

MOTIVAÇÃO E APRENDIZAGEM DO CONTEÚDO MOVIMENTOS POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA CENTRADA EM EXPERIMENTOS

Motivation and learning of contents movements through a didactic sequence centered in experiments

Edson Gonçalves [goncalvesedson@hotmail.com]

Secretaria do Estado da Educação do Parana, SEED / PR, Brasil.

Av. Maringá, 290 CEP 86060-000, Londrina-PR

Sênita Folquenim [folquenim@gmail.com]

Secretaria do Estado da Educação do Parana, SEED / PR, Brasil

Rua Isaías Regis Miranda, 3000, CEP 81.670-070, Curitiba - PR

Alcides Goya [goya@utfpr.edu.br]

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

Av. Dos Pioneiros, 3131, CEP 86036-370, Londrina-PR

Recebido em: 29/10/2018

Aceito em: 07/06/2019

Resumo

Este trabalho descreve as contribuições de uma sequência didática, inspirada no contexto teórico da multimodalidade e múltiplas representações e centrada em três experimentos. Foi aplicada numa turma do terceiro ano do curso de formação de docentes integrado ao ensino médio modalidade normal. Os dados foram coletados principalmente por meio de dois questionários. O primeiro, sobre a motivação para aprender Física e estratégia de estudo, exigiu respostas em escala Likert. O segundo, sobre os conceitos do conteúdo movimentos, deu abertura para respostas discursivas. As respostas do primeiro questionário e parte do segundo foram analisadas quantitativamente. A análise qualitativa foi realizada a partir das respostas a duas perguntas do segundo questionário. Os resultados evidenciaram que essa sequência pode ser uma alternativa no processo de ensino e aprendizagem de Física para o ensino médio nas escolas públicas, principalmente às mais carentes em laboratórios de Física.

Palavras-chave: movimentos, motivação, aprendizagem.

Abstract

This paper describes the contributions of a didactic sequence, inspired by the theoretical context of multimodality and multiple representations and centered in three experiments. It was applied in a class of the third year of the course of teacher training integrated to the high school normal modality. The data were collected mainly through two questionnaires. The first, on the motivation to learn physics and study strategy, required responses on a Likert scale. The second, on the concepts of content movements, gave openness to discursive responses. The answers of the first questionnaire and part of the second questionnaire were analyzed quantitatively. The qualitative analysis was carried out from the answers to two questions of the second questionnaire. The results showed that this sequence can be an alternative in the process of teaching and learning physics to high school in public schools, especially to those most in need in physical laboratories.

Keywords: movements, motivation, learning.

Introdução

A pesquisa sobre o ensino de Física entre 2000 a 2007 (Rezende et al, 2009) indicava uma produção alta no desenvolvimento de experimentos para o laboratório didático, fato que continuou nas publicações recentes. Mesmo assim, perduram as dúvidas sobre o que elas têm significado em termos de modificação da prática docente (Delizoicov, 2004; Pereira & Moreira, 2017), pois os dados mostram que, mesmo sem esperar que a pesquisa em ensino aponte soluções milagrosas para a prática docente (Moreira, 2000), há pouca aplicação desses avanços em sala de aula (Pena & Ribeiro Filho, 2008, Bulegon, 2011; Oliveira; Veit & Araujo, 2015). Uma análise do perfil de publicações em periódicos brasileiros de ensino de ciências que investigam a relação entre pesquisa e formação de professores (Jesus & Nardi, 2015) indica ainda a necessidade de uma maior divulgação e valorização desses estudos. Aulas de Física expositivas com um amontoado de fórmulas e quase sem atividades práticas de laboratório, foram problemas do passado (Costa et al., 1989) e perdura nos tempos atuais, pois muitos professores de Física do ensino médio se sentem inseguros, demonstram insatisfação com seus métodos de ensino e estão conscientes de que ensinam de forma tradicional (Resende & Ostermann, 2005; Laburú, Mamprin & Salvadego, 2011; Heidemann, Araujo & Veit, 2016).

Segundo as Diretrizes Curriculares da Educação Básica entende-se por conteúdos estruturantes os conhecimentos e as teorias que “*são grandes sínteses que constituem três campos de estudo da Física*” (Paraná, 2008, p. 50) e servem de referência para a disciplina escolar: movimentos, termodinâmica e eletromagnetismo. Partindo dessa premissa e procurando diminuir o distanciamento entre a pesquisa e a sala de aula, esse trabalho apresenta uma forma simples de enfrentar o problema num curso introdutório de Física por meio de uma sequência didática centrada em três experimentos sobre o conteúdo movimentos. Portanto, procurou-se responder como uma sequência didática sobre o conteúdo estruturante movimentos, elaborada no contexto teórico da multimodalidade e múltiplas representações e centrada em três experimentos realizados no trilho de PVC, contribuiu no processo de ensino e aprendizagem de um grupo de 16 alunas do terceiro ano do curso de formação de docentes da educação infantil e dos anos iniciais do ensino fundamental.

Referenciais teóricos envolvidos na pesquisa

Os três experimentos e a sequência didática foram inspirados no contexto teórico de multimodos e múltiplas representações. Por multimodos, entende-se a integração do discurso em diferentes modos para representar os raciocínios e as explicações científicas; e por múltiplas representações, entende-se como a prática de representar um mesmo conceito ou processo científico de diferentes formas (Prain & Waldrip, 2006). Lemke (2002) ressaltou que o idioma natural de ciência é uma integração sinérgica de palavras, diagramas, desenhos, gráficos, mapas, equações, tabelas, esquemas, e outras formas de expressão visual e matemática. Essa interação entre várias modalidades por não ser automática e natural, deve ser ensinada e aprendida, tarefa que pode ser simplificado quando se trabalha com atividades experimentais em sala de aula, tal como foi organizado a sequência didática utilizada nesta pesquisa.

Laburú e Silva (2011) defenderam a importância do laboratório didático “*a partir de uma perspectiva semiótica fundamentada no referencial de multimodalidade representacional*” (Laburú & Silva, 2011, p. 721), enquanto Laburú, Barros e Silva (2011) mostraram a estreita relação entre multimodos e múltiplas representações com a aprendizagem significativa de Ausubel. A teoria de Ausubel afirma que uma nova informação ou um novo conhecimento se relaciona de forma não-arbitrária e substantiva à estrutura cognitiva do aprendiz (Ausubel et al, 1980). O relacionamento não-arbitrário ocorre quando conhecimentos denominados de subsunçores, vinculam-se ou se conectam ao conhecimento a ser aprendido. Os subsunçores refletem uma relação de subordinação do novo material, relativamente à estrutura cognitiva pré-existente (Moreira, 1999). Pode se dizer que uma aprendizagem significativa é alcançada quando o aprendiz consegue converter e comunicar equivalência de significados entre distintas representações e é capaz de integrá-los em um discurso

multimodal de representação, de tal forma que não permaneça dependente de um signo particular ou modo exclusivo de expressão (Ainsworth, 1999). Laburú e Silva (2011) acrescentam que quando o aluno consegue relacionar, converter as formas verbais e matemáticas em outras representações semióticas, como tabelas, diagramas, gráficos, ele dá indícios de que aquelas grandezas físicas representadas de formas diferentes foram significativamente aprendidas, mesmo que alguns aspectos da matemática fiquem reduzidos à aprendizagem mecânica pelo fato da nova informação não se relacionar a conceitos já existentes na estrutura cognitiva (Novak, 1981; Moreira, 2006).

A sequência didática centrada nos três experimentos procurou utilizar diferentes recursos didáticos no intuito de ajudar os alunos a enfrentarem os desafios com mais vontade de resolvê-los (Zompero & Laburú, 2010) tendo em conta que toda aplicação de esforço depende em certo aspecto da motivação (Alexander; Grahan & Harris, 1998). Pintrich (2003) argumenta que a motivação influencia a aprendizagem e o desempenho e, por sua vez, o que os alunos aprendem tem influência em sua motivação. Entre as diversas teorias e abordagens motivacionais (Pintrich, 2003), o questionário 1 (apêndice A) desse trabalho se fundamenta na Teoria de Metas de Realização (Ames, 1992; Archer, 1994; Cardoso & Bsuneck, 2004). Uma meta de realização consiste na percepção do propósito ou razão, um *porquê* de a pessoa se envolver numa atividade. Há alunos que são orientados à meta domínio ou aprender, outros estão preocupados com mostrar-se capazes ou superiores aos outros e assim sua meta é denominada *performance-aproximação* (Bzuneck, 2004). Há também alunos resignados em não se mostrar inferiores ou menos capazes, suas metas seriam a de *performance-evitação*; e ainda outros que são voltados a uma meta denominada evitação do trabalho (Zenorine & Santos, 2004; Senko & Hulleman, 2013).

Os pesquisadores que elaboraram a sequência didática, e também o professor regente que a aplicou numa turma específica de alunas, proporcionais às suas necessidades, tinham como fundamentos teóricos, os referenciais acima mencionados e principalmente a relação entre eles.

Encaminhamentos Metodológicos

Nessa seção, dá-se prioridade à metodologia da pesquisa, mas pelo fato desse trabalho ser uma pesquisa feita a partir da aplicação de uma sequência didática, desenvolve-se antes a metodologia utilizada na elaboração da sequência, sem se aprofundar em detalhes técnicos específicos de cada experimento que já são muito conhecidos.

Os três experimentos e a sequência didática

O conjunto experimental é essencialmente composto por uma bola de bilhar e uma canaleta de PVC para passagem de fios elétricos, perfil 5,0 cm x 2,0 cm x 210,0 cm, facilmente encontrada no mercado. Além dos trilhos de PVC e uma bola de bilhar, são necessários apenas materiais simples encontrados facilmente nas escolas: velcros, papel carbono, dois apoios de alturas diferentes para levantar o trilho, uma trena e cronômetros, normalmente os próprios celulares dos alunos.

No primeiro experimento, movimento retilíneo uniforme, utiliza-se a canaleta praticamente na horizontal, com uma *leve inclinação* para compensar as forças de atrito. Essa *leve inclinação* dependerá do trilho utilizado, mas normalmente é suficiente uma inclinação de três a cinco décimos de graus, que podem ser feitos com papéis dobrados colocados debaixo do trilho. O experimento consiste em soltar a bola de bilhar utilizando a curvatura inicial de 10 cm como uma espécie de *lançador*, dispara-se o cronômetro no instante em que a bola atinge o início do plano e interrompe-o nas marcas correspondentes para proporcionar velocidades iniciais praticamente idênticas, desde que a bola seja solta da mesma altura. Ao longo do comprimento do trilho de 2,00 m (os 10 cm foram utilizados como lançador), procura-se fazer pelo menos três marcas (0,50m; 1,00m; 1,50m), dando possibilidade para se tomar pelo menos quatro pares de dados de posição e tempo (x,t), pois como é evidente não há necessidade de marcar nem o início e nem o final do trilho. Essas igualdades nas velocidades iniciais permitem a repetição nas tomadas de tempo, o cálculo das médias para cada

distância, enfim a possibilidade de se montar tabelas e representar graficamente o movimento uniforme.

O segundo experimento, movimento retilíneo uniformemente variado, é realizado à semelhança do experimento anterior, utilizando uma inclinação maior, que pode variar entre cinco a vinte graus. Neste caso, se solta a bola com velocidade inicial nula e interrompem-se os cronômetros nos mesmos pontos, podendo obter medidas em até quatro pontos diferentes. Tal como no primeiro experimento, repete-se as tomadas de tempo para cada distância, podendo chegar a quatro pares de dados (x,t). Partindo das equações do movimento retilíneo uniformemente variado e eliminando a variável a (aceleração), deduz-se a velocidade instantânea da bola que percorre uma distância L no trilho, no instante t , dando possibilidade para se montar os gráficos correspondentes.

$$V_{MUV} = \frac{2L}{t} \quad (1)$$

O terceiro experimento, lançamentos horizontal e oblíquo, foi montado de forma semelhante, em cima de uma mesa plana, conhecido na literatura (Silva et al, 2003; Pimentel & Silva, 2005). O alcance X é medido a partir das marcas que a bola faz numa folha sulfite fixada no chão com um papel carbono em cima. Desprezando-se as forças resistivas, partindo das equações do movimento retilíneo uniforme no eixo horizontal e do movimento retilíneo uniformemente variado no eixo vertical, eliminando-se a variável t , chega-se às velocidades com a qual a bola abandona o trilho, tanto no lançamento horizontal como no lançamento oblíquo, conforme a equação (2):

$$V_{\text{lançamento horizontal}} = X \sqrt{\frac{g}{2H}} \quad e \quad V_{\text{lançamento oblíquo}} = \frac{X}{\cos\theta} \sqrt{\frac{g}{2H(X - \tan\theta)}} \quad (2)$$

Desde que se utilize a mesma inclinação do segundo experimento (MUV), pode-se fazer a comparação das velocidades obtidas pelas equações (1) e (2), pois a equação (1) fornece a velocidade final por meio das medidas do tempo enquanto a equação (2) fornece a velocidade inicial do lançamento, seja horizontal ou oblíquo.

A sequência foi elaborada centrada nesses três experimentos. Os resultados dos testes preliminares mostraram que era possível o uso deste equipamento no Ensino Médio, inclusive com alunos da Educação de Jovens e Adultos (EJA) no período noturno, fato que incentivou muito os pesquisadores a aplicarem para turmas com certa dificuldade para a compreensão da Física. Os alunos do EJA questionaram conceitos básicos sobre os movimentos como: Qual a diferença entre espaço percorrido e deslocamento? É possível existir tempo negativo? Qual diferença entre velocidade média e velocidade instantânea? Até dúvidas trigonométricas, como por exemplo, onde encontramos os catetos e a hipotenusa no trilho multifuncional? O que acontecerá com a velocidade quando aumentarmos ou diminuirmos o ângulo de inclinação do trilho? Essas questões levantadas preliminarmente pelos alunos do EJA serviram como alicerces para a elaboração da sequência didática e dos questionários de pesquisa.

Uma vez que a sequência didática se fundamenta nos três experimentos, o professor que for aplica-la poderá flexibilizar de acordo com as necessidades do grupo. A título de exemplo, o quadro 1 abaixo resume como foi aplicada nessa turma específica de 16 alunas.

Quadro 1- Resumo da sequência didática com as respectivas aulas

Aulas	Conteúdo	Principais momentos
1, 2 e 3	Movimento Retilíneo Uniforme	Pré teste, exploração de subsunçores, aula prática com o trilho, cálculo da velocidade média e classificação do movimento.
4, 5 e 6	Movimento Retilíneo Uniformemente Variado	Exploração de subsunçores, aula prática com o trilho, cálculo da aceleração, queda livre e pós teste.

7, 8, 9 e 10	Lançamentos oblíquo e horizontal	Exploração de subunçores, aula prática com o trilho, destaque das relações trigonométricas e pós teste.
--------------	----------------------------------	---

Metodologia da pesquisa

A sequência didática foi aplicada numa turma de dezesseis alunas do terceiro ano do Curso de Formação de Docentes da Educação Infantil e dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental, Integrado ao Ensino Médio modalidade Normal, numa escola pública do Paraná. Todas as participantes eram do sexo feminino e a média de suas idades era de 16,4 anos. A escola contava com um laboratório de Ciências, mas não possuía equipamentos para aulas práticas de mecânica na disciplina de Física. De acordo com as Diretrizes Estaduais da Educação Básica de Física (Paraná, 2008), as aulas estão distribuídas no 3º ano com três aulas semanais (Mecânica e Hidrostática) e no 4º ano com duas aulas semanais (Energia e Eletromagnetismo).

Os dados analisados neste artigo foram principalmente a partir das respostas das alunas aos questionários aplicados antes e depois dos experimentos com o trilho (apêndice A e B). A análise do questionário 1 (apêndice A) foi feita quantitativamente, pois as respostas foram obtidas numericamente conforme a escala Likert de zero a cinco. A análise do questionário 2 (apêndice B) foi necessário dividir em duas partes: análise qualitativa em relação a duas perguntas (1 e 4) e nas três perguntas restantes (2, 3 e 5) as respostas foram categorizadas numericamente, conforme os critérios do quadro 2.

Questionário em escala Likert e categorizações numéricas

O primeiro questionário (apêndice A), sobre metas de realização e estratégias de aprendizagem, foi feito em escala Likert de cinco pontos abordando duas escalas: meta aprender e estratégia de estudo. O primeiro questionário aplicado era composto de 20 questões apresentadas na escala Likert, 13 questões estavam relacionadas à motivação para aprender Física (M) e sete questões relacionadas à estratégia de estudo de Física (E). O teste de esfericidade de Bartlett (nível de significância 0,00) e a medida de adequabilidade Kaiser-Meyer-Olkin da amostra (0,80) indicam que a análise fatorial é adequada. Na análise fatorial, ao verificar as cargas fatoriais na extração dos componentes principais, foram eliminadas algumas questões e o questionário original ficou reduzido a 11 questões, tal como é apresentado no apêndice 1. A análise fatorial no questionário reduzido indicou que 57,7% das cargas fatoriais correspondiam a dois fatores. Os fatores extraídos foram submetidos ao teste de confiabilidade alfa de Cronbach gerando os seguintes valores: motivação para aprender (alfa = 0,88) e estratégia de estudo (alfa = 0,68). Esses resultados indicam que o construto e as escalas utilizadas apresentam uma boa confiabilidade interna.

O segundo questionário aplicado foi o questionário sobre *movimentos* (apêndice B). A primeira questão pede ao aluno que descreva sinteticamente o que ele entendia sobre velocidade média. A segunda, através de figuras, o aluno deveria classificar quais correspondiam ao Movimento Uniforme (MU) e quais seriam do Movimento Uniformemente Variado (MUV) e explicasse o motivo da sua classificação. A terceira aborda a relação entre o ângulo de arremesso (chute) e o alcance de um lançamento oblíquo. A quarta refere-se a um lançamento horizontal (avião) e qual a possível trajetória que o objeto realiza. E finalmente a última traz a figura do trilho multifuncional, montado para o experimento de lançamento oblíquo, onde se pede a localização dos catetos oposto e adjacente bem como da hipotenusa. Como comentado anteriormente, em três perguntas (2, 3 e 5) as respostas foram categorizadas numericamente para se fazer uma análise quantitativa. Procurou-se seguir os critérios de categorização de Bardin (2011) que dá ao pesquisador liberdade também para escolher as regras por meio de codificações e índices numéricos. O quadro 2 mostra os critérios adotados nas quais se procurou que o valor máximo seja cinco, de acordo com o valor máximo da escala Likert do primeiro questionário.

Quadro 2 – Critérios para categorização do questionário 2 (perguntas 2, 3 e 5)

Critérios para Categorização	Categorias numéricas
Respondeu corretamente e justificou	5
Respondeu corretamente sem justificar	3
Respondeu incorretamente, mas sua resposta condiz aos conceitos da pergunta.	1
Não respondeu ou sua resposta não condiz aos conceitos da pergunta realizada.	0

Para finalizar a explicação da metodologia adotada na análise quantitativa, foi considerado um conceito conhecido como ganho conceitual g , que consegue explicitar numericamente a comparação entre o antes e o depois. Usualmente esse fator é apresentado na forma normatizada (Hake, 1998; Barros et al, 2004), definido pela equação (3):

$$g = \left(\frac{\% \text{ pós} - \% \text{ pré}}{100\% - \% \text{ pré}} \right) \quad (3)$$

onde “% pré” corresponde às porcentagens das notas das questões antes da aplicação e “% pós” corresponde às porcentagens das notas das questões após a aplicação, no caso deste trabalho, a sequência didática.

A título de comparação, também foram consideradas nesta pesquisa as notas que as alunas atingiram na avaliação feita pelo professor da turma, correspondente ao tema tratado na sequência didática. Essas notas corresponderam a 60% da avaliação bimestral. Para se fazer a comparação, foi feito uma transformação, via regra de três, para que o valor máximo fosse cinco, de acordo também com o valor máximo da escala Likert do primeiro questionário.

Critérios para categorizações inspirados em Ausubel

A análise qualitativa foi inspirada nos tres tipos de aprendizagem de Ausubel: aprendizagem representacional, aprendizagem de conceitos e aprendizagem proposicional (Ausubel et al, 1980). A primeira aprendizagem, a *representacional*, é a mais básica e envolve a atribuição de significados a determinados símbolos (palavras) com seus referentes (objeto, eventos, conceitos). A segunda aprendizagem, *aprendizagem de conceitos*, envolve conceitos que são genéricos, representam abstrações dos atributos essenciais dos referentes, i.e., representam regularidades em eventos ou objetos. A terceira, a *aprendizagem proposicional*, tem por tarefa aprender o significado de ideias em forma de proposição. Não se trata de aprender apenas o significado dos conceitos, mas de aprender o significado que está além da soma dos significados das palavras ou conceitos que compõem a proposição (Moreira & Mansini, 2011, p. 96).

Tendo em conta esses três tipos de aprendizagem, a categorização das respostas das duas questões do questionário 2 (questão 1 e 4) foi feita segundo os critérios apresentados no quadro 3.

Quadro 3 – Critérios para categorização de aprendizagem inspirados em Ausubel

Critérios para categorização	Categorias
Respostas que evidenciam uma Aprendizagem Proposicional	P
Respostas que evidenciam uma Aprendizagem de Conceitos	C
Respostas que evidenciam uma Aprendizagem Representacional	R
Não respondeu, ou sua resposta não condiz com o conteúdo	-

Resultado e Análise de Dados

Os dados coletados neste artigo correspondem principalmente às respostas das alunas ao questionário 1 (apêndice A) e ao questionário 2 (apêndice B) e, como complemento foram consideradas também as avaliações acadêmicas feitas pelo professor. Como comentados

anteriormente, com relação à avaliação quantitativa, todos os valores têm como valor máximo o número cinco, para facilitar as comparações com os valores da escala Likert. Com relação à avaliação qualitativa, apenas foram analisadas duas questões mais comentadas pelas alunas do questionário 2 (perguntas 1 e 4).

Análise quantitativa

Na tabela 1 são apresentados os dados coletados pelos dois questionários, antes e depois da aplicação da sequência para cada uma das alunas numeradas de 1 a 16 na primeira coluna. Nas colunas 2, 3, 4 e 5 são apresentadas as médias que cada aluna atribuiu subjetivamente, antes e depois da sequência, ao questionário 1: motivação (M) e estratégia (E). Nas colunas 6 e 7 são apresentadas as médias que cada aluna atingiu nas respostas ao questionário 2 (perguntas 2, 3 e 5), antes e depois da sequência, segundo os critérios do quadro 2 adotado pelos pesquisadores. Na coluna 8 são apresentados o ganho conceitual calculado segundo a equação (3). E finalmente na última coluna são apresentadas as médias atingidas pelas alunas segundo a avaliação feita pelo professor regente, lembrando que pela regra de três, a nota máxima seria cinco.

Tabela 1: Tabela geral das 16 alunas com os seus respectivos índices

Alunas	Motivação		Estratégia		Desempenho		ganho	Avaliação
	Ma	Md	Ea	Ed	Da	Dd	g	A
A1	2.71	4.14	3.00	3.50	2.00	4.33	0.78	4.67
A2	1.14	3.57	4.00	4.25	1.00	3.33	0.58	3.83
A3	2.29	4.00	4.00	4.25	2.67	3.67	0.43	3.33
A4	3.14	3.00	1.25	2.25	0.00	3.33	0.67	4.33
A5	2.86	4.43	1.25	2.00	1.33	4.33	0.82	4.00
A6	3.43	4.14	1.50	2.25	2.33	4.67	0.88	4.33
A7	2.86	3.57	1.50	4.00	0.67	3.67	0.69	3.67
A8	2.14	3.43	2.50	3.50	1.67	4.00	0.70	4.00
A9	4.29	4.29	3.00	3.50	1.67	3.00	0.40	3.17
A10	4.00	4.29	2.00	3.25	0.67	2.00	0.31	2.33
A11	1.43	3.14	3.50	4.50	1.33	2.33	0.27	1.50
A12	2.00	3.14	3.75	3.75	0.67	2.67	0.46	3.00
A13	2.00	4.71	1.00	4.25	1.00	4.00	0.75	4.67
A14	3.29	3.29	2.50	3.75	0.67	2.33	0.38	1.67
A15	1.00	3.43	3.00	3.50	0.67	3.00	0.54	3.17
A16	3.43	2.29	3.25	2.63	0.67	3.33	0.62	4.00
Média	2,63	3,68	2,56	3,45	1,19	3,37	0,58	3,48

Ma: motivação antes; Md: motivação depois; Ea: Estratégia antes; Ed: Estratégia depois; Da: desempenho antes; Dd: desempenho depois; g: ganho; A: avaliação

Com relação à motivação para aprender Física (M), a tabela 1 mostra que a motivação da maioria das alunas aumentou consideravelmente, tal como foi confirmada pelo teste t apresentado na tabela 2. As exceções foram as alunas A4 e A16, sendo que A4 ainda permaneceu no valor médio três. Com relação à estratégia de estudo de Física (E), a tabela 1 mostra que a maioria das alunas também aumentou consideravelmente nesse índice, tal como foi confirmada pelo teste t apresentado na tabela 2, sendo a única exceção a aluna A16.

Tabela 2: Teste t entre alunas no início e no final do semestre nas três variáveis

	Início (N=16)		Final (N=16)		t	p
	Média	DP	Média	DP		
M – Motivação para aprender Física	2,63	0,97	3,68	0,64	3,94	0,00
E – Estratégia de estudo de Física	2,56	1,03	3,45	0,78	3,82	0,00
D – Desempenho no questionário 2	1,19	0,72	3,37	0,79	11,8	0,00

Com relação ao desempenho estimado segundo os critérios do quadro 2 para as respostas das alunas ao questionário 2 (perguntas 2, 3 e 5) as diferenças entre o antes e o depois foram maiores, conforme foi confirmado pelo teste t mostrado na tabela 2 ($t=11,8$). Já pela tabela 1, ficava explícito que todas tinham melhorado. Na penúltima coluna da tabela 1, destaca-se a média alta do ganho conceitual $g=0,52$. Mesmo levando em consideração que em outras pesquisas o g é calculado num contexto diferente, esse ganho é significativamente maior do que acontece no ensino tradicional: $g=0,23 \pm 0,04$ (Hake, 1988).

Na última coluna da tabela 1 são mostradas as notas das avaliações feitas pelo professor no final do bimestre com relação ao tema abordado na sequência didática. Há uma correlação forte entre o Dd e A ($r=0,85$, $p=0,00$) e entre g e A ($r=0,89$, $p=0,00$) e uma correlação fraca entre Da e A ($r=0,18$, $p=0,51$). Esses resultados indicam que várias alunas que começaram com um índice abaixo da média da turma no desempenho (Da) melhoram muito após a aplicação da sequência didática, tal como pode ser conferido na tabela 1: A2, A4, A7, A10, A12, A13, A15 e A16 destacam mais. A aluna A4 chama mais a atenção, começou com $Da=0,0$ e apesar de ter um g alto e ter alcançado uma das maiores médias, no entanto, assinalou que diminuiu a sua motivação. As nove alunas (A1, A2, A4, A5, A6, A7, A8, A13 e A16) que ficaram com o ganho g acima da média 0,58 pode-se dizer, do ponto de vista da análise quantitativa, que assimilaram bem as aulas com o trilho.

Análise Qualitativa

A análise qualitativa ficou restrita às duas questões do questionário 2 (1ª e 4ª questão) e o resultado das categorias atribuídas às respostas das 16 alunas são mostradas no quadro 4, conforme os critérios adotados de acordo com o quadro 3.

Quadro 4 - Categorias atribuídas às respostas de duas questões

Alunas	1º questão		4ª questão	
	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>
A1	R	C	-	C
A2	-	R	-	C
A3	-	-	-	R
A4	-	C	-	R
A5	R	P	-	C
A6	R	P	R	C
A7	-	R	-	P
A8	-	-	-	C
A9	-	-	-	R
A10	-	-	-	R
A11	-	-	-	-
A12	-	-	-	C
A13	-	R	-	R
A14	-	-	-	R
A15	-	R	-	R
A16	-	-	-	C

P: aprendizagem proposicional; C: aprendizagem de conceitos; R: aprendizagem representacional; (-) não respondeu, ou sua resposta não condiz com o conteúdo

Para melhor esclarecer as categorias atribuídas às respostas das alunas, com relação à primeira questão “*Explique de maneira mais sintética possível o que você entende por velocidade média?*” são mostradas no quadro 5 as respostas de duas alunas com as respectivas categorias adotadas.

Quadro 5 - Exemplos de categorias atribuídas à 1ª questão do questionário 2

Alunas	Respostas		Categoria
A4	Antes	<i>A velocidade média é não acelerada e nem devagar, é média</i>	-
	Depois	<i>Velocidade média é a relação entre o espaço e o tempo</i>	C
A5	Antes	$V = S/t$	R
	depois	<i>A velocidade de um corpo é dada pela relação entre o deslocamento de um corpo em determinado tempo, $v = S/t$</i>	P

A resposta inicial da aluna A4 não condizia com o conteúdo abordado e após a aplicação da sequência didática ela conseguiu fazer uma relação entre o espaço e o tempo, recebendo a classificação “C”. Já na resposta inicial de A5, a aluna fez uma representação escrevendo a fórmula matemática da velocidade média, ficando classificado na categoria “R”. Em sua resposta após a aplicação da sequência didática, A5 explica o conceito por meio de uma proposição e utiliza os recursos de multimodos, explicando tanto na forma verbal como na forma matemática, ficando com a classificação “P”.

Com relação às respostas à 4ª questão do questionário 2 “*Um avião em voo horizontal em relação à Terra, abandona um objeto. Qual é a provável trajetória desse objeto em relação a um observador na Terra? Justifique fisicamente*” são mostrados também no quadro 6 dois exemplos.

Quadro 6 - Exemplos de categorias atribuídas à 4ª questão do questionário 2

Alunas	Respostas		Categoria
A2	Antes	<i>(2). Para quem está na terra, a bolsa está caindo reto.</i>	-
	Depois	<i>(4). Porque o avião está num movimento e a pessoa está parada.</i>	C
A7	Antes	<i>(1). Pois o avião está em constante movimento em alta velocidade, fazendo com que o objeto fique para trás.</i>	-
	Depois	<i>(4). Pois o objeto não tem a mesma velocidade do avião, isso faria com que o objeto fizesse um lançamento horizontal.</i>	P

No início, tanto A2 como A7, recebem “-”, pois não acertam a trajetória (assinalam as trajetórias 2 e 1, respectivamente) e fornecem explicações errôneas. Já nas respostas após a aplicação da sequência didática, ambos acertam a trajetória ao assinalarem a trajetória 4. A aluna A2 mostrou símbolos isolados (avião com a pessoa que está parada) e ficou com a classificação “C” enquanto a aluna A7 conseguiu explicar melhor e ficou classificado na categoria “P”.

Comparação entre as duas análises

Tendo em conta os resultados gerais da análise quantitativa apresentados na tabela 1 e os resultados da análise qualitativa mostrado no quadro 4, no quadro 7 é feita uma comparação entre essas duas análises. Para tanto, foi escolhido como representante da análise quantitativa o ganho g para cada aluna e comparado com os tipos de aprendizagem alcançados também para cada aluna. São apresentadas no quadro 7 as nove alunas que conseguiram atingir pelo menos um “C” em uma das perguntas. Para melhorar a visualização comparativa, as alunas no quadro 7 foram dispostas em ordem decrescente em relação ao ganho.

Quadro 7 - Aprendizagem em ordem decrescente de ganho

Alunas	Questões	Aprendizagem		Ganho g
		Antes	Depois	
A6	Q1	R	P	0,88
	Q4	R	C	

A5	Q1	R	P	0,82
	Q4	-	C	
A1	Q1	R	C	0,78
	Q4	-	C	
A8	Q1	-	-	0,70
	Q4	-	C	
A7	Q1	-	R	0,69
	Q4	-	P	
A4	Q1	-	C	0,67
	Q4	-	R	
A16	Q1	-	-	0,62
	Q4	-	C	
A2	Q1	-	R	0,58
	Q4	-	C	
A12	Q1	-	-	0,46
	Q4	-	C	

O quadro 7 explicita a harmonia e a convergência entre as duas avaliações, as que tiveram maiores ganhos apresentaram também uma boa evolução na aprendizagem enquanto as que tiveram um ganho baixo praticamente não conseguiram mostrar evolução no nível de aprendizagem, pois as outras sete alunas que não consta no quadro 7 não atingiram o nível “C” em nenhuma das duas questões. As duas exceções ficaram por conta da aluna A12 que não aparecia na lista das nove acima da média de ganho e da aluna A13 que tinha apresentado um ganho g alto, mas não conseguiu atingir o nível “C” em nenhuma das perguntas.

Considerações Finais

Ao constatar que nas escolas públicas havia pouco ou nenhum equipamento para os professores trabalharem nas aulas práticas de Física o conteúdo estruturante “movimentos”, esse artigo indicou uma sequência didática centrada em três experimentos com o trilho de PVC: Movimento Uniforme (MU), Movimento Uniformemente Variado (MUV), Lançamentos Oblíquo e Horizontal. Ao usar essa sequência, o professor pode explorar a prática de representar um mesmo conceito ou processo científico de diferentes formas (Prain & Waldrip, 2006) e ressaltar que o discurso científico é uma integração sinérgica de palavras, diagramas, desenhos, gráficos, mapas, equações, tabelas, esquemas, e outras formas de expressão visual e matemática (Lemke, 2002).

Os dados mostrados nas tabelas 1 e 2, e pelos quadros 4 e 7, bem como os comentários feitos na seção anterior, dão indícios de que aplicação da sequência didática atingiu seus objetivos, pois mostrou que contribuiu no processo de ensino e aprendizagem de um grupo de 16 alunas do terceiro ano do curso de formação de docentes da educação infantil e dos anos iniciais do ensino fundamental. A maioria das alunas cresceu em motivação para aprender Física e em estratégia de estudo. O ganho conceitual g, para a maioria das alunas, ficou bem acima do ensino tradicional, que normalmente fica abaixo de 0,27 (Hake, 1998). As altas correlações entre o ganho conceitual e a avaliação acadêmica, esta última feita pelo professor da turma de uma forma totalmente independente dos dados coletados pela pesquisa, além da convergência entre as análises qualitativa e quantitativa mostradas pelo quadro 7, indicam que essa sequência didática, adaptada de acordo com o contexto de cada grupo, pode ser uma alternativa no processo de ensino e aprendizagem de Física para o ensino médio nas escolas públicas, especialmente para as escolas mais carentes de laboratório.

Referências

Ainsworth, S (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, v. 33, p. 131–152.

- Ames, C.(1992). Classrooms: Goals, structures, and student motivation. *Journal of Education Psychology*, v. 84, p. 261-271.
- Alexander, P.A.; Graham, S. & Harris, K.R. (1998). A perspective on strategy research: Progress and prospects. *Educational Psychology Review*, v. 10, n.2, p. 129-154.
- Archer, J. (1994). Achievement goals as a measure of motivation in university students. *Contemporary Educational Psychology*, v. 19, p. 430-446.
- Ausubel, D. P.; Novak, J. D & Hanesian, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. 625p.
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. Lisboa, edições 70, 279 p. (Obra original publicada em 1977).
- Barros, J. A., Silva, G. S. F., Tagliati, J. R. & Remold, J. (2004). Engajamento Interativo no curso de Física da UFJF. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v 26, n.1, p. 63-69, 2004.
- Bulegon, A. M. (2011). *Contribuições dos Objetos de Aprendizagem no ensino de Física, para o desenvolvimento do Pensamento Crítico e da Aprendizagem Significativa*. 2011. 156 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Bzuneck, J. A.(2004). A Motivação do Aluno: A motivação do aluno orientado a metas de realização. Em Boruchovitch, E. e Bzuneck, J. A (orgs). *A Motivação do Aluno: Contribuições da Psicologia Contemporânea* (p. 58-77). Petrópolis, ed. Vozes. 183 p.
- Cardoso, L.R. & Bzuneck, J.A. (2004). Motivação no ensino superior: metas de realização e estratégias de aprendizagem. *Psicologia Escolar e Educacional*, v.8, n.2, p. 145-155, 2004.
- Costa, I.; Guimarães, L.A.M. & Almeida, L.C. (1989). Da pesquisa para a sala de aula: um exemplo em mecânica. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.6, n.2, p. 105-127.
- Delizoicov, D. (2004). Pesquisa em ensino de ciências como ciências humanas aplicadas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 21, n. 2, p. 145-175.
- HAKÉ, R. (1998). Interactive-engagement vs. traditional methods: A six thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, AAPT, v. 66, n.1, p. 64-74.
- Heidemann, L. A.; Araujo, I. S. & Veit, E. A.(2016). Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica: Uma alternativa para a ressignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 38, nº 1, p: 1504-1 – 1504-15.
- Jesus, A. C. de & Nardi, R. (2015). A pesquisa na formação de professores: relações presentes nos artigos publicados em periódicos de ensino de ciências. *X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC* Águas de Lindóia, SP – 24 a 27 de novembro de 2015.
- Laburú, C.E.; Barros, M. A. & Silva, O.H.M. (2011). Multimodos e múltiplas representações, aprendizagem significativa e subjetividade: três referenciais conciliáveis da educação científica. *Ciência & Educação*, v. 17, n. 2, p. 469-487.
- Laburú, C. A., Mamprim, M.I. de L. L & Salvadego, W. N. C. (2011). *Professor das ciências naturais e a prática de atividades experimentais no ensino médio* -uma análise segundo Charlot.. Londrina: Eduel.

- Laburú, C. A.; Silva, O. H. M. da.(2011). O Laboratório Didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional. *Ciência & Educação*, v. 17, n. 3, p. 721-734.
- Lemke, J. L. (2002). Enseñar todos los lenguajes de la ciencia: palabras, símbolos, imágenes, y acciones. In: BENLLOCH, M. (Ed.). *La educación en ciencias*. Paidós, Barcelona.
- Moreira, M. A. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília, Universidade de Brasília.
- Moreira, M. A. (1999). *Aprendizagem significativa*. Brasília, DF, Editora Universidade de Brasília.
- Moreira, M.A. (2000). Ensino de Física no Brasil: Retrospectivas e Perspectivas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 22, n.1, p. 94-99.
- Moreira, M.; Masini, E.F.S.(2011). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo, Centauro, 111 p.
- Novak, J. D. (1981). *Uma Teoria da Educação*. São Paulo: Biblioteca Pioneira de Ciências Sociais.
- Oliveira, V.; Veit, E.A. & Araujo, I.S. (2015). Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (*Just -in-Time Teaching*) e Instrução pelos Colegas (*Peer Instruct ion*) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no nível médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 32, n. 1, 180 p. 180-206.
- Paraná (2008). Secretaria de Estado da Educação. *Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física*. Curitiba: SEED/EB. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 31/05/2018.
- Pena, F.L.A.& Ribeiro Filho, A. (2008). Relação entre a pesquisa em ensino de física e a prática docente: dificuldades assinaladas pela literatura nacional da área. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 25, n.3, p. 424-438.
- Pereira, M.V. & Moreira, M.C.A. (2017). Atividades prático-experimentais no ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.34, n.1, p. 265-277.
- Pimentel, J.R. & Silva, M.A. (2005). Influência do raio efetivo no movimento de projéteis esféricos lançados horizontalmente. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.22, n.2, p. 209-219, 2005.
- Pintrich, P.R. (2003). A motivational science perspective on the role of student motivation in learning and teaching contexts. *Journal of Educational Psychology*, v. 95, p. 667-686.
- Prain, V. & Waldrip, B. (2006). An exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts in primary science, *International Journal of Science Education*, 28, 15, p. 1843-1866.
- Rezende, F. & Ostermann, F. (2005). A prática do professor e a pesquisa em ensino de física: novos elementos para repensar essa relação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 22, n. 3: p. 316-337.
- Rezende, F.; Ostermann, F. & Ferraz, G. (2009). Ensino-aprendizagem de física no nível médio: o estado da arte da produção acadêmica no século XXI. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, n.1, p: 1402-1 - 1402-8.
- Senko, C. & Hulleman, C.S. (2013). The role of goal attainment expectations in achievement goal pursuit. *Journal of Educational Psychology*, v. 105, p. 504-521.

Silva, W.; Silva, C.M.; Precker, J.W.; Silva, D.D.; Soares, I.B. & Silva, C.D. (2003). *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25, n.4, p. 378-383.

Zenorine, R.P. C. & Santos, A.A.A. (2004). A motivação e a utilização de estratégias de aprendizagem em universitários. In: MERCURY, E.; POLIDORO, S. A. J.(Orgs.). *Estudante universitário: características e experiências de formação*. Taubaté-SP: Cabral Editora, p. 67-86.

Zompero, A. F. & Laburú, C. E. (2010). As relações entre aprendizagem significativa e representações multimodais. **Revista Ensaio**, 12, n. 3, p.31-40.

APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO 1

Escala de orientação à meta de realização aprender física (M): sete perguntas

- 1- Eu me esforço bastante com o objetivo de tirar nota boa em física:
 (1) (2) (3) (4) (5)
 Nada verdadeiro um pouco verdadeiro meio verdadeiro bastante verdadeiro totalmente verdadeiro
- 2- Faço com capricho as tarefas de casa descritas pelo professor de física:
 (1) (2) (3) (4) (5)
 Nada verdadeiro um pouco verdadeiro meio verdadeiro bastante verdadeiro totalmente verdadeiro
- 3- Nas aulas de física, tomo notas para usá-las quando for estudar depois:
 (1) (2) (3) (4) (5)
 Nada verdadeiro um pouco verdadeiro meio verdadeiro bastante verdadeiro totalmente verdadeiro
- 4- Mesmo quando os conteúdos de física são desinteressantes, eu me dedico a aprender:
 (1) (2) (3) (4) (5)
 Nada verdadeiro um pouco verdadeiro meio verdadeiro bastante verdadeiro totalmente verdadeiro
- 5- Em física eu só quero ter desempenho de alta qualidade:
 (1) (2) (3) (4) (5)
 Nada verdadeiro um pouco verdadeiro meio verdadeiro bastante verdadeiro totalmente verdadeiro
- 6- Eu faço todas as leituras exigidas pelo professor de física:
 (1) (2) (3) (4) (5)
 Nada verdadeiro um pouco verdadeiro meio verdadeiro bastante verdadeiro totalmente verdadeiro
- 7- Quando decido estudar física, reservo um bom tempo para isso e não largo fácil:
 (1) (2) (3) (4) (5)
 Nada verdadeiro um pouco verdadeiro meio verdadeiro bastante verdadeiro totalmente verdadeiro

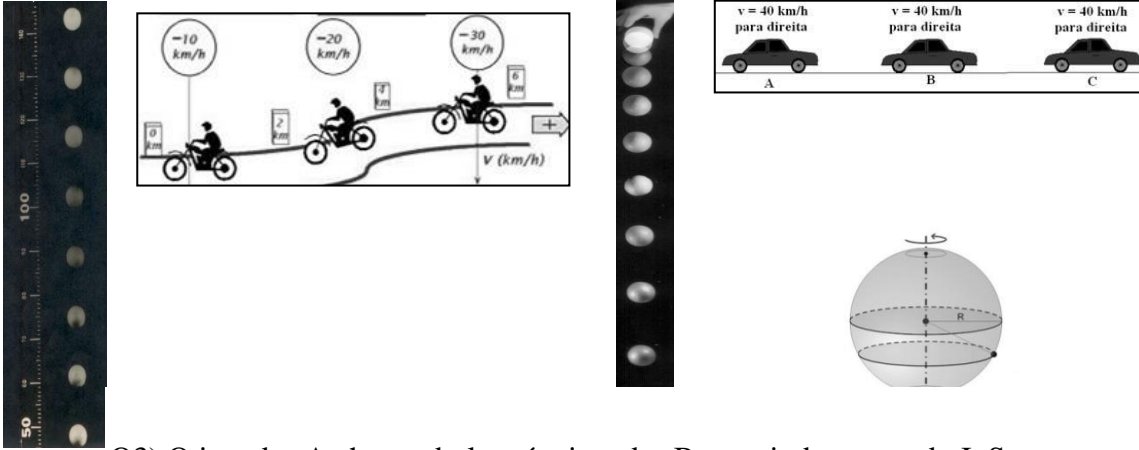
Escala de estratégia de estudo de física (E): quatro perguntas

- 1- Quando se trata de estudar física, sempre busco um jeito de deixar para mais tarde:
 (1) (2) (3) (4) (5)
 Nada verdadeiro um pouco verdadeiro meio verdadeiro bastante verdadeiro totalmente verdadeiro
- 2- Acho difícil seguir à risca um horário para estudar física:
 (1) (2) (3) (4) (5)
 Nada verdadeiro um pouco verdadeiro meio verdadeiro bastante verdadeiro totalmente verdadeiro
- 3- costume deixar para estudar física apenas nas vésperas das provas:
 (1) (2) (3) (4) (5)
 Nada verdadeiro um pouco verdadeiro meio verdadeiro bastante verdadeiro totalmente verdadeiro
- 4- Quando não faço alguma tarefa de física prescrita, fico pensando em alguma desculpa:
 (1) (2) (3) (4) (5)
 Nada verdadeiro um pouco verdadeiro meio verdadeiro bastante verdadeiro totalmente verdadeiro

APÊNDICE B: Questionário 2, cinco questões

Q1) Explique de maneira mais sintética possível o que você entende por velocidade média?

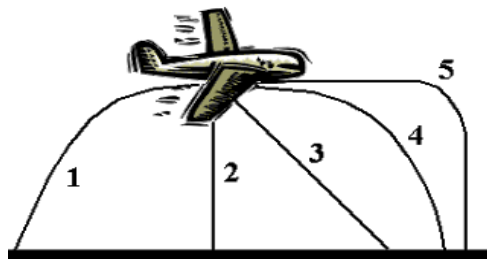
Q2) quais destes movimentos correspondem ao Movimento Uniforme e quais desses correspondem ao uniformemente variado? E por que você classificou assim? (5 desenhos)



Q3) O jogador A chuta a bola até o jogador B, seguindo o traçado I. Se o mesmo jogador A com a mesma velocidade que chutou a primeira bola, chutar a segunda, mas em ângulo diferente ou seja seguindo o traçado II, a bola irá parar a direita ou a esquerda do jogador B. Justifique sua resposta



Q4) Um avião em voo horizontal em relação à Terra, abandona um objeto. Qual é a provável trajetória desse objeto em relação a um observador na Terra? Justifique fisicamente



Q5) No triângulo formado pelo trilho com a mesa. Mostre onde estão: o cateto oposto, o cateto adjacente e a hipotenusa.

