



COMPROMETIMENTO DA APRENDIZAGEM NOS LIVROS-TEXTO DE FÍSICA: DISCORDÂNCIAS DIDÁTICAS ENTRE TEORIA E EXERCÍCIO

Maria Lúcia M. Costa – luciacosta@ufpa.br

Wilson R. M. Rabelo – rabelo@ufpa.br

Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia (ITEC)

Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá

CEP 66075-110, Belém - Pará

Resumo: *Este trabalho pretende mostrar que há discordâncias didáticas entre a abordagem teórica desenvolvida nos livros-texto de Física e a forma como os exercícios são explorados. Evidenciamos que os exercícios de Física são elaborados como charadas matemáticas, ou seja, realçam apenas o caráter quantitativo das grandezas físicas, sendo que, desta forma, não proporcionam um encadeamento didático que faça correspondência à abordagem do conteúdo apresentada no decorrer do capítulo. Mostramos que a abordagem teórica desenvolvida nos livros didáticos das disciplinas de Física Básica explora a dimensão quantitativa e a significativa (conceitual) das grandezas físicas, promovendo, assim, um método apropriado de ensino dos fenômenos físicos. Com o objetivo de resolver esta incompletude, propomos o que denominamos de “versão estendida” dos exercícios propostos no livro-texto, a qual redimensiona a situação-problema mostrada no exercício original em uma sequência de solicitações de modo a identificar as grandezas físicas e suas inter-relações, sendo que a solução do exercício é alcançada efetivando-se um entendimento mais completo da Física.*

Palavras-chave: *Ensino de Física, Grandezas físicas, Abordagem teórica, Aprendizagem.*

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, assim como nos demais países, os cursos de graduação em Ciências Exatas e Engenharias possuem em suas matrizes curriculares as disciplinas de Física Básica (Mecânica, Ondas e Termodinâmica, Eletromagnetismo, Óptica e Física Moderna), de modo que, também seguindo o padrão mundial, a maioria destas graduações tem, como referência de livros-texto destas disciplinas, as coleções Fundamentos de Física (HALLIDAY *et al.*, 2008), Física (HALLIDAY *et al.*, 2002), Física (SEARS *et al.*, 2008), Física Um Curso Universitário (ALONSO & FINN, 2005). Há também títulos conhecidos de autores nacionais, como Curso de Física Básica (NUSSENZVEIG, 2002) e, mais recentemente, Física (CHAVES & SAMPAIO, 2007). A contar pelo número de edições, podemos acompanhar o aprimoramento científico e didático destas obras.

Realização:

 **ABENGE**

Organização:



**O ENGENHEIRO
PROFESSOR E O
DESAFIO DE EDUCAR**



A partir do enfoque científico, estes livros-texto sempre buscaram desenvolver a Física relacionando-a com temas de pesquisa contemporânea, seja através de ilustrações e de exercícios que abordem fatos reais ou o uso de tecnologias; e de leituras complementares ao final de cada capítulo. Destacamos também o próprio discurso científico, o qual é desenvolvido por meio de questionamentos sobre os fenômenos físicos; a exposição das relações de interdependência entre as grandezas físicas; e o desenvolvimento algébrico de equações matemáticas, as quais, como sabemos, representam os comportamentos físicos.

Em termos didáticos, ressaltamos desde os recursos técnicos, como o uso de tabelas, gráficos, diagramas e cores na edição do texto, como, principalmente, a escolha de um roteiro, de modo a permitir a exposição do assunto em uma sequência didática. Seguindo esta estratégia, temos o uso de textos de abertura de capítulos, os quais propõem relacionar o tópico a ser estudado com situações do cotidiano, as quais só podem ser compreendidas por meio da própria Física; apresentação de exemplos, explorando os aspectos teóricos e quantitativos; proposição de testes teóricos; destacamento das ideias fundamentais; sugestão de táticas para a resolução algébrica dos exercícios, que, no entanto, chamam à atenção para a identificação dos conceitos apreendidos; e apresentação de um resumo das definições e equações, ao final de cada capítulo.

Desta forma, notamos que a abordagem teórica nos livros-texto de Física Básica, constitui um método de ensino que contempla as especificidades da Física, no que diz respeito à investigação, compreensão, representação e contextualização dos fenômenos físicos. Entretanto, a partir de nossas experiências com o ensino de Física nos cursos de Engenharia do Instituto de Tecnologia da UFPa, ao adotarmos estes livros-texto tradicionais, percebemos que os exercícios apresentados, em sua maioria, são incoerentes com a metodologia didática, em que nos referimos anteriormente. Os exercícios de Física consistem em exercícios de Matemática, pois solicitam principalmente resultados numéricos, o qual é obtido por meio de cálculo e, como consequência, encontramos um entrave para a efetivação da aprendizagem. Para contornar este problema, propomos o que denominamos de versão estendida (VE) dos exercícios, a qual redimensiona a situação-problema mostrada no exercício original em uma sequência de solicitações, com o objetivo de aplicar a mesmo procedimento didático desenvolvido na abordagem teórica do livro-texto. O artigo está organizado da seguinte forma: na seção 2, destacamos os pontos principais da metodologia desenvolvida no livro-texto Fundamentos de Física - Mecânica, Vol. 1 (HALLIDAY *et al.*, 2009), tratando do tópico Movimento de Queda Livre; posteriormente, consideramos um exercício apresentado no livro e propomos a VE para o mesmo. Finalizamos a seção 2, mostrando resoluções para a VE, apresentadas por discentes de Engenharia Sanitária e Ambiental. Na seção 3, analisamos a versão original e a estendida para uma questão de Dinâmica, também tratada a partir do livro Fundamentos de Física. Finalizamos a seção 3, apresentando resoluções da VE, desenvolvidas por discentes de Engenharia Elétrica. Na seção 4, apresentamos as conclusões.

2. UMA ANÁLISE CONCEITUAL E QUANTITATIVA DA CINEMÁTICA

2.1. Abordagem didática para o movimento de queda livre

Na seção dedicada ao estudo do movimento de queda livre (HALLIDAY *et al.*, 2009), encontramos, além da definição deste tipo de movimento, uma sequência de explicações sobre a representação vetorial das grandezas físicas posição, velocidade e aceleração, que descrevem o movimento. A ideia principal é quanto ao estabelecimento do eixo vertical Oy ,



que define a direção do movimento, assumindo o sentido positivo para cima. Como veremos posteriormente na análise do exercício proposto, o mesmo não faz referência explícita a esta condição e, conseqüentemente, entendemos que esta lacuna faz com que os alunos não identifiquem a natureza vetorial das grandezas cinemáticas. Ainda no texto da referida seção, encontramos um exercício-teste, que propõem analisar o sinal algébrico do deslocamento, durante o movimento de subida e de descida em queda livre. A seção do livro finaliza com dois exemplos de exercício. Abaixo, transcrevemos o primeiro exemplo, e destacamos os pontos principais da explicação dada no livro, e mostramos na Figura 1 a representação do movimento, apresentada no livro.

Em 26 de setembro de 1993, Dave Munday foi até o lado canadense das cataratas do Niágara com uma bola de aço, equipada com um furo para a entrada de ar, e caiu 48 m até a água (e as pedras). Suponha que a velocidade inicial era nula e despreze o efeito do ar sobre a bola durante a queda. (a) Quanto tempo durou a queda de Munday? (b) Munday podia contar os três segundos de queda livre, mas não podia ver o quanto tinha caído a cada segundo. Determine sua posição no final de cada segundo de queda. (c) Qual era a velocidade de Munday ao atingir a superfície da água? (d) Qual era a velocidade de Munday no final de cada segundo? Ele sentiu o aumento de velocidade? (Texto do Exemplo 2-7 do livro Fundamentos de Física – Mecânica, Vol. 1, p. 27, HALLIDAY et al., 2009).

Na resolução do livro, inicialmente há a indicação de que para a queda livre, usam-se as equações do movimento com aceleração constante, as quais são fornecidas abaixo:

$$y - y_0 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (1)$$

$$v = v_0 + a t \quad (2)$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a (y - y_0) \quad (3)$$

Posteriormente, temos a definição das condições iniciais, a partir dos dados fornecidos no enunciado da questão, portanto, assume-se a posição inicial $y_0 = 0$, correspondente ao ponto de partida do salto, e o instante $t = 0$ s, com velocidade inicial $v_0 = 0$ m/s, para o início do movimento; a aceleração $a = -9,8$ m/s² e a posição final do movimento de queda livre $y = -48$ m. Usando a Equação (1), para a posição em função do tempo, determina-se o tempo da queda $t = 3,1$ s. Substituindo-se na Equação (1), os valores $t = 1,0$ s, $2,0$ s e $3,0$ s, encontramos, respectivamente, as posições $y = -4,9$ m, $-19,6$ m e $-44,1$ m, as quais são ilustradas na representação do movimento, dada na Figura 1.

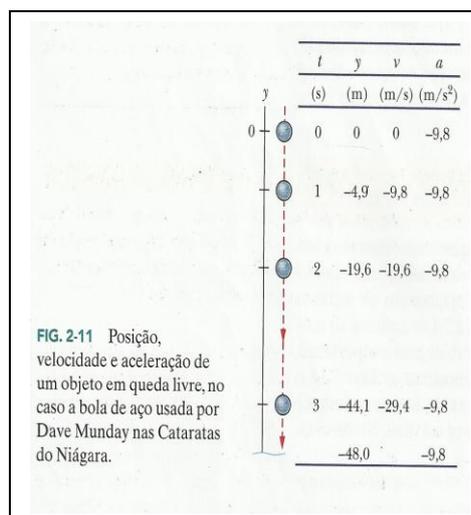


Figura 1: Representação da queda livre, ilustrando a localização do objeto em função do tempo (Fundamentos de Física – Mecânica, Vol. 1, p. 28, HALLIDAY *et al.*, 2009).

Destacamos ainda a opção do livro em usar a Equação (3) para determinar a velocidade ao atingir a superfície da água, obtendo $v \approx -31$ m/s, após a escolha da raiz negativa no procedimento algébrico e, deste modo, servindo didaticamente para ilustrar o acordo entre o cálculo e o significado físico do sentido do vetor velocidade. Finalmente, com a Equação (2), determinam-se as velocidades assumidas, respectivamente, em $t = 1,0$ s, $2,0$ s e $3,0$ s, as quais são também ilustradas na Figura 1. A pergunta final, apresentada no exemplo, também é interessante, pois se refere à compreensão conceitual da grandeza física, enfatizando a distinção entre aceleração constante e a mudança da aceleração.

*Um lançador arremessa uma bola de beisebol para cima, ao longo do eixo y , com uma velocidade inicial de 12 m/s. (a) Quanto tempo a bola leva para atingir a altura máxima? (b) Qual é a altura máxima alcançada pela bola em relação ao ponto de lançamento? (c) Quanto tempo a bola leva para atingir um ponto 5,0 m acima do ponto inicial? (Texto do Exemplo 2-8 do livro Fundamentos de Física – Mecânica, Vol. 1, p. 28, HALLIDAY *et al.*, 2009).*

Neste segundo exemplo, encontramos o mesmo procedimento anterior, em que a interpretação dos valores iniciais e finais das grandezas cinemáticas está vinculada a definição do eixo vertical Oy . Na Figura 2, destacamos a representação do movimento exibida no exemplo do livro, a qual sintetiza o comportamento vetorial da velocidade e da aceleração para os percursos de subida e descida na queda livre.

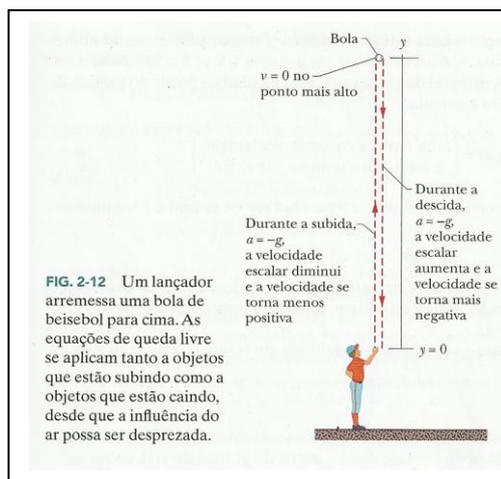


Figura 2: Representação da queda livre, ilustrando a velocidade e a aceleração de acordo com o eixo vertical Oy (Fundamentos de Física – Mecânica, Vol. 1, p. 29, HALLIDAY *et al.*, 2009).

2.2. Proposição da versão estendida para um exercício de queda livre

Iniciamos agora a nossa análise sobre o que consideramos ser a segunda parte de um projeto de ensino pressuposto em um livro-texto, que é a seção dos exercícios teóricos, os quais, como o próprio nome sugere, servem para fixar o aprendizado. Abaixo, mostramos o enunciado de um exercício proposto no livro, referente ao capítulo que trata da queda-livre.

*Um desordeiro joga uma pedra verticalmente para baixo com uma velocidade inicial de 12,0 m/s, a partir do telhado de um edifício, 30,0 m acima do solo. (a) Quanto tempo leva a pedra para atingir o solo? (b) Qual é a velocidade da pedra no momento do choque? (Exercício extraído do livro Fundamentos de Física – Mecânica, Vol. 1, p. 36, HALLIDAY *et al.*, 2009).*

Mostramos agora a reelaboração que fizemos do exercício, com o objetivo de examinarmos conceitualmente as grandezas físicas.

Um desordeiro joga uma pedra verticalmente para baixo com uma velocidade inicial de 12,0 m/s, a partir do telhado de um edifício, 30,0 m acima do solo. O módulo da aceleração da gravidade vale $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. (a) Represente o movimento de queda livre da pedra, definindo o eixo Oy para a posição vertical e as demais grandezas cinemáticas envolvidas. (b) Quanto tempo leva a pedra para atingir o solo? Justifique fisicamente como determinar. (c) Qual é a velocidade da pedra no momento do choque? O movimento de queda é acelerado? Explique.



Ao compararmos as duas propostas, questionamos que a forma como o exercício original é elaborado exige do aluno somente respostas numéricas como solução do problema, deixando de requerer os argumentos teóricos que justificam o procedimento de cálculo, e que consistem no entendimento completo da Física tratada no exercício. Desta forma, reelaboramos a situação-problema, de modo a permitir que a resolução de problemas de Física seja efetivamente um método de ensino que integre as partes quantitativa e conceitual.

2.3. Soluções apresentadas por discentes de Engenharia Sanitária e Ambiental a partir da VE

Apresentamos abaixo uma resolução da VE do exercício de queda livre, a qual foi mostrada no quadro anterior. A solução foi apresentada por um grupo de três discentes do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental do ITEC-UFPa, por meio da 1ª avaliação da disciplina Física Fundamental I, realizada durante o 2º semestre letivo de 2012.

a)

$v_0 = -12 \text{ m/s}$
 $g = -9,8 \text{ m/s}^2$
 $\Delta y = y_2 - y_1 = 0 - 30$
 $\Delta y = -30$

O tempo determina-se a partir da velocidade inicial e da altura do edifício.

b) $\Delta y = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$
 $-30 = -12 t - \frac{9,8 t^2}{2}$
 $4,9 t^2 + 12 t - 30 = 0$
 $\Delta = b^2 - 4ac$
 $\Delta = 144 + 588$
 $\Delta = 732$

$t' = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2 \cdot a}$
 $t' = \frac{-12 + 27,05}{9,8}$
 $t' = 1,53 \text{ s}$

$t'' = \frac{-12 - 27,05}{9,8}$
 $t'' = -3,98$

obs: Como não existe tempo negativo considera-se t'

c) $V = v_0 - g t$
 $V = -12 - (9,8 \cdot 1,53)$
 $V = -12 - 14,99$
 $V = -26,99 \text{ m/s}$ → é um movimento acelerado, pois a velocidade aumenta ao decorrer do tempo

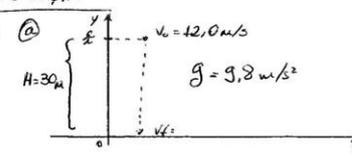
Temos que a solução apresentada pelos discentes mostra-se completamente coerente com a análise cinemática estabelecida. Notamos, com o desenvolvimento da questão, que foi a representação do movimento e a identificação das grandezas cinemáticas iniciais (velocidade, aceleração e deslocamento) que permitiu a atribuição dos valores na equação utilizada na letra (b). A resposta apresentada em (c) para o movimento de queda ser acelerado também está correta, apesar de não relacionar à concordância dos sentidos dos vetores velocidade e



aceleração, mas evidenciou uma explicação em acordo com situações cotidianas sobre o movimento.

Mostramos agora a solução apresentada para a mesma VE, feita por outro grupo de discentes.

Resolução

① a) 

$H = 30\text{m} \rightarrow \Delta y = y_f - y_i = -30\text{m}$
 $\Delta y = -30\text{m}$

Velocidade inicial = $12,0\text{m/s}$
 $g = 9,8\text{m/s}^2 \rightarrow$ aceleração $g(t)$
Mesmo sentido da queda.

b) ~~movimento~~ $\rightarrow y_f = y_0 + v_i t$ $\rightarrow 0 = -30 + 12t$
 $t = \frac{30}{12} \rightarrow t = 2,5\text{s}$ (chegada ao solo)

c) Ao jogar o pedo verticalmente observa-se sua aceleração (g) constante, caracterizando um movimento retilíneo uniforme (MRU).

d) Velocidade ao chegar ao solo = $v_f = ?$

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} \rightarrow \frac{v_f - 12}{2,5} \rightarrow 9,8 \times 2,5 + 12 = v_f$

$v_f = 36,5\text{m/s}$ (chegada ao solo)

OBSERVA-SE QUE APENAS HÁ VARIAÇÃO DE VELOCIDADE E CONSTÂNCIA NA ACELERAÇÃO, CARACTERÍSTICA DE MRU, PORTANTO NÃO HÁ ACELERAÇÃO.

Observamos, a partir da representação do movimento e da justificativa para o sinal algébrico da aceleração, que há uma análise incorreta do tratamento vetorial da velocidade e da aceleração. Da mesma forma, temos a partir das equações e justificativas apresentadas, que há uma compreensão incorreta sobre a função da grandeza aceleração no movimento e, por conseguinte, sobre a distinção entre os movimentos uniforme e uniformemente variado.

3. UMA ANÁLISE CONCEITUAL E QUANTITATIVA DA DINÂMICA

3.1. Proposição da versão estendida para um exercício de Dinâmica

Apresentamos a seguir um exercício de Dinâmica extraído do livro Fundamentos de Física (HALLIDAY *et al.*, 2009). Como mostraremos na análise do problema, temos que a questão além de abordar a Dinâmica, com a aplicação direta da 2ª Lei de Newton, comporta uma análise cinemática, servindo, portanto, como ilustração da complementariedade existente entre Cinemática e Dinâmica.

Uma moça de 40 kg e um trenó de 8,4 kg estão sobre a superfície sem atrito de um lago congelado, separados por uma distância de 15 m, mas unidos por uma corda de massa desprezível. A moça exerce uma força horizontal de 5,2 N sobre a corda. Quais são os módulos das acelerações (a) do trenó e (b) da moça? (c) A que distância da posição inicial da moça eles se tocam? (Exercício extraído do livro Fundamentos de Física – Mecânica, Vol. 1, p. 119, HALLIDAY *et al.*, 2009).



Abaixo, temos a proposição da VE para o referido exercício.

Uma moça de 40 kg e um trenó de 8,4 kg estão sobre a superfície sem atrito de um lago congelado, separados por uma distância de 15 m, mas unidos por uma corda de massa desprezível. A moça exerce uma força horizontal de 5,2 N sobre a corda. O módulo da aceleração da gravidade é $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. (a) Identifique as forças que atuam, respectivamente, na moça e no trenó. Para isto, faça um desenho, mostrando a moça e o trenó, e o eixo do movimento. E analise, respectivamente, os movimentos da moça e do trenó, aplicando a 2ª. Lei de Newton. (b) As forças que a moça exerce na corda e que a corda exerce no trenó constituem um par de “ação e reação”? Como elas se relacionam? Justifique. (c) Determine as acelerações do trenó e da moça e o instante de tempo em que a moça e o trenó se tocam. Justifique fisicamente o uso das equações adotadas. (d) A que distância da posição inicial da moça eles se tocam? Faça um novo desenho para esta situação, colocando o eixo do movimento e identificando as posições.

Ao compararmos as duas versões para o exercício, notamos, a partir do enunciado original, que a questão da Dinâmica pode ser colocada como ponto central. No entanto, observamos que há uma liberdade na construção da situação inicial em que se encontram as personagens moça e trenó, visto que eles não estão localizados em relação a um sistema de referência, sendo informada somente a disposição de 15 m de distância entre eles. Entendemos que isto resume o ponto de partida para a análise do problema. Consideramos, portanto, a seguinte notação para as forças e demais grandezas envolvidas:

- \vec{F}_{gm} : força gravitacional atuando na moça.
- \vec{F}_{Nm} : força normal atuando na moça.
- \vec{F}_m : força de contato exercida pela moça na corda.
- \vec{F}'_m : força de contato exercida pela corda na moça.
- \vec{F}_{gt} : força gravitacional atuando no trenó.
- \vec{F}_{Nt} : força normal atuando no trenó.
- \vec{F}_t : força de contato exercida pela corda no trenó.
- \vec{F}'_t : força de contato exercida pelo trenó na corda.
- M_m : massa da moça; M_t : massa do trenó.

Na Figura 3, ilustramos três condições iniciais. Destacamos os pontos principais que determinam a resolução:

1. Quanto à relação entre as forças que atuam na direção horizontal:
 - a. Os pares de ação e reação são entre os seguintes atores: corda e moça, sendo $\vec{F}'_m = -\vec{F}_m$, e entre corda e trenó, sendo $\vec{F}'_t = -\vec{F}_t$.
 - b. Sendo a corda inextensível, temos a mesma tensão em suas extremidades: $|\vec{F}'_t| = |\vec{F}_m|$.



c. Quaisquer que sejam as posições da moça e do trenó, temos que eles se movem em sentidos opostos, devido às forças que atuam, respectivamente, na moça e no trenó terem sentidos opostos, $\vec{F}'_m = -\vec{F}'_t$. Portanto, a partir da aplicação da 2ª Lei de Newton, encontramos para a aceleração da moça $a_m = F'_m/M_m = -0,13 \text{ m/s}^2$ e para a aceleração do trenó, $a_t = F'_t/M_t = 0,62 \text{ m/s}^2$, como nos casos (a) e (c) da Figura 3. E $a_m = 0,13 \text{ m/s}^2$ e $a_t = -0,62 \text{ m/s}^2$, para o caso (b) da referida figura.

2. Considerando que a moça e o trenó se movem com acelerações constantes, temos como escrever as respectivas equações de movimento, baseando-se, entretanto na escolha de um dos três casos ilustrados na Figura 3:

Caso (a): $x_m = 15 - \frac{0,13}{2}t^2$ (moça) e $x_t = \frac{0,62}{2}t^2$ (trenó),

Caso (b): $x_m = \frac{0,13}{2}t^2$ (moça) e $x_t = 15 - \frac{0,62}{2}t^2$ (trenó),

Caso (c): $x_m = -\frac{0,13}{2}t^2$ (moça) e $x_t = -15 + \frac{0,62}{2}t^2$ (trenó).

3. A condição que determina o encontro dos dois objetos é $x_m = x_t$, ou seja, temos a moça e o trenó assumindo a mesma posição. O encontro ocorre no instante $t = 6,32 \text{ s}$, sendo $\Delta x = 2,6 \text{ m}$ o módulo da distância percorrida pela moça até o ponto de encontro.

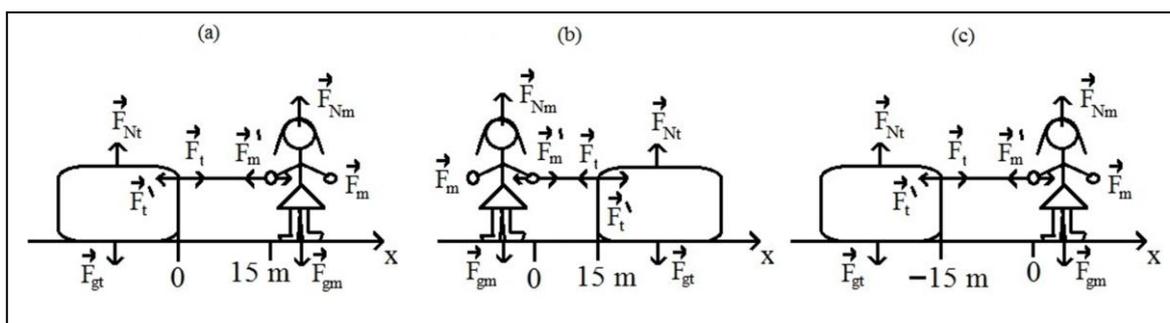


Figura 3: Representação de três condições iniciais para as posições da moça e do trenó, e identificação das forças envolvidas.

Do exposto, vemos a importância da representação vetorial não somente como ponto de partida para a solução, mas, principalmente, por estabelecermo-la como parte indispensável da solução. Em particular, a análise vetorial determinou as equações das posições e das forças, e estabeleceu o vínculo entre as mesmas, através da determinação dos sinais algébricos das acelerações. Além das três condições iniciais adotadas acima, há o caso da posição inicial do trenó $x_{ot} = 0 \text{ m}$ e da moça $x_{om} = -15 \text{ m}$, e ainda a situação das posições iniciais arbitrárias, conquanto que a diferença entre as posições iniciais do trenó e da moça seja de $\Delta x = \pm 15 \text{ m}$. Portanto, com a proposição da VE, temos a possibilidade de explorarmos sistematicamente um conjunto de conteúdos abordados em um exercício.

A seguir, apresentamos uma solução da VE, feita por um grupo de três discentes de Engenharia Elétrica, durante a realização da 2ª avaliação da disciplina Física Fundamental I, realizada no 2º semestre letivo de 2012.



1^a a. $F = 5,2 \text{ N}$ $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Na moça

eixo y: $F_g + F_N = 0 \Rightarrow F_g = F_N$
 eixo x: $T = m \cdot a_m$
 $T = 40 \cdot a_m$
 $\frac{5,2}{40} = a_m = 0,13 \text{ m/s}^2$

No Tramo (Tr)

eixo y: $F_g = -F_N$
 eixo x: $-T = m \cdot a_m$
 $aT = \frac{5,2}{8,4}$
 $aT = 0,62 \text{ m/s}^2$

A moça e o tramo estão em movimento com a aceleração constante pela 2^a lei de Newton.

b) Não. A lei de ação e reação é aplicada somente entre dois corpos que exercem a mesma força um no outro. No caso em questão existe 'ação e reação' entre a corda e a moça, pois a moça aplica uma força na corda e essa aplica uma força na moça em sentido oposto e de mesma intensidade.

c) Por a), a aceleração da moça é $0,13 \text{ m/s}^2$ e do tramo $0,62 \text{ m/s}^2$. Pela 2^a lei de Newton, tanto a moça como o tramo tem aceleração constante, logo os movimentos de ambos é uniformemente acelerados. Pela equação de movimento acelerado, temos:

Para moça = $x_m = 15 + \frac{0,13 t^2}{2}$
 Para o tramo = $x_{Tr} = 0 + \frac{0,62 t^2}{2}$
 O instante em que os dois se tocam é:

$$15 + \frac{0,13 t^2}{2} = \frac{0,62 t^2}{2}$$

$$30 + 0,13 t^2 = 0,62 t^2$$

$$t^2 = \frac{30}{0,49}$$

$$t = \sqrt{61,22}$$
~~$$t = 7,82 \text{ s}$$~~

d) Temos pela equação do movimento da moça:

$$x = 15 + \frac{0,13 \cdot 7,82^2}{2}$$

$$x = 18,97 \text{ m} \rightarrow \text{Essa é a posição em que os dois se tocam}$$

tomando a posição inicial da moça. Então a distância a partir da posição inicial é de:

$$\Delta x = 18,97 - 15$$

$$\Delta x = 3,97 \text{ m}$$

Ao examinarmos a resolução, notamos, novamente, que a análise vetorial fica comprometida quando os alunos não fazem a conexão do sinal algébrico da grandeza vetorial (neste caso, a aceleração) de acordo com o sentido do eixo do movimento. Notamos também o entendimento incompleto da 3^a Lei de Newton, e da transmissão de forças em cordas inextensíveis. Por fim, temos que as respostas encontradas para o instante de tempo e a posição final da moça, são consistente com a situação de movimento no mesmo sentido, o que, por sua vez, é incoerente com os diagramas de corpo livre apresentados inicialmente.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de reelaboração das situações-problema, dadas nos exercícios do livro-texto Fundamentos de Física, visa efetivar um método de ensino de Física que complemente a metodologia apresentada no livro. Como observado anteriormente, a VE proporciona a possibilidade de explorarmos sistematicamente a teoria, sendo que a sequência de solicitações da VE é que conduz a integração entre a compreensão teórica do assunto e a descrição matemática dos fenômenos físicos, sendo esta última, dada por meio da elaboração de equações. Enfatizamos que nossa proposta não visa desqualificar o projeto científico-pedagógico do livro-texto, o qual está subtendido na elaboração dos exercícios. Entendemos que nas questões que evidenciam mais as soluções numéricas, a análise física requerida fica implícita, de modo que, frequentemente, os alunos elaboram a compreensão de que resolver problemas de Física implica em encontrar somente respostas numéricas, as quais surgem naturalmente a partir de uma equação, escolhida unicamente por uma conveniência matemática. Desta forma, a aprendizagem da Física apresenta algumas lacunas, onde encontramos resistência por parte dos alunos em identificar as grandezas físicas e suas inter-relações; em elaborar a representação matemática das grandezas físicas; e em analisar as diversas possibilidades da situação proposta em um exercício, através da atribuição de valores para os parâmetros envolvidos, seja em questões que apresentem gráficos ou equações, ou que requeiram a elaboração de uma nova representação matemática.

Destacamos ainda que a VE além de servir como método de ensino, serve também como um método avaliativo, visto que as soluções apresentadas desenvolvem-se de um modo interdependente, ou seja, as proposições inicialmente assumidas comprometem o desenvolvimento restante da solução, permitindo, desta forma, verificarmos o que o aluno compreende e o que não compreende.

Finalizamos, resumindo que a motivação primordial para trabalharmos com a VE, é que a mesma exercita explicitamente a sequência das etapas da análise física e, sendo a resolução de exercícios em uma disciplina teórica, como a Física Básica e a Física Fundamental, uma tarefa que compete substancialmente ao discente, consideramos que VE aproxima-se mais do algoritmo pedagógico necessário para se empreender um aprendizado satisfatório da Física, e que seja assimilado pelos alunos. Observamos também que, durante a concepção do artigo, não encontramos na literatura da área de pesquisa em Ensino de Física, trabalhos semelhantes ao tema proposto.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Direção do Instituto de Tecnologia da UFPa pelo incentivo à realização de atividades que visem a melhoria da qualidade do ensino no Instituto, e ao apoio financeiro à participação no COBENGE 2012.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAOR, Silvério Chaves; SAMPAIO, José Francisco. Física básica mecânica. 1 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 308 p.

ALONSO, Marcelo; FINN Edward. Física um curso universitário volume 1 mecânica. 12^a REIMP. Rio de Janeiro: Edgard Blücher, 2005. 481 p.



HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física volume 1 mecânica. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 349 p.

NUSSENZVEIG, Moysés. Curso de física básica – 1 mecânica. 4 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002. 328 p.

RESNICK, Robert; HALLIDAY, David; KRANE. Física 1. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 368 p.

SEARS, Francis; YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A.; ZEMANSKY, Mark Waldo. Física I mecânica. 10 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2003. 368 p.

COMMITMENT OF LEARNING IN PHYSICS TEXTBOOKS: TEACHING DISAGREEMENTS BETWEEN THEORY AND EXERCISE

Abstract: *This work intends to show that there are disagreements between the didactic approach developed in theoretical textbooks of physics and how the exercises are explored. Show that the physical exercises were designed as mathematical puzzles, or just enhance the quantitative nature of physical quantities, and thus do not provide a thread that makes match the didactic approach of the content presented throughout the chapter. We show that the theoretical approach developed in the textbooks in the disciplines of Basic Physics explores the quantitative dimension and significant (conceptual) of physical quantities, thus promoting an appropriate method of teaching of physical phenomena. In order to solve this incompleteness, we propose what we call "extended version" of the proposed exercises in the textbook, which resizes the problem situation shown in the original exercise in a sequence of requests in order to identify the physical quantities and their interrelationships, and the solution is achieved by effecting the exercise is a more complete understanding of physics.*

Key-words: *Teaching of Physics, Physical Quantities, theoretical approach, learning.*