

**INFLUÊNCIA DOS CONCEITOS INTUITIVOS NA
FORMAÇÃO DOS CONCEITOS FORMAIS,
NA RELAÇÃO ENTRE MOVIMENTO
E A 2ª LEI DE NEWTON¹**

**THE INFLUENCE OF THE INTUITIVE CONCEPTS IN THE
FORMATION OF THE FORMAL CONCEPTS IN THE
RELATIONSHIP BETWEEN MOVEMENT
AND THE 2nd NEWTON'S LAW**

**Drárisa Spode Brutti²
Nires Metilde Colletto³
Gilberto Orengo de Oliveira³**

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar os resultados das atitudes dos alunos em relação à solução de problemas que envolvem a compreensão da 2ª Lei de Newton. Para esse fim foi organizado um teste de quatro questões objetivas com cinco alternativas de escolha, envolvendo lançamento vertical, oblíquo e horizontal de um projétil. Participaram da pesquisa trinta alunos de uma turma da 2ª série do 2º grau. Os resultados mostraram que os alunos relacionam proporcionalmente os conceitos força e velocidade e, velocidade e aceleração, e apresentam dificuldade na compreensão do conceito "Força".

Palavras-Chave: Conceitos intuitivos, conceitos formais, 2ª Lei de Newton.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyse the results of student's attitudes towards the resolution of problems related to the understanding of the Second Newton's Law. A test was elaborated consisting of four objective questions with five alternative choices, involving vertical, oblique and horizontal throwing of a ball. Thirty students of a high school class participated in this study. Results showed that students related proportionally concepts of force and velocity and velocity and acceleration and have difficulty in understanding the concept of Force.

¹ Trabalho Final de Graduação.

² Aluna do Curso de Matemática e Habilitação em Física - UNIFRA.

³ Orientadores.

Key Words: Intuitive concepts, formal concepts, 2nd Newton's Law.

INTRODUÇÃO

Este trabalho se propôs analisar os resultados das atitudes dos estudantes em relação à solução de problemas que envolvam a compreensão da 2ª Lei de Newton.

Segundo FILOCRE (1986), o conhecimento sobre o mundo físico demanda tempo. Ele abrange idéias e concepções que são desenvolvidas desde a infância e depende substancialmente de cada pessoa. Assim, pessoas diferentes vêem o mundo de modos diferentes, segundo o nível de desenvolvimento das estruturas mentais de cada um, mas nunca se desviando demasiadamente do senso comum.

Conforme VILLANI (1989), Piaget caracteriza o conhecimento como uma construção progressiva, onde as idéias sobre o mundo físico são constituídas pelas crianças a partir de sua ação sobre este mundo, com a mediação de suas estruturas e operações mentais. Para ele, a representação do mundo se modifica e se amplia a partir da utilização de novas estruturas e operações mentais, e outras estruturas mentais se manifestam a partir da elaboração de conhecimentos adequados.

Piaget explica que o conhecimento das crianças se modifica e cresce com a idade devido à tendência geral das operações mentais se tornarem sempre mais organizadas e dos respectivos conhecimentos se estruturarem de maneira sempre mais abrangente, incorporando novas situações. Esta tendência explica a generalização, mediante indução empírica, na qual a assimilação de novos conteúdos se dá sem perturbações significativas, e também as reestruturações conceituais, nas quais os conceitos básicos se modificam com grandes dificuldades.

Junto com esta tendência da progressiva unificação do conhecimento, há uma outra que diz que a criança constrói generalizações empíricas limitadas, sem a preocupação com sua compatibilidade com as outras idéias e modelos que constituem a sua bagagem cultural.

De acordo com ZYLBERSZTAJN (1983), as crianças formam concepções sobre o mundo físico a partir de sua interação com o mesmo. São concepções na forma de expectativas, crenças, princípios intuitivos, e significados atribuídos a palavras que cobrem uma vasta gama de conceitos que fazem parte dos currículos de disciplinas científicas. Para muitos, estas noções são fortemente incorporadas à sua estrutura cognitiva, tornando-se resistente à instrução.

Essas concepções modificam-se em partes mais abrangentes, mas sua evolução e sua integração sucessiva é sempre parcial; existem sempre

aspectos destas concepções iniciais, que não são modificados, apesar de não serem totalmente compatíveis com o restante dos conhecimentos adquiridos.

O conhecimento é um tipo de jogo dinâmico entre a tendência a integrar as novas situações nos esquemas intelectuais já elaborados, chegando muitas vezes a sínteses superiores que provocam mudanças conceituais profundas e a tendência a inventar novos esquemas e novas generalizações, adequadas às novas situações e separadas das conceituações antigas, que permanecem praticamente sem alterações.

Sendo assim, há duas tendências: a de construir um conhecimento cada vez mais abrangente e a de manter as concepções antigas separadas dos novos esquemas e novas generalizações. É possível explicar, através da prevalência de uma ou de outra dessas tendências, a menor ou maior articulação das concepções espontâneas e também sua resistência à mudança e coexistência com as concepções ensinadas na escola (VILLANI,1989).

Ainda segundo o mesmo autor, o conhecimento espontâneo surge e se desenvolve principalmente a partir da interação com o mundo físico e da generalização empírica, mediante modelos pouco abrangentes e complementares. O conhecimento científico, por sua vez, é apresentado na escola, com a autoridade do professor e do livro didático, numa forma já acabada, abstrata e sistematizada, comprovada, na melhor das hipóteses, por exemplos apropriados. Assim, no máximo, a escola explica alguns fatos bem particulares da vida cotidiana, aplicando-se muito mais às situações de laboratório.

O conhecimento científico apresentado na escola é formado de um conjunto de relações e modelos abstratos afastados da percepção comum e com um poder de explicação muito profundo e abrangente. Por isso, no início da aprendizagem das teorias científicas, não há quase relação entre estas e o conhecimento espontâneo, pois a significação atribuída a cada um deles e os respectivos campos de abrangência são diferentes.

Sabe-se que a tendência é generalizar e ampliar os conhecimentos adquiridos. Para VILLANI (1989), existem três perspectivas diferentes que enfatizam o que, possivelmente, ocorre a partir desta tendência quando o aluno "recebe" os conceitos científicos, já possuindo as suas concepções fortemente adquiridas desde a infância.

A primeira, e menos comum, é de que o conhecimento científico entra rapidamente em conflito com o conhecimento espontâneo, tomando conta de boa parte do campo de aplicação desse último. Isto é o que ocorre com os estudantes mais brilhantes e que praticamente orientam sozinhos o desenvolvimento do seu conhecimento.

A segunda alternativa, oposta e mais comum, é evitar o confronto entre os dois tipos de conhecimento, até que a saída da escola reduza

consideravelmente, mediante o esquecimento natural, a abrangência das explicações científicas. A vida cotidiana é tratada com modelos espontâneos progressivamente articulados. Isto ocorre com a maioria das pessoas que abandonam a aprendizagem de Física ao terminarem o 2º grau.

Finalmente, uma terceira alternativa, bastante presente nas pessoas que mantêm uma relação com o mundo da explicação científica, é a “domestificação” das idéias científicas. Trata-se da formação e articulação de idéias mistas que incorporam parte do esquema formal científico e o adequam às idéias intuitivas.

Desta forma, o conhecimento científico proposto pela escola pode sofrer alterações complexas ao serem elaboradas pelos estudantes. Isso porque a estruturação deste conhecimento, abrangente e vital, não poderá ser realizado sem seu confronto aberto com as concepções espontâneas deles.

Conforme FILOCRE (1986) as concepções espontâneas traduzem uma visão de mundo diferente, ou seja, é uma representação da realidade que difere da representação científica. Por isso, essas concepções não podem ser consideradas como uma imagem distorcida dos conceitos físicos contidos nos livros didáticos.

É interessante notar que, segundo VILLANI (1989), as concepções espontâneas e esquemas científicos, dificilmente são detectados nas avaliações comuns de nossas escolas. Desta forma não é fácil verificar se o pensamento do aluno é coerente com o saber científico proposto numa avaliação completa do raciocínio.

De acordo com PACCA (1984), a aplicação de uma fórmula, muitas vezes exige apenas a decodificação das informações dadas no problema, seguida de operações puramente algébricas. Os acertos não significam necessariamente que o aluno conhece o conceito, pois é possível seguir os mesmos passos algebricamente corretos, tendo um conhecimento espontâneo do conteúdo do problema.

Portanto, percebe-se que não basta conhecer uma fórmula, sem ter claro o contexto em que ela se aplica e no qual tem significado físico. Sabe-se que uma fórmula, geralmente é composta por um certo número de parâmetros, escolhidos convenientemente de acordo com a dependência entre eles e obedecendo às leis físicas. Mas a situação desses parâmetros não está completamente explícita na fórmula. Por isso, muitas vezes, o aluno utiliza uma fórmula juntamente com concepções espontâneas, intuitivas, das mesmas variáveis que ela relaciona.

Isto é o que ocorre com a 2ª lei de Newton. A maioria dos alunos se preocupa em saber a fórmula e a aplicam em problemas que exigem apenas cálculos. Porém, quando a eles se apresentam problemas nos quais se

pedem as forças envolvidas e que representem situações como um chute em uma bola, percebe-se que eles utilizam conceitos intuitivos para resolvê-los. Estas concepções espontâneas relacionam força e movimento. É o que veremos a seguir.

CONCEITOS INTUITIVOS SOBRE FORÇA E MOVIMENTO

Segundo VILLANI et al. (1985), as idéias espontâneas dos estudantes, na área da Mecânica, tendem sempre a relacionar entre si as grandezas relativas ao movimento e a caracterizá-las de maneira não ortodoxa. Geralmente eles associam força e velocidade e, velocidade e aceleração, numa relação de proporcionalidade.

As idéias espontâneas sobre o movimento não se referem essencialmente às grandezas cinemáticas ou às grandezas dinâmicas, mas representam a concepção do próprio movimento como algo que tem uma existência em si mesmo sem necessidade de se referir ao esforço em que se realiza. Como consequência, um objeto está, ou não, em movimento, somente se possui, ou não, uma força viva intrínseca.

Os conceitos de velocidade e aceleração são utilizados para caracterizar o movimento na Física formal e essas grandezas são também utilizadas na vida diária no próprio contexto do movimento. Contudo, a idéia de um movimento essencial parece ser mais fundamental, levando a considerar que velocidade e aceleração são detalhes que pouco contribuem para sua identificação e que, qualitativamente, dependem do próprio movimento, ou seja, quando o movimento se modifica, também sua velocidade e aceleração o fazem e, qualitativamente, velocidade e aceleração podem ser consideradas proporcionais.

Da mesma forma, as relações força-velocidade e força-aceleração são subprodutos da ligação fundamental e intrínseca entre força e movimento; por isso, é que facilmente encontra-se, entre as concepções espontâneas, a ligação entre força e velocidade e também o conhecimento da relação algébrica newtoniana entre força e aceleração, tão facilmente memorizadas pelos estudantes.

Para PEDUZZI et al. (1992), essas e outras concepções, conceitos ou idéias intuitivas são encontradas em um grande número de estudantes, em qualquer nível de escolaridade. Constitui, como foi visto anteriormente, um esquema conceitual coerente, com amplo poder explicativo e difere das leis e teorias científicas que eles têm de aprender. Também se viu que são muito persistentes e resistem ao ensino de conceitos que conflitam com elas e por isso interferem no aprendizado da Física. Além disso é importante

salientar que essas concepções intuitivas apresentam semelhanças com esquemas de pensamento historicamente superados.

RELAÇÃO ENTRE FORÇA E MOVIMENTO

De acordo com CRUZ (1985), o conceito de Força, como a maioria dos conceitos em Física, é devido a um longo desenvolvimento histórico. A primeira idéia deste conceito surgiu das especulações sobre a experiência cotidiana, ou seja, da consciência do esforço exercido em ações como movimentar os braços e as pernas, da sensação de superar a resistência de um corpo pesado ao levantá-lo do solo, ou ao levá-lo de um lugar para outro.

Na linguagem do senso comum as noções de força, esforço, potência, trabalho e intensidade aparecem como sinônimos.

Estas noções estão presentes em cada um de nós e formam a base sobre a qual vai se sobrepor o conhecimento científico hoje estabelecido.

Segundo o mesmo autor o desenvolvimento conceitual de cada um, passa, de forma mais ou menos rápida, pelas várias fases históricas do desenvolvimento conceitual da humanidade. Por isso, há uma relação entre as idéias de muitos estudantes e antigas concepções mantidas pelos grupos antigos e por filósofos da Idade Média sobre o movimento dos corpos. Por exemplo, a proporcionalidade entre Força e Velocidade, na Física Aristotélica, e a idéia de Força **impressa** de Hiparco e Filoponos, mais tarde ampliada por Buridan na sua Teoria do **impetus**.

Assim como outros povos, os gregos tentaram construir um sistema explicativo para a natureza. Para os primeiros cosmólogos gregos tais como Thales, Anaximandro e Anaximenes a questão fundamental era a origem do Universo. Para estes milesianos (da cidade de Mileto) existia muito pouco espaço para a noção de Força. Para eles o movimento era um dado da natureza e, em si mesmo, uma das causas de diferenciação das substâncias. Não havia necessidade de uma causa para o movimento.

Para introduzir um conceito próximo ao de Força é preciso escapar de Mileto. Com isso passa-se por Pitágoras, que foi um herdeiro dos milesianos. Para ele, havia os seres e as substâncias, que se diferenciavam na forma e combinação de formas, as quais possuíam um princípio de harmonia e equilíbrio definidas por razões numéricas. Assim a geometria entra pela primeira vez na descrição do mundo físico.

Heráclito de Éfeso, foi talvez o primeiro a enunciar com clareza um conceito próximo ao de Força como hoje se conhece.

Sua visão era diferente daquela dos milesianos e de Pitágoras. Heráclito acreditava que a harmonia ou equilíbrio não era um estado natural devido a

um princípio regulador, mas sim que por trás de todo o equilíbrio havia uma batalha entre tensões ou forças opostas, antagônicas. É através de Empédocles que esta doutrina ganha materialidade.

Para os antigos cosmólogos e para Platão, o movimento era uma propriedade inerente à matéria e esta era um organismo vivo. Desta forma, para Platão, a realidade física era dotada de movimento porque a natureza tinha “alma” vivente e imortal. E esta era imortal porque estava sempre em movimento com os planetas, a Lua e o Sol.

A explicação de Platão para a queda dos corpos, dizia que os corpos da mesma natureza tendem a ficar juntos. Sendo assim, para ele, terra atrai terra e fogo atrai fogo. Com isso a qualidade de um corpo ser leve ou pesado era uma propriedade natural. Além disso, havia uma outra explicação: a de que cada elemento tem um lugar natural no espaço. Segundo PEDUZZI et al. (1992) esta última hipótese foi adotada por Aristóteles e o fez atribuir realidades físicas diferentes à Terra e ao Céu, com reflexos diretos na forma com que irá estruturar as concepções em Mecânica.

Somente com a Teoria da Gravitação, de Newton, é que esta divisão entre o mundo do Céu e o mundo da Terra, cada um deles com suas próprias leis autônomas, foi completamente deixada de lado.

As concepções platônicas levaram Aristóteles a reconhecer dois tipos de Forças: a “**physis**” (natural ou de natureza de), que é uma força inerente à matéria e é responsável pelos movimentos ditos naturais, e a Força que é a força como causa de movimentos não naturais, como por exemplo, a força de puxar ou empurrar, causando o movimento compulsório de um segundo objeto.

O conceito de Força, de Aristóteles, é um dos conceitos mais intuitivos e mais próximos das concepções espontâneas de Força.

Na dinâmica aristotélica, o que se move e o que se movimenta devem estar em permanente contato, ou seja, um movimento se mantém se há uma força constantemente aplicada ao móvel.

Desta forma, para ele, ação à distância era impensável.

Conforme CRUZ (1985), a Lei da Força enunciada por Aristóteles deve-se à sua análise do movimento dos corpos e pode ser traduzida da seguinte forma:

$$\frac{\text{FORÇA EXERCIDA POR A}}{\text{PESO B}} = \text{VELOCIDADE DE B}$$

Desta Lei nota-se que a Força está sempre ligada a um corpo causador de Força (no caso, o corpo A). Isto significa que a Força é propriedade

deste corpo. Também segundo a Lei tem-se que a Força é proporcional à Velocidade.

Aristóteles parecia sugerir um limiar para a Força quando falava que um corpo A poderia não conseguir nem mesmo mover um corpo B num certo tempo, da mesma forma que um homem não consegue empurrar um corpo muito pesado.

Ele não definiu claramente um padrão de medida para sua Força. Aparentemente este padrão estava ligado ao peso do corpo. Porém, peso é “*physis*” (força natural), o que, em sua teoria, é totalmente diferente dessa força compulsória. Percebe-se, então, que a Física Aristotélica possui muitas contradições e levou séculos para ser derrubada.

Até aqui se viu a Física terrestre segundo Aristóteles. Em relação à Física celeste, Aristóteles se referia, ora a uma inteligência astral, um ser que era responsável por todos os movimentos, ora a uma propriedade intrínseca dos objetos celestes, uma visão astral, uma alma que os animava.

Os objetos celestes eram objetos primordiais, simples, incorruptíveis, indestrutíveis e imutáveis. De acordo com a lógica de sua doutrina, a causa e o efeito devem ser da mesma qualidade. Por isso só uma coisa primordial poderia ser responsável pelo movimento dos corpos celestes.

Conforme PEDUZZI et al. (1992), para explicar o movimento de um projétil, Aristóteles atribuiu ao meio, duplo papel: o de sustentar e ao mesmo tempo o de opor resistência ao movimento de um corpo. A partir daí a sua Dinâmica passou a sofrer contestações.

O conceito de Força aristotélica perdurou e pouco se adicionou a ele. Nem mesmo Arquimedes fez modificações significativas.

Com Hiparco e Filoponos permanece a idéia básica da Dinâmica Aristotélica, de que é necessário associar uma força a um objeto em movimento, porém de maneira diferente. Conforme PEDUZZI & PEDUZZI (1988), o movimento vertical de um projétil arremessado para cima se dá por meio de uma força imprimida ao projétil pelo projetor, a qual é absorvida pelo mesmo. À medida que o projétil se desloca, esta força vai se extinguindo e o leva para cima enquanto for maior a tendência natural do corpo para baixo. Portanto o esforço dispendido para arremessar o corpo permanece com o mesmo por algum tempo.

A noção de força **impressa** de Hiparco e Filoponos se constitui na base da Teoria do **impetus** desenvolvida por J. Buridan e outros estudiosos da escola parisiense, no século XIV. Esta teoria originou uma série de novas críticas às considerações de Aristóteles sobre o movimento de um corpo após cessado o seu contato com o projetor. Para Buridan,

quando um movedor coloca um corpo em movimento, ele implanta nele um certo **impetus**, isto é, uma certa força que possibilita ao corpo se mover na direção na qual o movedor começou a movimentá-lo, seja ela para cima, para baixo, para o lado ou em círculo. É por causa deste **impetus** que uma pedra se movimenta depois que o lançador cessou de movê-la (apud PEDUZZI & PEDUZZI 1988).

A teoria do **impetus**, então, fala de um certo **impetus**, “força”, “impressão”, “potência”, “virtude motriz” que se transmite do movente ao móvel nos movimentos bruscos, e de que um corpo em movimento natural também fica impregnado. É através desta Teoria que surge, pela primeira vez, mesmo que de forma incipiente, a idéia de uma única Física para explicar eventos terrestres e celestes.

Esta nova Física precisa abalar toda uma estrutura rigidamente estabelecida ao longo dos séculos, em que se acham interligados componentes de Ciência, Filosofia e Religião, para então desenvolver-se.

Por fim, conforme PEDUZZI et al. (1992) e PEDUZZI & PEDUZZI (1988), Galileu contribuiu para a formação da ciência moderna através de suas primeiras idéias e o uso da dinâmica do **impetus**, nas explicações sobre o movimento vertical de subida e de descida de um corpo sob a ação da gravidade. Há também a Lei da Queda dos Corpos, que introduziu uma Física quantitativa dissociada da Física de Aristóteles e de seus seguidores, que tentavam explicar qualquer movimento através de suas causas. Finalmente há a hipótese de Galileu sobre a queda dos corpos com aceleração constante, o movimento de projéteis e a inércia (circular) de Galileu.

É importante notar que, a Física Aristotélica, a Física do **impetus** e a Física Matemática Experimental Arquimediana, estão presentes no pensamento de Galileu, englobando três períodos da história do pensamento científico.

2ª LEI DE NEWTON

O físico e matemático inglês Isaac Newton (1642-1727), baseado nos fundamentos lançados por Galileu e nos seus estudos adicionais, formulou três Leis, conhecidas como Leis de Newton ou Leis do Movimento. Essas leis formam a base da Dinâmica, parte da Mecânica que se preocupa com as causas que produzem e modificam o movimento, relacionando as características do movimento propriamente dito com os fatores que o determinam e o modificam (SANTOS, 1988).

De acordo com TIPLER (1994), a 2ª lei de Newton ou Princípio Fundamental da Dinâmica juntamente com a 1ª Lei de Newton, que é um caso particular daquela, podem ser consideradas como a definição de Força. Se constata que há uma ligação entre as grandezas dinâmicas- Força e Massa – e as grandezas cinemáticas – Aceleração, Velocidade e Deslocamento, através da 2ª Lei de Newton .

Com esta se pode descrever todo e qualquer movimento, desde que se conheçam as forças a que eles estão sujeitos, as posições iniciais e as velocidades iniciais.

Desta forma se verá que a 2ª Lei de Newton descreve uma ligação entre Força e Aceleração (variação da velocidade) e não a conexão entre Força e Velocidade em si, como muitos estudantes acreditam, e também antigos filósofos.

Para melhor compreensão desta Lei será apresentado um rápido estudo dos conceitos de Massa, Força, relação entre Força e Aceleração, e por fim a 2ª Lei de Newton propriamente dita.

CONCEITO DE MASSA

Segundo JUNIOR et al. (1968) nas tentativas de se colocar corpos em movimento é que se forma, talvez, o primeiro conhecimento do movimento e suas causas. Neste caso, observa-se que o próprio esforço muscular é a causa do movimento e que quanto maior o esforço, maior o movimento resultante.

Porém, dependendo do objeto que é movido, o mesmo esforço parece produzir resultados muito diferentes.

Desta forma, se lançarmos duas pedras, uma pequena e outra maior e “mais pesada”, constata-se que a menor adquire uma velocidade maior que a outra, mesmo se exercemos um esforço máximo. Então, é possível supor, que é uma propriedade do objeto, isto é, da matéria, e que determina sua resposta a uma dada causa do movimento. Esta propriedade é chamada a inércia do objeto.

Em geral, a Inércia de um corpo é diferente da Inércia de um outro corpo. Esta por sua vez significa a tendência de um corpo a resistir a mudanças de velocidade. Assim, quanto maior esta tendência, maior a Inércia do corpo.

Constata-se que para melhor definir Inércia é preciso reconhecer o fato experimental que, todos os corpos, quando postos em movimento, tendem a se mover com velocidade uniforme, isto é, numa linha reta com velocidade escalar constante, em relação a um observador, fato este conhecido de Galileu e formulado por Newton como a 1ª Lei do Movimento. A Inércia dos corpos

torna-se observável somente quando eles são acelerados. Estas considerações embasam a definição de massa de uma partícula, que é a medida de sua inércia, avaliada em unidades de massa, sendo no Sistema Internacional (SI), o quilograma (Kg).

CONCEITO DE FORÇA

Segundo TIPLER (1994), Força significa qualquer influência sobre o corpo de modo que a sua aceleração seja modificada. Sendo assim, a Força é capaz de fazer com que este se movimente, se estiver parado, ou pare, se estiver em movimento, ou seja, ela modifica o seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme.

Para ÁLVARES & LUZ (1979) o efeito de uma Força fica bem caracterizado ao se especificar seu módulo, sua direção e seu sentido. Isto porque a Força é uma grandeza vetorial e é representada por um vetor.

RELAÇÃO ENTRE FORÇA E ACELERAÇÃO

Viu-se que o módulo da Aceleração de um corpo é proporcional à intensidade da Força aplicada e por isso pode-se escrever que $F/a = K$, onde K é a constante de proporcionalidade. Essa constante nada mais é do que a medida da inércia do corpo, denominada de Massa (inercial) do corpo, e simbolizada por m. Daí, segundo ÁLVARES & LUZ (1979), segue-se:

$$m = \frac{F}{a} \text{ donde } F = m \cdot a .$$

Conforme JUNIOR et al. (1968), a relação $F = m \cdot a$ é uma relação entre os módulos de dois vetores F e a , de modo que o primeiro depende da interação do corpo e outros corpos e o segundo das propriedades do próprio corpo, ou seja, de sua inércia ou massa. Experimentalmente, verifica-se que a aceleração adquirida por um corpo tem a mesma direção e o mesmo sentido da força aplicada, isto é, os vetores F e a têm sempre a mesma direção e o mesmo sentido. É importante salientar que a força F é a resultante das forças que atuam no corpo.

2ª LEI DE NEWTON

Quando um corpo é submetido à ação de duas ou mais forças, a sua aceleração é a mesma que teria se fosse submetido à ação de uma única

força resultante F_R igual à soma vetorial das forças individuais. Assim, a equação vetorial $F = m \cdot a$ pode ser substituída por $F_R = m \cdot a$ ou $\Sigma F = m \cdot a$, que são as expressões matemáticas da 2ª lei de Newton em sua forma mais geral.

Segundo JUNIOR et al. (1968), quando a resultante das forças sobre um corpo for nula, este tende a continuar no seu estado de movimento, ou seja, repouso ou movimento uniforme (velocidade constante). Assim, para ocorrerem mudanças de velocidade de um corpo é preciso que haja uma força ou um sistema de forças, cuja resultante não seja nula.

Ou seja, para um corpo não estar acelerado significa que a soma das forças sobre ele é zero, isto é, que existe uma força equilibrada. Portanto, se não há movimento, não quer dizer, necessariamente que não existam forças.

METODOLOGIA

Baseado nos trabalhos realizados por PEDUZZI & PEDUZZI (1985a,b), foi organizado um questionário com quatro questões objetivas, cada uma delas com cinco alternativas de escolha, envolvendo lançamento vertical, oblíquo e horizontal de um projétil. Foi solicitado aos estudantes que assinalassem a que representava corretamente a(s) Força(s) que age(m) sobre o projétil em movimento, desprezando a resistência do ar.

As questões foram respondidas por trinta alunos de uma turma da 2ª série do 2º grau, os quais já haviam estudado as leis de Newton e também o movimento de projéteis.

O questionário se apresenta a seguir.

Questão 1: Uma bola é lançada verticalmente para cima. Desprezando a resistência do ar, assinale a alternativa que representa a(s) Força(s) sobre a bola em cada uma das seguintes situações:

1.1- No ponto a, quando a bola está subindo



(a)



(b)



(c)

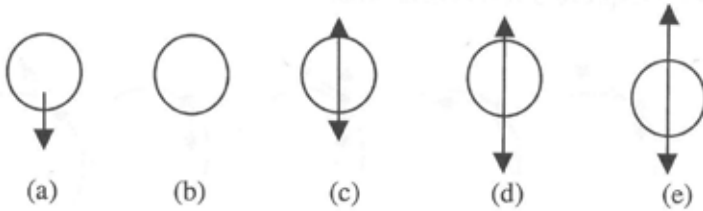


(d)

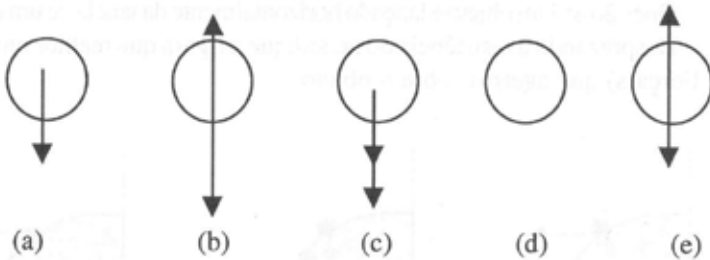


(e)

1.2 – No ponto b, quando a bola atinge o ponto mais alto da sua trajetória

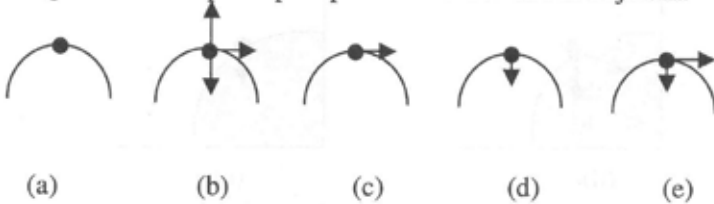


1.3 – No ponto c, quando a bola está descendo

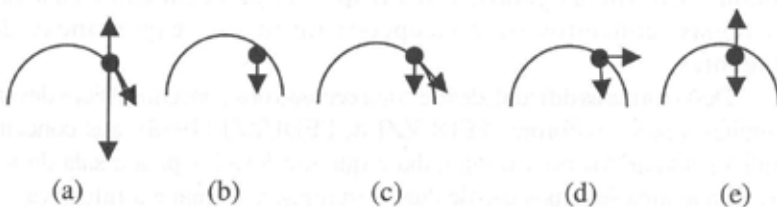


Questão 2: Um jogador de basquete arremessa uma bola à cesta. Despreze a resistência do ar. Marque qual a opção que representa corretamente a(s) Força(s) que age(m) sobre a bola nas seguintes situações:

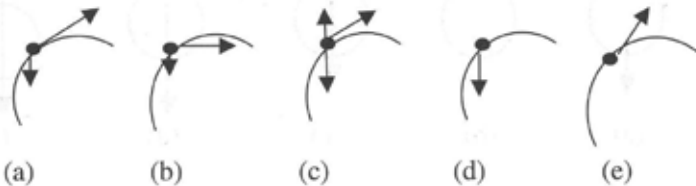
2.1 – Quando a bola passa pelo ponto mais alto da sua trajetória



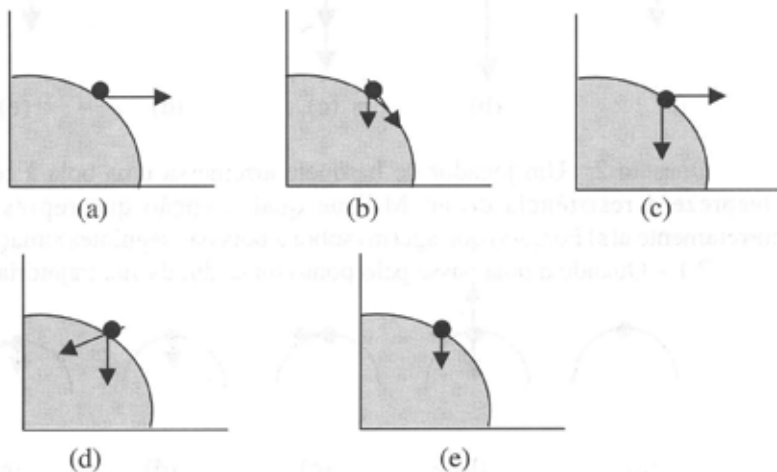
2.2 – Na descida da bola



Questão 3: Assinale qual das figuras abaixo representa a(s) Força(s) que age(m) sobre uma bola arremessada por um jogador de futebol. Despreze a resistência do ar.



Questão 4: Um objeto é lançado horizontalmente da janela de um edifício. Desprezando a resistência do ar, indique a figura que melhor representa a(s) Força(s) que age(m) sobre o objeto.



Segundo VILLANI (1989), as respostas incorretas dos alunos a problemas ou testes de Física podem ser agrupadas em torno de alguns padrões típicos os quais parecem representar “uma tendência comum”. Em linhas gerais, estas respostas parecem estar baseadas nas idéias, conceitos ou concepções intuitivas, espontâneas dos estudantes.

Desta forma as dificuldades de compreensão dos conceitos físicos devem-se muitas vezes, conforme PEDUZZI & PEDUZZI (1988), aos conceitos intuitivos adquiridos no seu dia-a-dia e que são levados para a sala de aula provocando uma superposição de duas estruturas: a formal e a intuitiva.

Na análise dos resultados e especialmente em relação à 2ª Lei de Newton, que relaciona Força e Aceleração, procurou-se verificar a presença dos conceitos espontâneos no processo ensino-aprendizagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos se apresentam sob a forma de gráficos de barras em que a cor preta representa a alternativa correta.

A primeira questão, que está dividida em três situações, refere-se a uma bola lançada verticalmente para cima e pede-se a(s) força(s) que atua(m) sobre ela. A primeira situação, questão 1.1, refere-se à subida da bola. Os resultados apresentam-se na Figura 1.

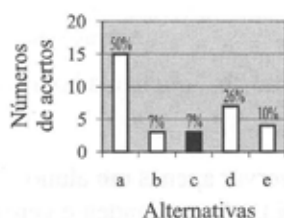


Figura 1 – No ponto “a”, quando a bola está subindo.

Os resultados mostram que, dos trinta alunos, apenas dois (7%) assinalaram corretamente a Força-peso como única força atuante. Cerca de 43% desses alunos identificaram uma Força para cima na direção do movimento da bola, além da Força-peso, e 50% marcaram a alternativa (a) que apenas identifica uma força para cima.

O fato da metade dos alunos considerarem apenas uma Força para cima se deve, conforme PEDUZZI et al. (1992), a uma forte influência dos seus conceitos espontâneos ligados a esquemas conceituais historicamente superados. Por isso, de acordo com CRUZ (1985), é possível justificar a opção desses alunos voltando ao passado e analisando a teoria do **impetus** desenvolvida por J.Buridan e outros estudiosos da época. Desta forma parece que esses alunos acreditam numa força **impressa** e que é por causa dela que a bola continua a se mover para cima depois que o lançador parou de movê-la.

Além disso, pode haver também uma ligação desses conceitos intuitivos com a Lei da Força, de Aristóteles. Segundo o autor acima citado, essa lei relaciona proporcionalmente Força e Velocidade. Como os alunos já estudaram em Cinemática que quando um corpo está subindo verticalmente a sua velocidade varia, logo, se a velocidade é diferente de zero há uma força diferente de zero nesta direção.

Na segunda situação, questão 1.2, pede-se a(s) força(s) sobre a bola quando esta atinge o ponto mais alto da sua trajetória. A Figura 2 apresenta os resultados obtidos.

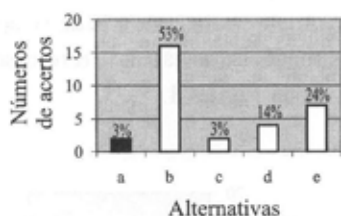


Figura 2 - No ponto "b", quando a bola atinge o ponto mais alto da sua trajetória.

Como se pode observar apenas um aluno (3%) marcou corretamente a alternativa (a), um (3%), não respondeu e cerca de 53% identificaram a alternativa (b) que não consta de nenhuma Força atuante.

Percebe-se novamente a influência das concepções intuitivas relacionadas com a Dinâmica Aristotélica. Isto porque os alunos já estudaram lançamento vertical e sabem que no ponto mais alto da trajetória a velocidade é nula; logo parece que eles utilizam a Lei da Força, de Aristóteles, e associam que não existem Forças neste ponto.

Na terceira situação, questão 1.3, é pedido a(s) força(s) que age(m) sobre a bola quando ela está descendo. Os resultados estão sintetizados na Figura 3.

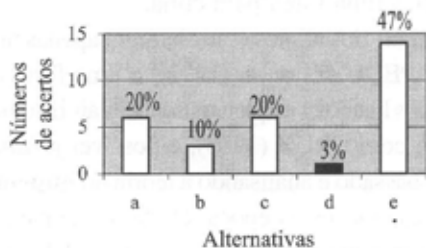


Figura 3 – No ponto "c", quando a bola está descendo.

Observa-se que dez alunos (33%) responderam corretamente a alternativa (a), um (3%), não respondeu e cerca de 57% desses alunos marcaram a alternativa (c) que identifica duas Forças apontadas para baixo. Pode-se interpretar que tenham considerado além da Força-peso outra Força na direção do movimento. Esta, por sua vez, está relacionada aos conceitos espontâneos ligados à Teoria da Força **impressa** e/ou à Lei da Força, de Aristóteles, como na questão 1.1 A diferença está que neste caso o movimento é para baixo.

A questão 2 divide-se em duas situações. Na situação 2.1 pedia-se a(s) Força(s) que atua(m) sobre uma bola, arremessada por um jogador de basquete, que descreve uma trajetória parabólica, quando esta passa pelo ponto mais alto da sua trajetória. Os resultados encontram-se na Figura 4.

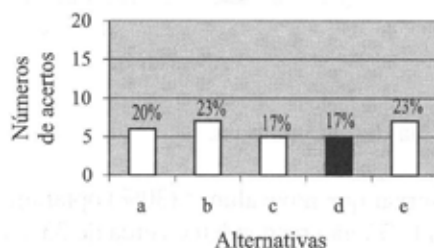


Figura 4 – Quando a bola passa pelo ponto mais alto.

Estes resultados mostram que cinco alunos (17%) responderam corretamente a letra (d); os demais se dividiram proporcionalmente entre as alternativas restantes. Cerca de 47% assinalaram as opções (b) e (e) que indicam a Força-peso e uma Força horizontal. A diferença é que na alternativa (b) existe mais uma Força vertical dirigida para cima.

Embora esses alunos já tenham estudado movimento de projéteis, percebe-se que eles não utilizam os conceitos formais. Era de se esperar que eles não considerassem uma Força horizontal, pois nessa direção não há aceleração e portanto não há Forças. Além disso, por eles saberem que o vetor velocidade é tangente à trajetória, no movimento de projéteis, acabam relacionando a existência desta com a existência de Forças nesta direção.

Assim, observam-se novamente as concepções espontâneas ligadas à Dinâmica Aristotélica.

Por outro lado, percebe-se também que os conceitos intuitivos que eles utilizaram estão também relacionados com a Teoria da Força **impressa**.

Isto porque uma alternativa fornece uma força vertical apontada para cima, além da Força horizontal e da Força-peso. Sendo assim, parece que eles consideram uma Força **impressa** na bola depois do arremesso que a orienta para cima e depois horizontalmente, e desta forma acaba por descrever a sua trajetória curvilínea.

Na situação seguinte, a 2.2, pede-se a(s) Força(s) que atua(m) sobre a bola arremessada, na sua descida. Os resultados encontram-se na Figura 5.

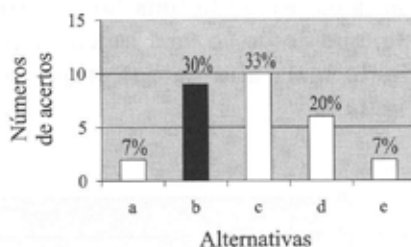


Figura 5 – Na descida da bola.

Pode-se observar que nove alunos (30%) optaram corretamente pela alternativa (b), um (3%) não respondeu e cerca de 33% marcaram a opção (c) quase a mesma percentagem daqueles que acertaram. Novamente se percebe os conceitos espontâneos ligados à Teoria do **impetus** e/ou à Lei de Força, de Aristóteles, na escolha da alternativa (c).

Na terceira questão pede-se a(s) Força(s) que atua(m) numa bola, depois que esta é chutada por um jogador de futebol, que também descreve um trajetória parabólica antes de atingir o ponto mais alto. Os resultados apresentam-se na Figura 6.

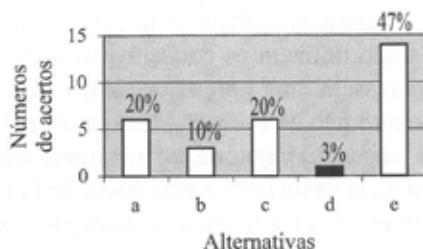


Figura 6 – Bola arremessada por um jogador de futebol.

Sua análise mostra que apenas um aluno (3%) assinalou corretamente a opção (d), e cerca de 47% escolheram a alternativa (e) que identifica somente uma Força tangente à trajetória. Assim, outra vez percebe-se a relação dos conceitos intuitivos aplicados com a Teoria do **impetus**, que para justificar a subida da bola deve existir uma Força na direção do movimento.

Na quarta questão pediam-se a(s) Força(s) que atua(m) sobre um objeto lançado horizontalmente. Os resultados encontram-se na Figura 7.

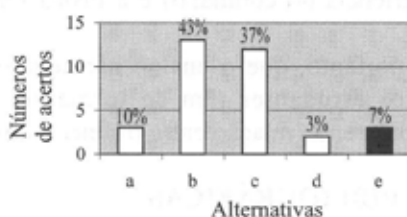


Figura 7 – Objeto lançado horizontalmente.

Dois alunos (7%) identificaram corretamente a opção (e). Cerca de 80% desses alunos escolheram as alternativas (b) e (c), dos quais 43% optaram pela letra (b). Como se poderia esperar, nesta alternativa há uma Força tangente à trajetória além da força-peso. Os outros 37% escolheram a letra (c) que mostra uma força horizontal além da Força-peso sobre o objeto. Percebe-se que os conceitos intuitivos ligados à Teoria do **impetus** e à Dinâmica Aristotélica novamente foram acionados.

Através de uma análise individual das respostas desses estudantes percebe-se uma grande diversidade de pensamento, ao interpretarem cada questão, devido às concepções intuitivas. Alguns utilizaram a Mecânica newtoniana para resolução da questão sobre lançamento vertical, mas para a solução das demais houve a utilização de concepções espontâneas.

De maneira geral as respostas dos estudantes confirmam que os conceitos intuitivos em relação à 2ª Lei de Newton relacionam força e velocidade e, velocidade e aceleração, numa relação de proporcionalidade.

Além disso constatou-se que essas concepções espontâneas estão ligadas, segundo CRUZ (1985), à teoria de **impetus** e à Dinâmica Aristotélica e percebeu-se a forte influência desses conceitos nas respostas dadas pelos estudantes de 2º grau.

CONCLUSÕES

Como foi visto, no referencial teórico deste trabalho, a diversidade de pensamento dos alunos deve-se aos conceitos intuitivos. Desta forma o conhecimento científico, conforme VILLANI (1989), sofre alterações complexas ao serem elaboradas pelos estudantes a partir de tendência a generalizar e ampliar os conhecimentos adquiridos.

Verifica-se que o conhecimento deles torna-se falho, pois existe uma grande dificuldade na compreensão do conceito "Força". Desta forma, mesmo sem perceberem, eles trabalham com a Física intuitiva (conceito formado pela experiência do cotidiano) e a Física formal (ensinada nas escolas).

Observa-se portanto, que o ensino não leva em consideração a necessidade que os estudantes têm de formarem o conceito físico corretamente, estabelecendo relação entre o conceito formal e o intuitivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVARES, Beatriz Alvarenga; LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da. 1979. **Curso de Física**. São Paulo: Harbra. v.1.
- CRUZ, F.F. de Souza. 1985. O conceito de força no pensamento grego. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.1, n.2 p. 16-24.
- FILOCRE, João. 1986. A teoria de Piaget como sistema de referência para compreensão da "Física Intuitiva". **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.3, n.2 p.85-96.
- JUNIOR, Michel; LEMON, Harvey B.; STEPHENSON, Terence. 1968. **Curso de Física : Mecânica**. São Paulo: Edgard Blücher.
- PACCA, Jesuína. 1984. Entendimento de conceitos e capacidade de pensamento formal. **Revista de Ensino de Física**, Porto Alegre, v.6, n.2, p.23-28.
- PEDUZZI, Sônia; PEDUZZI, Luiz. 1985. O conceito de força no movimento e as duas primeiras leis de Newton. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.1, n.2, p.6-15.(a).
- _____. 1985. Força no movimento de projéteis. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.2, n.3, p. 114-127. (b).
- _____. 1988. Leis de Newton: uma forma de ensiná-las. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.5, n.3, p. 142-161.

- PEDUZZI, Luiz O. Q. et al. 1992. As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a História da Ciência numa seqüência de conteúdos em Mecânica: o referencial teórico e a receptividade de estudantes universitários à abordagem histórica da relação força e movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Porto Alegre, v.14, n.4, p.239-245.
- SANTOS, José Ivan C. dos. 1988. **Conceitos de Física: Mecânica**. 3. ed. São Paulo: Ática. v.1.
- TIPLER, Paul A . 1994. **Física: Mecânica** .3.ed. Rio de Janeiro: Koogan. v.1.
- VILLANI, Alberto et al. 1985. Concepção espontânea sobre movimento. **Revista de Ensino de Física**, Porto Alegre, v.7, n.1, p. 37-45 .
- VILLANI, Alberto.1989. Idéias espontâneas e ensino de Física. **Revista de Ensino de Física**, Porto Alegre, v.11, p.130- 147.
- ZYLBERSZTAJN, Arden.1983. Concepções espontâneas em Física: exemplos em Dinâmica e implicação para o ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Porto Alegre, v.5, n.2, p. 3-16.