

A FÍSICA DOS ANOS FINAIS: INVESTIGAÇÃO DA QUEDA DOS CORPOS ATRAVÉS DE EXPERIMENTO VIRTUAL NA PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

THE PHYSICS OF FINAL YEARS: FREE FALLING BODIES INVESTIGATION BY VIRTUAL EXPERIMENT IN THE CONTEXT OF MEANINGFUL LEARNING

Pedro Belchior da SILVEIRA JUNIOR¹
Jaílson Benedito dos SANTOS²
Carla ANTUNES³
José Amâncio GOMES⁴

Resumo: David Ausubel assume que os mecanismos do aprender são mais eficientes em situações nas quais o estudante consegue, utilizando conhecimentos prévios, agregar e incorporar significado aos novos conteúdos. Assim, o presente trabalho investiga a importância do ar no movimento de queda livre dos corpos na perspectiva da aprendizagem significativa em uma amostra de alunos do ensino fundamental II utilizando-se de um software, “Galileo_Drops_the_Ball”, que reproduz a história da Torre de Pisa. Os alunos foram inicialmente submetidos a um questionário para encontrar as ideias iniciais. O software foi apresentado, utilizado e logo após um novo questionário foi aplicado com o objetivo de verificar a ancoragem. Os resultados indicam que o software testado promoveu o processo de construção do conhecimento pelo estudante e revelou a persistência do erro conceitual, pois massa e peso não foram trabalhados pelo simulador indicando a importância da intervenção de acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa.

Palavras-chave: Física. Anos finais. Queda livre. Aprendizagem significativa.

Abstract : David Ausubel assumes that learning mechanisms are more efficient in such situations when the student is able to aggregate and incorporate significance to new contents, by means of linking them to previous knowledge. Thus, this study investigates the importance of air in the movement of free falling bodies in the context of meaningful learning in a sample of students at an elementary school using software, “Galileo_Drops_the_Ball”, which reproduces the story of the Tower of Pisa. Students were initially subjected to questionnaire to find the initial ideas. The software was introduced, used and immediately after a new questionnaire was applied with the objective of verifying the anchoring. The results suggest that the tested software promoted the construction of the knowledge by the student and revealed the persistence of conceptual error because mass and weight not worked by the simulator indicating the importance of intervention according to Theory of Meaningful Learning.

Keywords: Physics. Final years. Falling free. Meaningful learning.

¹ Mestre em Biofísica Molecular (UNESP – S. J. Rio Preto - SP). Analista de Ensino – Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto (FAMERP). Docente da Faculdade de Educação, Ciências e Artes Dom Bosco. E-mail: pbelchior@ymail.com

² Graduado em Ciências Biológicas (Dom Bosco). Docente na rede pública de ensino do Estado de São Paulo. E-mail: jailson.ecco@yahoo.com.br

³ Graduada em Ciências Biológicas (Dom Bosco). E-mail: carla.antunes02@gmail.com

⁴ Doutor em Educação (UNESP – Marília-SP). Coordenador Geral da Faculdade de Educação, Ciências e Artes Dom Bosco. E-mail: coordenacao@faeca.com.br

Introdução

O modelo utilizado nas escolas brasileiras, em sua maioria, transmite as informações sem a preocupação de dar significado às mesmas, ou seja, a informação pela informação, desconsiderando o conhecimento inicial do aluno como ponto de partida no trabalho do conceito científico.

Segundo Moreira (2006), a ideia mais importante da teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e suas possíveis implicações para o ensino e a aprendizagem podem ser resumidas na proposição de sua autoria: “Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional em um só princípio, diria o seguinte: O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo.” (AUSUBEL, 1978, apud MOREIRA, 2006, p.13)

Ainda de acordo com Moreira, a ideia parece ser simples, mas a explicação de como e porque esta ideia é defensável certamente não é simples. Por exemplo, ao falar em "aquilo que o aprendiz já sabe" Ausubel está se referindo à "estrutura cognitiva", ou seja, ao conteúdo total e a organização das ideias do indivíduo, ou, no contexto da aprendizagem de determinado assunto, o conteúdo e a organização de suas ideias nessa área particular de conhecimentos. Além disso, para que a estrutura cognitiva preexistente influencie e facilite a aprendizagem subsequente é preciso que seu conteúdo tenha sido aprendido de forma significativa. Ainda de acordo com Moreira (1981) pode-se utilizar o recurso de organizadores prévios, mas “[...] no fundo, não se pode ser muito específico sobre a sua construção, pois para isto se depende sempre da natureza do material de aprendizagem, da idade do aprendiz e do seu grau de familiaridade prévia com o conteúdo a ser aprendido.” (SOUZA; MOREIRA, 1981, p. 304)

Aprendizagem Significativa

Ausubel (1978) propôs uma teoria, conhecida por Teoria da Aprendizagem Significativa, na qual defende a ideia de que a aprendizagem pode ocorrer através de conceitos que os indivíduos já possuem na sua estrutura cognitiva. Estes conceitos prévios deverão receber novos conceitos que, por sua vez, poderão se modificar e dar outras significações àqueles preexistentes. Assim, Aprendizagem Significativa é um processo por meio do qual uma nova informação é acoplada a uma estrutura cognitiva particular e específica, prévia, conhecida como *subsunçor*¹.

A estrutura cognitiva do aprendiz tem conceitos pessoalmente relevantes, e é a eles que novas informações devem ser relacionadas para que o estudante possa organizar outros conhecimentos. Nessa perspectiva, para que uma aprendizagem seja significativa, o novo conceito deve estar relacionado a conceitos prévios significantes do aprendiz, ou seja, a conceitos *subsunçores* relevantes. Nesse sentido, um material que pode ser relacionado à estrutura cognitiva do aluno, é um material potencialmente significativo, e pode ser uma figura, imagem, conceito, princípio etc.

Aprender significativamente implica atribuir significados e estes têm sempre componentes pessoais. Aprendizagem sem atribuição de significados pessoais, sem relação com o conhecimento preexistente, é apenas “mecânica”. Outro fator importante para efetivar uma aprendizagem significativa é o envolvimento do aluno com o tema a ser estudado. Assim, é preciso resgatar o interesse dos alunos, o professor tem que estar disposto a inovar os recursos pedagógicos para tornar as aulas mais significativas.

¹ Ideia âncora (AUSUBEL, 1978).

Física

Galileu Galilei (1564-1642) estudou a queda dos corpos através de uma série de experimentos como a oscilação de pêndulos (períodos) e como a utilização de planos inclinados para determinar um movimento uniformemente variado (acelerado). Entretanto, há uma história contada de que ele deixou cair uma bala de canhão e uma de mosquete, cerca de cem vezes mais leve, do alto da Torre de Pisa, na Itália. Assim, chegou à conclusão de que dois corpos abandonados, ao mesmo tempo, de uma mesma altura, chegam juntos (simultaneamente) ao solo, mesmo que tenham pesos diferentes. Mesmo não comprovada, vários livros citam a história e mexem com o imaginário das crianças.

Sabemos, pela teoria e prática, que se for efetuada a medida dessa aceleração com bastante cuidado, e por várias vezes, obtém-se o valor aproximado de $9,8 \text{ m/s}^2$. Isto significa que, independentemente da massa e desprezando a interferência da atmosfera, a velocidade dos corpos em queda, perto da superfície da Terra, aumenta de $9,8 \text{ m/s}$ a cada segundo: a chamada aceleração da gravidade (g). Assim, todo movimento retilíneo de descida, que ocorre nas proximidades da superfície da Terra passa a ser chamado de queda livre, com sua velocidade variando sempre da mesma forma no tempo, ou seja, a aceleração é constante.

Mas no cotidiano, o ar e os outros gases presentes na atmosfera resistem a movimentos realizados dentro deles. Quando um corpo se move em contato com um líquido ou um gás, esses meios aplicam ao corpo forças que se opõem ao movimento. Assim, o cientista Galileu teria se utilizado de dois corpos com formas semelhantes, restringindo o efeito da resistência da atmosfera, podendo demonstrar que, apesar de massas diferentes, a altura da queda sendo igual e sabendo-se que a aceleração, como demonstrado, atua sobre cada um também de forma idêntica, os corpos chegariam ao mesmo tempo ao chão nas proximidades da superfície terrestre. E, assim, finalizando, percebe-se que o observar como, quando e em que situação um fenômeno ocorre (passos de Galileu em seus estudos sistemáticos) é de fundamental importância no processo de aprendizagem de uma criança.

Computador: Interatividade

A necessidade de alterar o panorama metodológico atual no ensino de ciências envolve a introdução de novas formas de ensino, como por exemplo, o computador na Física (FIOLHAIS; TRINDADE, 1999). Na década de 90, surgiu uma nova forma de visualizar o computador baseada num aperfeiçoamento da linha piagetiana: o construtivismo (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003). As simulações computacionais possibilitam o entendimento de sistemas complexos para estudantes de idades, habilidades e níveis de aprendizagem variados. O computador, ao invés do estudante, assumiria a responsabilidade de solucionar as equações matemáticas pertinentes ao sistema considerado no sentido a permitir que o estudante explore o sistema complexo focalizando inicialmente o entendimento conceitual.

Existem certos conceitos científicos difíceis de serem percebidos, seja por envolver um elevado grau de abstração ou por outros motivos ainda não completamente elucidados. Por exemplo, parte dos seres humanos intui a existência de uma relação direta entre a velocidade de deslocamento de um corpo e a resultante das forças que nele atua. Esse foi um tipo de relação estabelecida por Aristóteles e que figurou como entendimento predominante até Newton, quando esse último estabeleceu o paradigma vigente para o assunto até os dias de hoje. Segundo a mecânica newtoniana existe uma relação direta entre a variação da velocidade de um corpo e a resultante das forças que nele atua.

A animação virtual utiliza um modelo aceito cientificamente para simular um evento específico. Podemos simultaneamente fazer animações de ideias antagônicas, e analisar quais as implicações de cada uma para o resultado final da simulação de um dado evento. Pode ser

discutida em qual circunstância a mecânica aristotélica pode ser adequada, se for o caso. De acordo com Tavares (2008), “As simulações computacionais possibilitam o entendimento de sistemas complexos para estudantes de idades, habilidades e níveis de aprendizagem variados. (...) possibilita ao aprendiz uma simulação do evento físico, utilizando conceitos (e as respectivas equações) aceitos pela comunidade científica. Usando um aparato desse tipo é possível visualizar situações que dificilmente seriam acessíveis em laboratórios didáticos”.

O uso integrado da animação virtual e do texto se configura como uma estratégia pedagógica consistente com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel; além de se apresentar como uma possibilidade instrucional que utiliza de maneira natural as possibilidades oferecidas pelo computador e pela Internet. Existem disponíveis na Internet vários aplicativos gratuitos adequados para a implantação dessa possibilidade.

Objetivos

O presente trabalho teve por objetivo a utilização de animação virtual interativa, disponível na Internet, com conteúdo específico (queda livre) para investigar o processo da aprendizagem significativa a partir de referencial teórico proposto por David Ausubel. A aplicação do teste utilizará como sujeitos de investigação 19 alunos do Ensino Fundamental II, além da referida animação, e constará de questionários direcionados.

Parte Experimental

O objetivo da presente etapa foi conhecer as concepções prévias dos estudantes sobre o tema, como subsídio para qualificar uma intervenção, via animação virtual, realizada logo após a coleta de dados.

O recurso utilizado para conhecer estas ideias prévias foi um questionário, composto de nove (9) questões dissertativas onde os estudantes, anônima e individualmente, registram suas respostas. As questões foram elaboradas de modo a exigir que os sujeitos recorressem às suas experiências prévias. Após a intervenção, um novo questionário com cinco (5) questões foi aplicado com o objetivo de verificar a ancoragem dos novos conceitos apresentados aos previamente existentes, além do registro, via desenho do processo de queda visualizado, dos possíveis conteúdos apreendidos pelos alunos.

O questionário inicial é reproduzido a seguir:

Considerando que o ar que respiramos é um meio material, responda às questões:

- 1) Temos uma bolinha de ferro pequena e uma pena a cair da torre: Qual vai cair primeiro?
- 2) Temos uma bolinha de ferro grande e uma pena a cair da torre: Qual vai cair primeiro?
- 3) Temos uma bolinha de ferro grande e uma pequena a cair da torre: Qual vai cair primeiro?

E se o vácuo predominasse... Qual seria a sua resposta para as questões:

- 4) Temos uma bolinha de ferro pequena e uma pena a cair da torre: Qual vai cair primeiro?
- 5) Temos uma bolinha de ferro grande e uma pena a cair da torre: Qual vai cair primeiro?
- 6) Temos uma bolinha de ferro grande e uma pequena a cair da torre: Qual vai cair primeiro?
- 7) A massa do material é importante?
- 8) O peso do material é importante?
- 9) A forma do material é importante?

Animação virtual

Pela Figura 1 podemos observar que o software apresenta a simulação do anteriormente citado experimento supostamente feito por Galileu Galilei, através do qual foi

comprovado que corpos semelhantes (dentro dos limites matemáticos e físicos permitidos) chegam juntos ao solo quando abandonados próximos à superfície. O mesmo possui vários botões de ação que permitem ao aluno simular três variações de objetos abandonados e há ainda a possibilidade de usar uma atmosfera controlada (com e sem vácuo). Desenvolvido predominantemente em *Flash*², corresponde fielmente aos conceitos físicos abordados de forma teórica estando disponível em:

http://www.planetseed.com/uploadedFiles/Science/Laboratory/Air_and_Space/Galileo_Drops_the_Ball/anim/en/index.html?width=740&height=570&popup=true

Figura 1 – Imagem da tela do simulador



Fonte: <http://www.planetseed.com>

Avaliação

O questionário final é reproduzido a seguir:

Responda as seguintes questões:

- 1) As bolinhas e a pena possuem massas diferentes?
- 2) As bolinhas e a pena possuem pesos diferentes?
- 3) O que mudou do primeiro experimento para o segundo experimento?
- 4) Diferencie massa e peso.
- 5) A forma do material influencia a queda?

Resultados e Discussão

Por mera deliberação, os alunos participantes deste experimento terão apenas as duas primeiras letras do prenome citadas e a idade completa, ou seja, um indivíduo cujo nome seja Eduardo com 14 anos e três meses (14:3) será indicado apenas como Ed 14 (anos).

A Tabela abaixo apresenta os resultados obtidos após o procedimento desenvolvido (questionário inicial):

Tabela 1 – Questionário inicial (continua)

aluno/ questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ed 14	Bolinha de ferro é sólida e pesada; a pena vai planar.	Bolinha grande, por ser mais pesada e sólida que a pena.	Bolinha de ferro grande por conter um peso maior do que a pequena	A pena porque o vácuo pode conter a bolinha de ferro	A pena, pois o vácuo pode conter a bolinha.	As duas vão cair juntas por causa do vácuo	Sim, às vezes faz diferença por serem sólidos ou não	Sim, às vezes o material é leve e às vezes pesado.	Sim, porque se for uma forma aerodinâmica ela pode planar.

² Tecnologia mais utilizada na Web, que permite a criação de animações.

Tabela 1 – Questionário inicial

(continuação)

aluno/ questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ge 13	A bolinha, porque a pena mesmo sem o vento não chegaria primeiro.	A bolinha, porque a pena é leve e com a velocidade da bolinha (ela) não chegará mais rápido.	A bolinha pequena porque ela teria mais velocidade que a grande.	A bolinha porque o vento bate, leva a pena.	A bolinha porque ela terá mais velocidade, pois mesmo sem o vento a pena não chega primeiro	As duas porque elas pegariam as mesmas velocidades e “cairão” as duas juntas.	Sim, porque a massa é diferente do peso.	Sim, porque define o tanto de massa.	Sim, porque a pena é leve e a bolinha é mais pesada que a pena então a forma dos dois seria diferente.
Ro 14	As duas porque dependendo do tamanho da bolinha ela pode chegar junto com a pena	A bolinha de ferro grande porque se ela é grande vai ter mais peso então vai cair mais rápido	A bolinha grande porque é mais pesada.	As duas porque elas podem ter o mesmo peso.	A bolinha grande porque é mais pesada	A bolinha grande porque é mais pesada	Sim, porque às vezes depende da massa.	Sim, porque a bolinha de ferro pode ser grande, mas não pesar quase nada.	Não, porque importa o peso.
Ja 15	A bolinha; porque ela é mais pesada.	A bolinha pequena porque a pena é mais leve	As duas porque as duas têm o mesmo peso.	A pena porque a bolinha de ferro só iria ganhar com a resistência do ar	A pena, por causa da resistência do ar	As duas; porque contém o mesmo peso.	Porque a massa (ela) vai influir em alguma coisa.	O peso vai influenciar na queda do material.	Eu acho que não, porque depende do peso e não do tamanho.
Ma 14	É a bola de ferro porque ela vai cortando o vento mais rápido e a pena vai flutuando no ar.	É a pena porque ela pega mais velocidade	É a pequena porque ela corta o vento mais rápido.	A bolinha porque vai segurar a pena.	A bolinha porque ela tem mais peso.	As duas “cai” mais rápido.	Não.	É porque é ferro.	Não sei.
Hi 14	A bolinha de ferro porque é mais pesada	A bolinha de ferro grande vai cair primeiro porque é pesada.	A pequena porque é mais leve.	A bolinha porque é mais pesada por isso cai mais rápido.	A bolinha de ferro grande porque é mais pesada.	A bolinha porque é pesada.	Sim, porque a massa que indica o peso.	Sim, porque cai mais rápido.	Sim, porque tudo muda.

Tabela 1 – Questionário inicial

(continuação)

aluno/ questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Br 14	A bolinha de ferro porque a bolinha é menor e o seu peso é maior do que a pena.	A bola de ferro porque a pena é mais leve e como o ar tem um peso a pena demora mais a cair.	A bolinha pequena porque ela é menor e tem mais facilidade de chegar no chão, porque ela pega velocidade.	A bolinha porque o vento bate e leva a pena.	A bolinha porque ela possui mais massa.	A grande por o vento dificulta a bolinha pequena por causa do seu peso que é menor.	Sim porque quanto maior mais difícil para chegar no chão.	Sim porque ele influencia o decorrer da queda se o peso for maior depende da ocasião o objeto chega mais rápido.	Sim porque a pena é como uma folha de papel ; ela fica boiando no ar e a bolinha tem um formato redondo e ajuda na queda.
Ga 14	A bolinha porque ela é mais pesada e a pena é mais leve.	A bolinha porque é mais pesada do que a pena.	As duas porque s duas são de ferro e têm o mesmo peso.	A pena porque a bolinha de ferro só iria ganhar com a resistência do ar	A pena por causa da resistência do ar.	As duas porque contém o mesmo peso.	A massa é importante para influenciar alguma coisa.	O peso vai influenciar na queda do material.	Bom, acho que não porque depende do peso e não do tamanho.
Pa 15	A bolinha é mais pesada.	A bolinha é mais pesada.	Bolinha grande é mais pesada	As duas juntas.	As duas juntas.	As duas juntas.	Sim, como o ar que respiramos também tem massa.	Sim, sem o peso o vento nos empurraria	Não, não depende do tamanho e sim do peso.
Vi 15	A bolinha de ferro porque ela é mais pesada e a pena é mais leve.	A bolinha pequena porque ela é mais pesada.	Eu acho que as duas vão chegar ao chão ao mesmo tempo.	A pena porque a bolinha de ferro só iria ganhar com a resistência do ar.	A pena por causa da resistência do ar.	As duas porque contém o mesmo peso.	A massa é importante porque vai influenciar em alguma coisa.	O peso é importante porque vai influenciar na queda do material.	Eu acho que não porque depende do peso não do tamanho.
Da 14	A pena, é por causa da massa do ar ai a bolinha fica pesada.	A bolinha grande, porque com a massa do ar a pena fica mais pesada.	Pequena porque quanto maior a bolinha mais pesada ela fica massa do ar.	As duas porque no vácuo descida a densidade é a mesma elas ficam c/ mesmo peso.	As duas porque no vácuo descida a densidade é a mesma elas ficam c/ mesmo peso.	As duas porque no vácuo descida a densidade é a mesma elas ficam c/ mesmo peso.	Sim porque é o que informa o peso.	Sim quanto maior a massa maior o peso.	Não, o importante é a massa.

Tabela 1 – Questionário inicial

(continuação)

aluno/ questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9
He 13	A bolinha de ferro pelo caso de que a bolinha é mais pesada.	A bolinha de ferro grande por ela ser mais pesada e com o vento ela se torna muito mais pesada.	A bolinha pequena porque a grande com o peso do ar ela fica mais pesada.	As duas porque no vácuo da descida as duas passam a ter o mesmo peso.	As duas porque no vácuo da descida as duas passam a ter o mesmo peso.	As duas porque no vácuo da descida as duas passam a ter o mesmo peso.	Sim	Sim porque o que importa não é o formato mas sim o peso.	Sim porque o que importa não é o formato mas sim o peso.
An 14	A bolinha de ferro pequena porque a bolinha é mais pesada do que a pena.	A diferença é a velocidade porque a bolinha é muito mais pesada e a pena é mais leve.	A bolinha pequena porque ela é pequena vai criar mais velocidade do que a grande.	A bolinha de ferro porque ela tem substâncias diferentes.	A bolinha grande porque ela tem mais facilidade para cair.	As duas porque são feitas de ferro e se fosse a pena ela teria mais dificuldade para cair.	Sim importa porque o peso das bolas pequena, grande e pena são diferentes.	Depende do material, nem todos os materiais são importantes.	Sim, porque as formas são diferentes.
El 14	Eu acho que é a bolinha de ferro porque ela vai cair direto no chão.	A bolinha de ferro porque cai direto e não ficando de um lado para outro.	As duas porque tem o mesmo peso.	A bolinha de ferro porque ela é mais densa.	A bolinha de ferro porque quando soltar ela vai cair direto no chão.	As duas pois tem o mesmo peso.	Sim é por ela que sabemos qual é mais pesada.	Sim definimos qual é mais pesada.	Sim, pois é neles que vamos definir a massa e o peso.
Na 14	A bolinha de ferro porque conforme a pena vai caindo ela vai girando por isso ela demora mais.	A bolinha de ferro grande por causa do peso.	Eu acho que é pequena quanto menor o peso mais rápido ela vai cair.	A pena por causa do vento.	A pena porque ela é mais leve que a bola grande.	A bolinha pequena porque ela não é tão pesada quanto a bolinha grande.	É para dar mais peso aos objetos.	Não nesse tanto.	Sim, porque existem coisas maiores e menores e são diferentes.

Tabela 1 – Questionário inicial						(conclusão)			
aluno/ questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Iz 14	Vai ser a bolinha de ferro porque a bolinha é mais pesada do que a pena.	A diferença é a velocidade porque a bolinha é maior e mais pesada.	É a bolinha pequena porque ela é pequena e vai criar mais velocidade	A bolinha de ferro, porque ela tem substâncias diferentes	A bolinha grande porque tem mais facilidades para cair	As duas porque são feitas de ferro, se fosse a pena ela teria mais dificuldade para cair.	Sim importante porque o peso das bolinhas pequenas e grandes e a pena são diferentes.	Depende do material, nem todos os materiais são importantes.	Sim, porque a forma é diferente.
Da 14	A bolinha de ferro porque ela corta o ar mais rápido.	A bolinha de ferro grande apenas alguns segundos antes.	As duas bolas porque elas cortariam o vento na mesma velocidade	A bolinha de ferro porque ela é menor que a pena e desce mais rápido.	A bolinha porque tem mais peso.	A pequena porque pega mais velocidade.	Não	Sim, para velocidade.	Sim para poder calcular.
Ja 14	A bolinha de ferro que vai cair primeiro porque a bolinha de ferro tem mais matéria-prima e a pena já não tem muita matéria-prima.	A bolinha de ferro grande porque ela já cai direto e já a pena ela fica flutuando.	A bolinha de ferro grande ela tem mais matéria-prima de ferro do que a bolinha pequena que tem menos matéria-prima.	A bolinha porque ela já cai direto que a pena que fica flutuando.	A bolinha grande porque ela tem mais peso do que a pena.	Bolinha grande porque a pena é mais leve.	Sim porque se tiver menos massa fica leve e se tiver mais massa fica mais pesado.	Sim se for muito leve e soltar acaba voando porque tem menos peso.	Não porque pode ser qualquer material um for mais pesado do que o outro vai cair primeiro.
Má 14	A bolinha de ferro porque ela é mais pesada que a pena..	A bolinha de ferro grande porque ela é mais pesada.	A bolinha de ferro grande porque ela é mais pesada.	A pena por causa do vácuo.	A pena por causa do vácuo.	A pena por causa do vácuo.	Não porque a pena não tem massa mas cai primeiro.	Não muito porque o ar às vezes o que é mais leve cair mais rápido e o que é mais pesado cai mais devagar.	Sim porque às vezes o material tem uma forma que cai mais rápido.

A observação da Tabela 1 indica uma clara percepção voltada à ideia de peso. Independentemente do fato do aluno não compreender a diferença entre massa e peso (o que

será verificado no questionário final), há uma ideia preconcebida relacionada ao senso comum do que é peso, ou ao menos, a comparação entre objetos pesados ou não. Assim, as nove primeiras questões buscam conhecer esse senso comum do aluno inicialmente em relação ao ar e posteriormente em relação à “presença” do vácuo.

O que se percebe pelas respostas é uma esmagadora porcentagem de acertos em relação às duas primeiras questões, muito provavelmente, pelo próprio conhecimento prévio do aluno (brincadeiras, desenhos, vídeos etc). Já a terceira questão provoca um impasse. Poucos conseguiram aceitar a ideia de que ambas as bolinhas poderiam chegar ao mesmo tempo até o chão (criança tem concepção de que sempre um deve “ganhar”) e estes o fizeram com a ideia de peso (material) e não com a proximidade da forma dos objetos.

As três próximas questões reescrevem as iniciais, mas em um ambiente de vácuo. Em relação à bolinha e à pena, pode-se afirmar que houve uma manutenção na resposta com a presença do ar, mas em relação às duas bolinhas, a porcentagem de acerto foi maior, possivelmente pela ideia preconcebida de proximidade material ser efetiva em um ambiente sem ar, independentemente do fato de o conceito ainda ser obscuro.

As questões seguintes sondam a importância da ideia de massa e peso, além da forma do objeto para o resultado do experimento, sendo que os resultados encontrados indicam uma clara confusão na ideia preconcebida de cada aluno em relação à massa e ao peso: aparentemente é a mesma coisa. Em relação à última questão, aproximadamente 30% dos alunos indicaram que a forma não é importante, preferindo manter o senso comum de que o peso é sempre mais importante em qualquer processo de queda.

O questionário final foi aplicado após a utilização do software e de uma pequena apresentação do que seria o processo a ser desenvolvido para que o jogo funcionasse:

Tabela 2 – Questionário final (continua)

aluno/ questão	1	2	3	4	5
Ed 14	Sim, a bolinha é sólida e pesada e a pena também é um tipo de sólido; o vento passa entre a pena.	Sim, a bolinha é pesada, é ferro; a pena é leve, um tipo de pluma.	O primeiro trabalha com ar e o segundo com vácuo.	A massa é do que foi feito o material; e o peso é o quanto ele pesa.	Sim, às vezes a forma pode fazer o material variar.
Ge 13	Sim, porque elas possuem peso e tamanhos diferentes.	Sim, porque a pena é muito leve e as bolinhas são mais pesadas.	O primeiro experimento eles tiveram resistência e no segundo teve vácuo.	A massa é o formato; “o peso” são os pesos da experiência.	Sim, porque cada material tem uma comparação; como uma folha de papel lisa e uma amassada.
Ro 14	Sim, porque tem pesos diferentes.	Sim, porque a bolinha de ferro é maior e pesada e a pena é muito leve é como se fosse papel.	(...) O primeiro experimento tinha a influência do ar e o segundo não.	Massa é maior peso é pesado.	Não, o que influencia a experiência é o ar.
Ja 15	Sim, porque os materiais são diferentes.	Sim, porque a bolinha caiu primeiro.	O ar, porque nós entramos pro vácuo.	Massa é pesada e o peso é mais resistente.	Sim, porque o material pesa.
Ma 14	Sim, porque é material diferente.	Sim, porque uma é ferro e outra é pena.	Mudou o vácuo porque o vácuo não contém ar.	Massa é pesada e peso é pesado.	Sim porque o material pesa.

Tabela 2 – Questionário final

(continuação)

aluno/ questão	1	2	3	4	5
Hi 14	Sim, porque os materiais são diferentes.	Sim, a bolinha é pesada, é ferro; a pena é leve e um tipo de pluma.	O primeiro trabalho com o ar o segundo com vácuo,	A massa é do que foi feito o material; e o peso é quanto ele pesa.	Sim às vezes a forma pode fazer o material variar.
Br 14	Sim, porque elas possuem peso, tamanho, formato e volume diferentes.	Sim, porque a pena é a menor e mais leve, a bolinha é pequena e pesa menos que a maior.	Mudou que o 1º tem resistência do ar e o segundo não.	Massa é a soma de tudo (volume e peso, densidade) e peso é só quando você pesa.	Quando não existe vácuo a forma não influencia, mas quando existe a forma influencia porque a resistência do ar segura um objeto dependente de sua forma.
Ga 14	Sim, porque os materiais são diferentes.	Sim, porque a bolinha pesa mais e a pena é mais leve e tem menos resistência.	Sim, porque a bolinha pequena possui menos peso do que a bolinha grande.	A massa é pesada e o peso é mais resistente.	Sim, porque o material pesa.
Pa 15	Sim, o vento sustenta a pena um pouco mais que a bolinha.	Sim ou não, porque com o vácuo os dois pesam a mesma coisa, e sem o vácuo a bolinha é mais...	O 1º a bolinha cai primeiro e no 2º ambos pesam a mesma coisa.	Massa é maior peso e mais pesada.	Não, se tiverem o mesmo peso.
Vi 15	Sim, porque os materiais são diferentes.	Sim, porque a bolinha é mais pesada e a pena é mais leve.	Sim, porque a bolinha pequena possui menos que a bolinha grande.	A massa é mais pesada e o peso é mais resistente	Sim, porque o material pesa
Da 14	Sim, pelo seu tamanho e forma	Sim, porque a bola é fechada e a pena é toda aberta isso facilita a passagem do ar.	No 1º havia ar e no 2º era vácuo, ou seja, vazio não tinha resistência.	Quanto maior o objeto mais massa tem, o peso é a quantidade.	Sim, porque depende da forma do material pode fazer com que o ar passe por dentro dela a tornando mais leve.
He 13	Sim, pelo seu tamanho e forma.	Sim, porque a bola é fechada e não permite a entrada de ar e a pena por ser aberta ela permitia a entrada de ar.	Na 1ª havia o ar e na 2ª não havia o ar.	Quanto maior o objeto maior a quantidade de massa; e a quantidade se torna peso.	Sim, como a pena tem a passagem do ar que a torna mais leve demorando a queda.

Tabela 2 – Questionário final

(continuação)

aluno/ questão	1	2	3	4	5
An 14	Sim, porque elas possuem tamanhos e massas diferentes.	Sim, porque as bolinhas são mais pesadas do que a pena.	Mudou que no 1º experimento teve mais resistência e no 2º teve vácuo.	A massa é o formato e o peso quantidade.	Sim, porque cada material tem uma comparação como uma folha de papel lisa e uma amassada cairá primeiro e a lisa demorará porque o vácuo não deixa cair mais.
El 14	Sim, pois a pena possui menos massa que as bolinhas tanto a bolinha grande como a pequena.	Sim, a bolinha tem aproximadamente 10 quilos e a pena mais ou menos 300g.	É que no primeiro experimento a diferença está na queda: um cai primeiro depois o outro e no 2º experimento os dois cai junto, logo está em resistência do vácuo.	A massa possui mais resistência e peso menos resistência.	Não, pois no vácuo a queda é a mesma independente da forma do material; e fora do vácuo o material mais pesado cai primeiro.
Na 14	Sim, porque ela pesa e tamanho diferentes.	Sim porque a pena é muito leve e as bolinhas são mais pesadas.	Mudou que no 1º teve resistência do vácuo e no 2º não teve resistência do vácuo.	A massa é a forma de tudo e o peso é só o peso.	Sim, porque cada material possui uma forma de comparação: como folha de papel lisa e uma amassada.
Iz 14	Sim, porque elas possuem tamanhos e pesos diferentes.	Sim, porque as bolinhas são mais pesadas do que a pena.	No primeiro experimento eles tinham resistência, e no segundo teve vácuo.	A massa é o formato e o peso é a quantidade.	Sim, porque cada material tem uma comparação: uma folha de papel e uma amassada (cairá primeiro) e a lisa demorará porque o vácuo não deixa cair.
Da 14	Sim, porque a bolinha é mais pesada e a pena é leve.	Sim, porque a bolinha é de ferro e a possui pouco peso.	Que no primeiro foi feito no ar aberto e no segundo no vácuo vazio.	Massa é quando é mais grande e peso é quando é pequeno ou médio (...)	Sim, pois o material menor acha mais resistência no ar e o material menor acha menos resistência no ar.

Tabela 2 – Questionário final

(conclusão)

aluno/ questão	1	2	3	4	5
Ja 14	Sim, porque tem pesos diferentes.	Sim, porque as bolinhas têm mais massa que a pena.	Mudou que no primeiro experimento a influencia do ar e o segundo não tem.	Massa é maior e peso é pesado.	Sim, não se tiver o mesmo.
Má 14	Sim, porque a bolinha é mais pesada do que a pena.	Sim, porque uma é maior e a outra é menor.	No 1º experimento a bolinha e a pena a bolinha cai primeiro; no 2º experimento por causa do vácuo as duas coisas pesam iguais.	Massa é o que tem dentro de algum objeto e peso é o total de tudo que tem no objeto.	Sim, porque pela forma de um objeto pode cair mais rápido.

A Tabela 2 indica que todos aceitam a importância da massa e do peso, mas a quarta questão derruba esta certeza, pois denota a confusão entre os termos, indicando que o fato de não se trabalhar conteúdos relativos à massa e ao peso não permitiu que os alunos alcançassem o conceito. Por outro lado, a terceira e quinta questões demonstraram que a utilização do software foi fundamental para a formação do conceito de vácuo e da ideia de importância da forma e em que condições, via ancoragem nos subsunçores preexistentes. Assim, a maioria agora reconhece a importância da forma para a queda dos corpos na presença do ar. Os únicos alunos que responderam não em relação à última questão esclareceram a escolha de forma correta, utilizando-se da explicação da presença do vácuo e da inutilidade da forma nestas condições. De acordo com Ausubel, aprender um novo conceito depende das propriedades existentes na estrutura cognitiva, do nível de desenvolvimento do aprendiz, de sua habilidade intelectual bem como da natureza do conceito em si e do modo como é apresentado, além de que a aprendizagem de certas ideias requer uma reorganização drástica de conceitos existentes na estrutura cognitiva (MOREIRA, 1982).

Pela percepção das tabelas, pode-se fazer a observação de que a sexta pergunta do questionário inicial foi acertada por um número considerável de alunos, pois na concepção deles o vácuo “nivela” ou “igual” as condições de disputa na queda. Assim, o programa contribuiu ao explicitar aos estudantes a presença ou ausência do ar com as condições de “vazio” como demonstrando pelas respostas à questão número três do questionário final, permitindo aos alunos que não possuíam tal concepção inicial a reformulassem.

Uma segunda observação que deve ser feita envolve o fato de a maioria dos alunos que confirmaram a importância da forma (e mesmo os alunos que não a confirmaram, mas indicaram a importância do vácuo) o fizeram através da ideia de peso, novamente. Esta confusão entre peso e massa persistiu, como já afirmado, devido ao fato de não ter sido trabalhada a ideia no presente experimento.

Conclusão

Ao fim da série de perguntas, percebe-se que o experimento consegue demonstrar o progresso na ancoragem a partir dos subsunçores existentes, demonstrando efetivamente a importância da visualização promovida pelo software. A observação das duas tabelas indica que houve progresso nos conteúdos trabalhados relacionados à ideia da presença ou não de meio material, ou seja, do conceito prévio de vácuo e avanço significativo na função da forma do objeto para o processo de queda livre em presença ou não do ar.

Revela ainda que a noção de massa e a noção de peso (não trabalhadas pelo simulador) permaneceram inalteradas indicando a relevância da intervenção dirigida na aprendizagem significativa. Parece que pensam que as bolinhas de massas diferentes tem o mesmo peso no vácuo e há ainda uma possível percepção de que só materiais de mesma densidade tem o mesmo peso, indicando que se os materiais forem diferentes possivelmente os pesos serão diferentes. Percebe-se também que as respostas ainda são próprias de uma categorização em termos da idade dos indivíduos não havendo ainda uma consistência das justificativas com os termos clássicos da Mecânica.

Assim, diante da proposta inicial, o trabalho desenvolvido mostrou-se eficaz e indicou a importância de uma metodologia de trabalho como estratégia pedagógica poderosa, em especial, através da perspectiva da aprendizagem significativa. Além disso, apresenta formas e alternativas viáveis de utilização natural das possibilidades oferecidas pelo computador e pela Internet.

Bibliografia

AUSUBEL, D. P. **Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo**. México:Trillas, 1978.

FIOLHAIS C., TRINDADE J. “Física para todos: concepções erradas em Mecânica e estratégias computacionais”. In: A. Pires da Silva (Ed.), **A Física no Ensino na Arte e na Engenharia**, Instituto Politécnico de Tomar, p. 195-202, 1999.

FIOLHAIS C., TRINDADE J. Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 25, no. 3, Setembro, p. 259-272, 2003. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v25_259.pdf> . Acesso em: 02 ago. 2012.

GOMES, J. A. **Uma proposta de ensino de ciências para o primeiro grau (quinta a oitava séries): os conceitos fundamentais como geradores do conhecimento científico**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista – Campus de Marília, SP: [s.n.], 1996.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, M. A., MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

PIAGET, J.; INHELDER, B. **Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente**. São Paulo: Livraria Pioneira, 1976.

SOUZA, C. M. S. G.; MOREIRA, M. A. Pseudo-organizadores prévios como elementos facilitadores da aprendizagem em Física. **Revista Brasileira de Física**, v. 11, n. 1, p. 303-315, 1981. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/bjp/download/v11/v11a14.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2012.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa e o ensino de ciências. **Ciência & Cognição** , 13, p. 94-100, 2008. Disponível em: <<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/2008ASECiencias.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2012.