cognitivas, conforme proposto pela teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Para isso, foi realizada a aplicação de um questionário diagnóstico com dez questões, sendo três objetivas e sete subjetivas, no dia 12 de fevereiro de 2025, na Escola Instituto Dantas Monteiro, localizada na cidade de Areia Branca (RN). O questionário foi aplicado a uma turma da 2ª série do Ensino Médio com 33 alunos, visando identificar os conhecimentos espontâneos e as associações feitas pelos estudantes em diferentes conceitos. Os sujeitos da pesquisa são, em sua maioria, adolescentes com idades entre 15 e 16 anos, sendo 18 meninas e 15 meninos.

Na segunda etapa deste trabalho, será apresentada uma proposta de instrumento experimental a ser abordado com estudantes da educação básica, a fim de obter-se um desenvolvimento na rede de conhecimento dos alunos acerca dos conceitos relacionados ao equilíbrio. Este material didático faz uso de componentes de baixo custo, os quais podem ser desenvolvidos como materiais recicláveis, como pedaços de cabos de vassoura.

3.1. Avaliação de subsunçores relacionados ao conceito de equilíbrio

A fase de investigação dos conhecimentos prévios específicos consiste em momentos em que se busca identificar e explicitar os saberes presentes na estrutura cognitiva dos estudantes. Para isso, foi utilizado um questionário contendo as questões dispostas nos Quadros 1, 2 e 3, cujas respostas fornecidas pelos alunos estavam diretamente relacionadas ao tema proposto de equilíbrio e a situações do cotidiano.

As questões 04 e 05, dispostas no Quadro 1, tiveram como objetivo investigar a correlação entre os significados científicos e não científicos do conceito de equilíbrio, a partir da análise de um trecho da música dos cantores Felipe e Rodrigo. No contexto da canção, os termos "*balançar*" e "*perder o equilíbrio*" são empregados em um sentido figurado, referindo-se a aspectos emocionais e relacionais. Ao propor essa questão, busca-se estimular a reflexão sobre a presença de conceitos científicos na linguagem cotidiana, destacando como os significados populares podem se aproximar ou se distanciar das definições formais.

Quadro 1 – Avaliação de correlação entre significados científicos e não científicos

Questão 04	Leia com atenção o trecho dessa música: “Do que adianta balançar seu corpo, balançar sua cama Se seu coração não perde o equilíbrio Cê desconversa quando o assunto é voltar comigo” Felipe e Rodrigo Qual o significado de balançar e perder o equilíbrio nessa música?
Questão 05	Pense em dois significados para equilíbrio, um que esteja ligado ao conceito científico e outro não científico. Liste os nomes que surgem na sua mente para os dois significados.

Fonte: Autoria própria (2025).

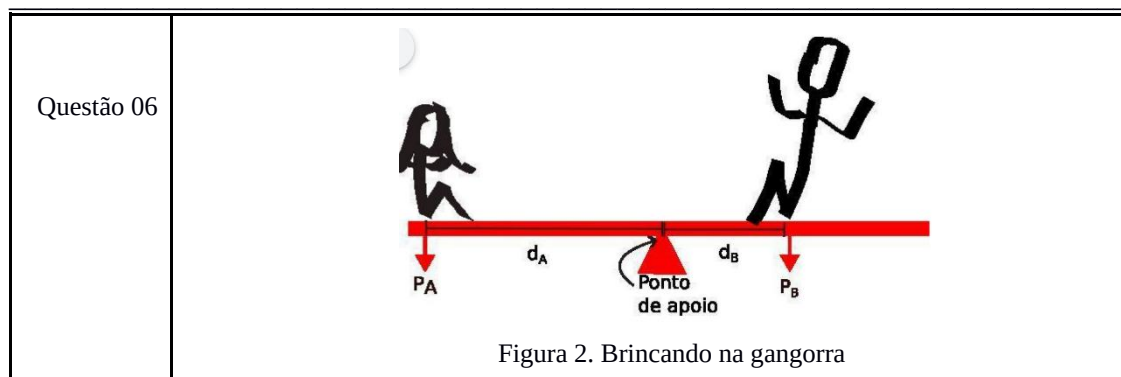
Ao solicitar que listem nomes associados a cada sentido do termo, a pergunta pôde levar os sujeitos da pesquisa a acessarem espontaneamente suas referências mais imediatas, que, no caso do uso cotidiano, geralmente estão relacionadas a aspectos emocionais, psicológicos ou de estabilidade no dia a dia. Termos como "controle emocional", "harmonia" ou "sentimento de paz" são exemplos recorrentes nesse tipo de associação.

Por outro lado, o esperado seria que, no campo científico, os alunos mencionassem grandezas físicas fundamentais, como "força", "torque", "momento", "centro de massa" ou mesmo exemplos concretos, como "balança", "gangorra" ou "pêndulo". No entanto, os resultados mostram que, embora alguns termos científicos tenham surgido (como "balança" e "gangorra"), houve uma ausência significativa de conceitos físicos. Isso indica que, mesmo com formação prévia em mecânica clássica, os alunos não associam automaticamente equilíbrio a um contexto científico estruturado. Um fato interessante, sobre a investigação dos subsunçores no que se refere ao estudo de equilíbrio é a ausência da ideia da existência mesmo quando existe movimento (equilíbrio dinâmico).

Isso pode estar relacionado à forma como a física é ensinada, muitas vezes com um foco maior em cálculos do que na construção de significados conceituais sólidos. Além disso, pode haver uma lacuna na transposição dos conceitos físicos para a vida cotidiana, dificultando a conexão entre o que é aprendido na escola e o que é vivenciado fora dela.

Quadro 2 – Equilíbrio e Situações cotidianas

	Se você fosse brincar de gangorra, qual lado iria preferir ficar? Justifique sua opção.
--	--



Fonte: Autoria própria (2025).

Na questão 06, disposta no Quadro 02, buscou-se avaliar os conceitos prévios dos estudantes no que se refere ao equilíbrio estático. Muitos demonstram intuições corretas, enquanto outros ainda apresentam concepções alternativas que podem ser trabalhadas para aprofundar o entendimento. Uma ideia recorrente que os resultados mostram é a influência da distância do ponto de apoio na movimentação da gangorra. Um aluno menciona: **“Esquerdo. Por conta da distância do ponto de apoio”**. Esse entendimento está de acordo com o conceito de torque, já este é diretamente proporcional à distância da força aplicada em relação ao eixo de rotação. Da mesma forma, outro participante afirma: **“Esquerdo. Quanto mais na ponta, mais alto vai”** demonstrando que reconhece intuitivamente a relação entre distância e efeito do torque.

Além disso, a questão do peso das pessoas envolvidas também foi levantada. Um aluno escreve: **“Direita. Porque o corpo da direita aparenta ser mais pesado do que o da esquerda, e ele está mais perto do ponto de apoio controlando a gangorra.”**. Aqui, há um reconhecimento de que a distribuição das massas influencia a estabilidade do sistema, embora a explicação possa ser refinada para considerar que o equilíbrio depende do produto do peso pela distância ao ponto de apoio. ++

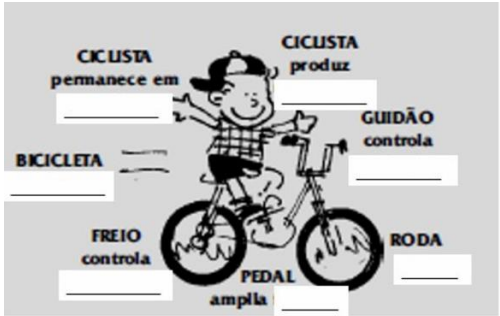
Alguns alunos também percebem a importância da força aplicada e sua relação com a posição na gangorra. Um deles menciona: **“Esquerdo. Porque quanto mais na ponta, mais vai descer e subir. E pela pessoa ser menor e mais fácil de ser arremessada.”**. Esse raciocínio está alinhado com a ideia de vantagem mecânica, pois quando uma força é aplicada mais próxima ao ponto de apoio, exige-se um maior esforço para gerar o mesmo torque, enquanto forças aplicadas em posições mais distantes do eixo de rotação podem produzir o movimento com menos esforço.

Há também respostas que evidenciam concepções mais subjetivas ou baseadas na experiência pessoal. Um aluno escreve: **“O lado que eu sinto mais equilíbrio, mais confiança, é o lado direito, não me sinto confortável brincando do lado esquerdo”**, o que indica que as percepções individuais de segurança também influenciam a escolha do lado na gangorra. Outra resposta menciona: **“Eu gosto de atividades que utilizam o lugar que me favorece. Escrevo com a direita...”**, sugerindo que aspectos como lateralidade também podem influenciar a tomada. Esta questão foi elaborada para não existir resposta correta, seu objetivo é identificar subsunçores que permitam abrir espaço dentro da prática do professor para discutir conceitos físicos mais rigorosos relacionados ao estudo do equilíbrio.

Introduzindo definições de força, torque e braço de alavanca.

No quadro 3 tem-se a questão 07 do questionário, a qual tenta ilustrar uma situação real de uma criança andando de bicicleta. O objetivo desta é investigar os subsunçores dos alunos sobre equilíbrio dinâmico, um conceito que muitas vezes vai contra o senso comum. Muitas pessoas acreditam que equilíbrio só existe quando um corpo está parado, mas, na realidade, ele também ocorre em movimento, como no caso de um ciclista em deslocamento. A questão propõe, no futuro, que o docente trabalhe lacunas para que os alunos associem forças, movimento e estabilidade, ajudando-os a compreender que o equilíbrio dinâmico exige ajustes contínuos para ser mantido. Assim, busca-se abrir para construção de redes de conhecimento com uma visão mais científica sobre o tema, superando concepções intuitivas equivocadas.

Quadro 3 – Situação real de um garoto andando de bicicleta

Questão 07	Observe a figura de uma pessoa andando de bicicleta.  Figura 3. Garoto na bicicleta. Fonte: Livro Mecânica, p.7. Preencha os espaços em branco com uma das seguintes palavras: FORÇAS, EM MOVIMENTO, EM EQUILÍBRIO, DESLOCA, E GIRA (adaptado de Maiara de Oliveira Noronha) Ciclista permanece em _____ Ciclista produz _____ Equilíbrio aumenta quando: _____ O ciclista anda devagar ou o ciclista anda rápido? _____
-------------------	---

Fonte: Autoria própria (2025)

Já na questão 07, disposta no quadro 3, foi observado que apenas 2 alunos afirmaram que o garoto deveria andar devagar para aumentar seu equilíbrio, enquanto os outros 31 associaram o aumento da velocidade a uma maior estabilidade do corpo. Isso significa que, à medida que a velocidade aumenta, o corpo tende a manter-se mais estável. Esse conceito pode ser explicado pela conservação do momento angular, que estabiliza o movimento da bicicleta e reduz as oscilações laterais, fenômenos que são amplamente importantes na mecânica do movimento.

Vale ressaltar que nem todos os subsunçores servem como base para novos conhecimentos, ou seja, como facilitadores de aprendizagem. Em alguns casos, esses conhecimentos podem estar firmemente estabelecidos na estrutura cognitiva do aluno, mas ainda assim podem ser concepções errôneas, que dificultam mais do que auxiliam na assimilação de novos aprendizados.

Segundo as concepções de Ausubel (1978), a estrutura cognitiva, compreendida como um de sistema de subsunçores interconectados e organizados hierarquicamente, é dividida em dois processos principais, como facilitadores da aprendizagem, como: a *diferenciação progressiva* e a *reconciliação integradora* [12]. A diferenciação progressiva refere-se ao processo de atribuição de novos significados a um subsunçor específico (como um conceito ou uma proposição), decorrente de sua aplicação contínua na assimilação de novos conhecimentos. Já a reconciliação integradora, ou integrativa, ocorre simultaneamente à diferenciação progressiva e consiste na eliminação de diferenças aparentes, na resolução de inconsistências, na integração de significados e na formação de relações superordenadas, ou seja, à medida que refinamos determinado conhecimento, começamos a perceber certas nuances e diferenças entre aquele conjunto de subsunçores.

Os resultados indicam que os alunos possuem concepções prévias fragmentadas sobre o equilíbrio, estabelecendo relações corretas, mas com interpretações vagas ou intuitivas dos conceitos de equilíbrio, movimento e forças. Embora muitas respostas sejam baseadas na experiência cotidiana, elas evidenciam a presença de subsunçores eficazes que podem ser trabalhados para aprofundar o aprendizado científico. Segundo a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, a internalização de novos conceitos ocorre quando o aluno consegue relacionar os novos conhecimentos de maneira estruturada com suas ideias prévias, ou seja, os seus subsunçores, promovendo uma reorganização cognitiva mais significativa.

Dessa forma, a aprendizagem do conceito de equilíbrio se torna mais significativa, pois os estudantes não apenas memorizam definições de maneira mecânica, mas compreendem os princípios físicos subjacentes, internalizando-os de maneira coerente com suas experiências e conhecimentos prévios. Isso reforça a importância de um ensino dinâmico e contextualizado, que respeite e aproveite as concepções espontâneas de cada aluno como ponto de partida para a construção do conhecimento científico.

3.2. Construção do experimento prático

O experimento pode demonstrar as condições de um equilíbrio de corpo rígido, onde a soma das forças e dos torques (momentos) deve ser nula, para que o sistema permaneça estático. Para a construção do instrumento

didático, foi utilizado materiais comuns e acessíveis, como também, material reciclável, como o cabo de vassoura, para a estrutura principal da base (mostrada na Figura 04). A base de madeira, junto com o cabo de vassoura, serve como suporte para o sistema de alavanca, permitindo a distribuição dos pesos.



Figura 4. Montagem da Base Experimental. (Autoria Própria)

A construção teve início com a base, onde os três pedaços de madeira foram posicionados de maneira a formar uma estrutura estável. Em seguida, o cabo de vassoura foi fixado verticalmente na base utilizando cola instantânea ou parafusos, conforme a necessidade.

Para a montagem, foram utilizados três pedaços de madeira que formaram a base, proporcionando a estabilidade, e um de cabo de vassoura de madeira, que contribui para a composição e sustentação do conjunto. Na preparação da estrutura, a bolinha de gude foi cuidadosamente perfurada em ambas as extremidades, permitindo a fixação de um palito em cada furo, o que possibilita o sistema de alavanca. Esse processo possibilitou a visualização e a experimentação prática do sistema, além de testar como a distribuição de massa influencia o equilíbrio da estrutura.



Figura 5. Sistema de alavanca (Autoria Própria)

Para a criação dos elementos de peso, as folhas de papel Color Plus foram cortadas em diferentes formas e figuras, utilizando a máquina Silhouette conectada ao computador, permitindo a criação precisa e personalizada de diversas formas. Nas aulas, o professor pode adotar uma abordagem didática e lúdica, pois é possível construir as formas, disponibilizando os moldes para que os alunos realizem os cortes manualmente, estimulando a criatividade, desenvolvendo habilidades motoras, promovendo um aprendizado prático e interativo, permitindo construir um conhecimento significativo.



Figura 6. Diversas formas de modelo (Autoria Própria)

A distribuição de massa é realizada por meio de diferentes formas de papel e arruelas interligadas aos pregadores, permitindo o estudo de como a posição da massa interfere diretamente no equilíbrio do sistema, influenciando seu centro de gravidade, como representado na figura 6, com a esquerda mostrando os moldes e a direita a montagem já pronta. De forma prática, os alunos podem visualizar a interação entre o centro de aplicação de força e o equilíbrio do objeto. Ao explorar o conceito de torque, observam que, quando uma determinada força é aplicada em diferentes posições, o objeto gira em torno de seu eixo. Além disso, é possível analisar a relação entre a força e a distância até o ponto de apoio, identificando a localização da estabilidade. Para manter o equilíbrio do objeto, é possível medir o torque de forma prática, utilizando uma régua para medir a distância entre a aplicação da força e o ponto de apoio, que determina a estabilidade. Para medir o torque de maneira prática, os alunos utilizam uma régua e aplicam a fórmula $T = F \times d$, onde T é o torque, F é a força aplicada e d é a distância entre a aplicação da força e o ponto de apoio.



Figura 7. Pesos com arruelas e moldes. (Autoria Própria)

Os moldes foram presos nas extremidades dos palitos de churrasco com pregadores, podendo também ser colados diretamente neles, permitindo diferentes configurações, como mostrado na figura 7 a cima. Por fim, a linha foi amarrada às arruelas de aço lisas e fixada nos pregadores, alternando entre um ou dois de acordo com a distribuição desejada.



Figura 8. Pesos com arruelas. (Autoria Própria)

Essa construção criou pesos suspensos que influenciaram o equilíbrio do sistema, conforme mostrado na figura 9 abaixo, possibilitando a observação prática das forças e torques atuando em um sistema de corpos rígidos. Com o ponto de apoio, é possível ir ajustando a distância dos pesos e o que eles observam sobre equilíbrio dinâmico.



Figura 9. Aplicação Prática. (Autoria Própria)

Essa abordagem metodológica buscou avaliar não apenas o nível de compreensão prévia dos alunos, mas também proporcionar uma experiência de aprendizagem que favorecesse a internalização dos novos conceitos, integrando teoria e prática de forma coerente e contextualizada.

4. APORTES CONCLUSIVOS

A pesquisa desenvolvida sobre a aprendizagem significativa do conceito de equilíbrio no ensino de Física teve como objetivo investigar os subsunçores dos estudantes da educação básica, analisando suas concepções espontâneas e científicas sobre o conceito de equilíbrio. A partir da aplicação do questionário, realizada com 33 alunos do segundo ano do ensino médio da escola Instituto Dantas Monteiro (IDM), foi possível identificar como esses estudantes interpretam o conceito de equilíbrio, bem como as dificuldades que apresentam na diferenciação entre conhecimento científico e conhecimento cotidiano.

Os objetivos propostos foram alcançados, uma vez que a análise das respostas mostrou algumas falhas nas concepções e nos seus subsunçores, que estão pouco estruturados e dificultam a compreensão plena do equilíbrio como um conceito físico. Observou-se que muitos alunos associam o equilíbrio a subsunçores emocionais e cotidianas, o que impacta a construção do conhecimento científico. Diante do problema de pesquisa que buscou analisar as concepções prévias dos alunos sobre o equilíbrio e sua relação com os subsunçores já estabelecidos, os resultados evidenciaram a necessidade de abordagens didáticas que favoreçam a ressignificação desses conhecimentos prévios.

A aplicação foi conduzida de forma experimental no dia 12 de março de 2025, utilizando uma atividade lúdica para abordar sobre o conceito de equilíbrio. A escolha dessa metodologia se justifica pela identificação de que os subsunçores estão pouco estruturados em relação ao conceito de equilíbrio. Dessa forma, a demonstração prática se mostrou uma estratégia eficaz para facilitar a aprendizagem significativa de cada indivíduo, promovendo o desenvolvimento de uma compreensão científica mais sólida.

Durante a atividade em sala de aula, foram realizadas perguntas diagnósticas, e a maioria dos alunos respondeu que dois corpos da mesma massa permanecem estáveis quando posicionados de maneira idêntica, estariam, então em equilíbrio. A partir dessas respostas, foi realizada uma explicação conceitual sobre equilíbrio, enfatizando que a soma de todas as forças que atuam sobre um corpo é nula. Observou-se um alto nível de engajamento dos alunos durante a atividade, o que levou à formulação espontânea de perguntas e sugestões, incluindo questionamentos sobre como se calcula e a possibilidade de mudança na posição dos corpos.

A prática experimental lúdica proposta mostrou-se uma alternativa viável para facilitar a compreensão dos conceitos de equilíbrio, força, torque e braço de alavanca, tornando-se uma estratégia para um aprendizado mais dinâmico e acessível. A pesquisa também demonstrou que estratégias pedagógicas, como a contextualização, a experimentação prática e a diferenciação conceitual, são essenciais para promover uma aprendizagem mais significativa e eficaz. Assim, este estudo contribui para o aprimoramento das práticas de ensino, ressaltando a importância da contextualização e da experimentação no fortalecimento da aprendizagem conceitual dos alunos.

Com base nessas observações, conclui-se que a utilização de atividades práticas em sala de aula favorece a interação entre alunos e professores, potencializando a construção do conhecimento de forma mais estruturada e significativa. A aprendizagem experimental permite que os estudantes relacionem teoria e prática, tornando seu conhecimento mais coeso e aprofundado.

Por fim, espera-se que os achados desta pesquisa contribuam para o aprimoramento do ensino de física, ressaltando a importância de metodologias que integrem conceitos teóricos e a experimentação. A valorização das concepções espontâneas dos alunos como ponto de partida para a construção do conhecimento científico pode tornar o ensino mais dinâmico e acessível, aumentando a participação e a compreensão dos alunos.

No entanto, foram identificadas algumas limitações, como o tamanho da amostra reduzido e a restrição da pesquisa a uma única instituição de ensino. Além disso, o uso de questionários, apesar de eficaz na coleta de dados,

pode não abranger plenamente todas as nuances do pensamento dos alunos em relação ao tema apresentado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física: Volume 1 – Mecânica. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 1. Cap. 8.
- [2] HIBBELER, Russel C.. Estática: Mecânica para Engenharia. 14. ed. São Paulo: Pearson Universidades, 2017. 616 p.
- [3] MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 43, n. suppl 1, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0451>. Acesso em: 10 março 2025.
- [4] VERGNAUD, G. A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. In: CARPENTER, T.; MOSER, J.; ROMBERG, T. Addition and subtraction: a cognitive perspective. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum, 1982. p. 39-59.
- [5] Araújo, M. S. T. & Abib, M. L. V. dos S., Atividades experimentais no Ensino de Física: Diferentes enfoques, diferentes finalidades, Revista Brasileira de Ensino de Física 25, 176-194 (2003). Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v25_176.pdf. Acesso em: 8 março 2025.
- [6] AUSUBEL, D.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. Psicologia educacional. Rio de Janeiro: Interamericana; 1980.
- [7] COELHO, L. M.; MARQUES, A. J.; SOUZA, D. G. DE. A Teoria da Aprendizagem Significativa e o ensino de História. Revista Educação Pública, v. 19, n. 31, 26 novembro 2019.
- [8] GIORDAN, M. II ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://fep.if.usp.br/~profis/arquivo/encontros/enpec/ienpec/Dados/trabalhos/A33.pdf>. Acesso em: 16 março 2025.
- [9] AXT, R. O papel da experimentação no ensino de Ciências. In: MOREIRA, M. C. & AXT, R. (Org.) Tópicos atuais em ensino de Ciências. Porto Alegre: Sagra, 1991.
- [10] MOREIRA M.A. Aprendizagem significativa. Brasília: Editora da UnB, 1999.
- [11] BERNARDO, N. Equilíbrio de Corpos Extensos - Vamos Estudar Física Vamos Estudar Física. Disponível em: <https://vamosestudarfisica.com/equilibrio-de-corpos-extensos/>. Acesso em: 10 março 2025.
- [12] Ausubel, David P., Novak, Joseph, D. & Hanesian, Helen (1978). Educational psychology: a cognitive view. 2a ed. New York: Holt, Rinehart and Winston. 733p.